

**PLAN D'ADAPTATION
AUX CHANGEMENTS
CLIMATIQUES DE
L'AGGLOMÉRATION
DE MONTRÉAL
2015-2020**

LES CONSTATS
ÉDITION 2017



TABLE DES MATIÈRES

4	Mot des élus	44	PLUIES ABONDANTES
6	Liste des figures	45	Évolution climatique
7	Liste des tableaux	50	Impacts
8	Liste des cartes	56	Analyse de vulnérabilité
9	Liste des abréviations	61	Vulnérabilité aux pluies abondantes
11	INTRODUCTION	65	VAGUES DE CHALEUR
11	Objectifs	66	Évolution climatique
12	Contenu du plan	69	Impacts
13	MISE EN CONTEXTE	78	Analyse de vulnérabilité
13	Territoire	81	Vulnérabilité aux vagues de chaleur
13	Population	85	TEMPÊTES DESTRUCTRICES
16	Éléments du paysage	86	Évolution climatique
17	Tissu urbain	89	Impacts
19	Climat actuel et projections futures	96	Analyse de vulnérabilité
23	DÉMARCHE	102	Vulnérabilité aux tempêtes destructrices
23	Historique des événements climatiques extrêmes	105	SÉCHERESSES
23	Choix des aléas climatiques	106	Évolution climatique
24	Évaluation des impacts potentiels des changements climatiques	108	Impacts
26	Analyse des vulnérabilités	115	Analyse de vulnérabilité
26	Choix des mesures d'adaptation aux changements climatiques	117	Vulnérabilité aux sécheresses
28	AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES MOYENNES	120	CRUES
29	Évolution climatique	121	Évolution climatique
31	Impacts	125	Impacts
43	Analyse de vulnérabilité	130	Analyse de vulnérabilité
		132	Vulnérabilité aux crues
		136	ANNEXE A : Méthodologie de l'analyse géographique des vulnérabilités
		150	ANNEXE B : Glossaire
		157	ANNEXE C : Références
		167	ANNEXE D : Matrice d'évaluation des impacts

MOT DES ÉLUS



Partout dans le monde, on reconnaît le rôle indéniable des villes dans la lutte et l'adaptation aux changements climatiques. Les centres urbains, densément peuplés, sont aux premières lignes des conséquences fâcheuses qui peuvent découler des changements climatiques. Mais, ce sont également des lieux propices à l'innovation et à l'action. C'est pourquoi nous prenons nos responsabilités et nous planifions dès maintenant afin d'assurer une meilleure qualité de vie pour les Montréalais et l'avenir des prochaines générations.

L'agglomération de Montréal s'est engagée à réduire ses émissions de gaz à effet de serre (GES) en adoptant, en 2013, le Plan de réduction des émissions de GES de la collectivité montréalaise 2013-2020. Malgré nos efforts d'atténuation, certains des bouleversements climatiques appréhendés sont déjà observés : vagues de chaleur, pluies abondantes, tempêtes de verglas, etc. Une stratégie visant à en limiter les conséquences négatives est essentielle pour notre administration et pour nos citoyens. C'est pourquoi je suis très fier de présenter ce premier Plan d'adaptation aux changements climatiques de l'agglomération de Montréal 2015-2020.

Avec ce plan d'adaptation, de nombreux engagements ambitieux ont été pris par les services centraux, les arrondissements et les villes liées. Les mesures annoncées visent entre autres la réduction des îlots de chaleur, la protection de la biodiversité, la gestion des eaux de ruissellement, l'augmentation de la résilience des infrastructures et l'adoption de nouvelles pratiques quant à l'offre d'activités récréatives, pour ne nommer que celles-ci.

Le présent plan est donc la première étape d'une démarche fort concrète qui vient non seulement consolider nos acquis et renforcer notre capacité à répondre à toutes ces perturbations, mais qui démontre également notre volonté de contribuer au maintien et à l'amélioration de la qualité des milieux de vie de nos citoyens.

A handwritten signature in black ink, which appears to be "Denis Coderre". The signature is written in a cursive, flowing style.

Denis Coderre
Maire de Montréal
Président de la Communauté métropolitaine de Montréal



Canicules, fortes pluies, verglas... les événements extrêmes des dernières années montrent que les changements climatiques se font déjà sentir. Ces nouvelles conditions représentent un défi, mais également des opportunités à saisir pour faire de Montréal une ville à l'avant-garde en matière de développement durable.

Ce premier plan d'adaptation met en lumière les vulnérabilités de notre territoire face aux changements climatiques. Les impacts observés et anticipés sur la population, les infrastructures, le milieu naturel et l'ensemble des activités se déroulant sur l'île sont indéniables. La somme des informations consolidées dans ce plan fournit de solides arguments face à l'importance de passer des stratégies à l'action et c'est ce à quoi nous nous engageons.

Ce plan d'adaptation présente des mesures concrètes pour faire face aux aléas climatiques qui nous affectent déjà et dont les impacts seront vraisemblablement exacerbés au cours des prochaines années. Les projections climatiques le confirment, les épisodes de chaleur accablante, les pluies intenses et les tempêtes destructrices seront plus fréquents. Cette démarche d'adaptation est l'occasion pour nous de modifier et d'améliorer nos façons de faire pour atténuer les impacts des changements climatiques.

Ce plan est le résultat d'une collaboration fructueuse entre différents acteurs de l'agglomération montréalaise. Des spécialistes de l'environnement, de la gestion des eaux, des infrastructures, des bâtiments, des espaces verts, de l'aménagement ainsi que des représentants de tous les arrondissements et villes de l'agglomération, ont contribué à élaborer cet outil grâce auquel notre agglomération accroîtra sa résilience au cours des cinq prochaines années.

Réal Ménard
Membre du comité exécutif responsable du développement durable,
de l'environnement, des grands parcs et des espaces verts

LISTE DES FIGURES

- 19 **Figure 2.1** : Moyenne climatique de Montréal 1971-2000
- 19 **Figure 2.2** : Rose des vents annuelle 1971-2000
- 20 **Figure 2.3** : Masses d'air qui influencent le climat du Canada
- 22 **Figure 2.4** : Évolution des anomalies de températures moyennes annuelles observées (1950-2012) et simulées (1900-2100) pour la région du sud du Québec incluant Montréal
- 28 **Figure 4.1** : Évolution des anomalies de températures moyennes annuelles sur l'agglomération de Montréal
- 29 **Figure 4.2** : Extension de la saison estivale
- 29 **Figure 4.3** : Réduction de la saison hivernale
- 30 **Figure 4.4** : Augmentation des épisodes de gel-dégel en hiver
- 31 **Figure 4.5** : Exemples d'impacts potentiels de l'augmentation de la température moyenne sur l'agglomération de Montréal
- 34 **Figure 4.6** : Présence de *B. burgdorferi*
- 37 **Figure 4.7** : Carte des zones de rusticité des plantes au Canada (mise à jour 2015)
- 45 **Figure 5.1** : Nombre de jours pendant lesquels les précipitations sous forme de pluie ont dépassé 30 mm
- 46 **Figure 5.2** : Évolution de la quantité de pluie reçue lors du jour le plus pluvieux de l'année sur l'agglomération de Montréal
- 47 **Figure 5.3** : Quelques événements marquants de pluies sur l'agglomération de Montréal (période 1983-2013)
- 48 **Figure 5.4** : Évolution de la quantité de neige tombée dans la période 1942-2014
- 49 **Figure 5.5** : Évolution des anomalies (%) des précipitations totales annuelles observées (1950-2012) et simulées (1900-2100) pour la région du sud du Québec incluant Montréal
- 50 **Figure 5.6** : Exemples d'impacts potentiels des pluies abondantes sur l'agglomération de Montréal
- 51 **Figure 5.7** : Différence entre les réseaux d'égouts unitaires et séparatifs
- 57 **Figure 5.8** : Impacts de l'urbanisation sur les paramètres hydrologiques
- 66 **Figure 6.1** : Cartes d'une canicule les 15 et 16 juillet 2013
- 67 **Figure 6.2** : Évolution du nombre et de la durée des canicules sur la période 1942-2014 à Montréal
- 68 **Figure 6.3** : Évolution du nombre de nuits avec humidex supérieur ou égal à 30 sur la période 1953-2012
- 69 **Figure 6.4** : Exemples d'impacts potentiels des vagues de chaleur sur l'agglomération de Montréal
- 71 **Figure 6.5** : Variation de la température de l'air et des surfaces
- 75 **Figure 6.6** : Impacts de la chaleur sur la santé
- 86 **Figure 7.1** : Évolution des épisodes de pluie verglaçante sur l'agglomération de Montréal
- 87 **Figure 7.2** : Évolution des épisodes de neige abondante (> 30 cm/jour) pour l'agglomération de Montréal
- 89 **Figure 7.3** : Exemples d'impacts potentiels de l'augmentation de la fréquence d'épisodes de forts vents, de grêle, de neige abondante et de verglas sur l'agglomération de Montréal
- 97 **Figure 7.4** : Caractéristiques qui rendent les arbres vulnérables aux dommages causés par le verglas
- 97 **Figure 7.5** : Caractéristiques qui rendent les arbres résistants aux dommages causés par le verglas
- 100 **Figure 7.6** : Formation d'une barrière de glace lorsque la chaleur s'échappe du grenier ou de l'intérieur de la maison et fait fondre la neige accumulée sur le toit
- 106 **Figure 8.1** : Évolution du nombre maximal de jours consécutifs sans précipitation de mai à septembre entre 1942 et 2014
- 108 **Figure 8.2** : Exemples d'impacts potentiels de l'augmentation de la fréquence et de la durée des périodes sécheresse sur l'agglomération de Montréal
- 122 **Figure 9.1** : Débit journalier maximum à la rivière des Prairies
- 123 **Figure 9.2** : Débit journalier moyen à la rivière des Prairies
- 124 **Figure 9.3** : Débit journalier moyen à la rivière des Prairies – Référence et futur
- 125 **Figure 9.4** : Exemples d'impacts potentiels des crues sur l'agglomération de Montréal
- 127 **Figure 9.5** : Processus d'érosion de berges rencontré (a) en sol peu cohésif et (b) en sol cohésif lorsque la vitesse de l'eau est importante

LISTE DES TABLEAUX

- 15 **Tableau 2.1** : L'agglomération de Montréal en quelques chiffres
- 25 **Tableau 3.1** : Organisations et unités administratives ayant participé à l'évaluation des impacts des changements climatiques
- 25 **Tableau 3.2** : Échelle utilisée pour évaluer l'importance des différents impacts des changements climatiques
- 26 **Tableau 3.3** : Échelle utilisée pour évaluer la sensibilité de différents groupes de personnes aux impacts des changements climatiques
- 27 **Tableau 3.4** : Plans, politiques, stratégies et règlements déjà en place contribuant à l'adaptation aux changements climatiques de l'agglomération de Montréal
- 41 **Tableau 4.1** : Nombre de cas rapportés au Québec de la maladie de Lyme et de la fièvre du Nil causée par le virus du Nil occidental (VNO) depuis 2002
- 42 **Tableau 4.2** : Principaux impacts sur les opérations des villes identifiés pour l'agglomération de Montréal en lien avec l'augmentation des températures moyennes hivernales et estivales
- 43 **Tableau 4.3** : Groupes de personnes sensibles aux impacts de l'augmentation de la température moyenne sur la santé
- 59 **Tableau 5.1** : Facteurs de sensibilité des bâtiments aux pluies abondantes
- 66 **Tableau 6.1** : Quelques événements marquants de vagues de chaleur sur l'agglomération de Montréal
- 86 **Tableau 7.1** : Quelques événements marquants de tempêtes destructrices sur l'agglomération de Montréal
- 90 **Tableau 7.2** : Impacts types selon les vitesses du vent
- 90 **Tableau 7.3** : Index des dommages associés aux arbres et aux structures suite à des épisodes de verglas
- 98 **Tableau 7.4** : Vulnérabilité de différentes espèces d'arbres utilisées en milieu urbain aux dommages causés par le verglas
- 110 **Tableau 8.1** : Exemples d'insectes ravageurs, dont les populations ont atteint des niveaux historiques d'infestation suite à une sécheresse, et leurs arbres hôtes
- 121 **Tableau 9.1** : Faits saillants des dernières crues marquantes de 2004 et de 2008

LISTE DES CARTES

- 14 **Carte 2.1** : Agglomération de Montréal
- 18 **Carte 2.2** : Vue d'ensemble du tissu urbain de l'agglomération de Montréal
- 58 **Carte 5.1** : Milieux naturels
- 62 **Carte 5.2** : Sensibilité territoriale dans les secteurs de l'agglomération de Montréal exposés aux inondations causées par le ruissellement excessif
- 62 **Carte 5.3** : Sensibilité sociale dans les secteurs de l'agglomération de Montréal exposés aux inondations causées par le ruissellement excessif
- 63 **Carte 5.4** : Secteurs de l'agglomération de Montréal exposés aux inondations causées par le ruissellement excessif
- 63 **Carte 5.5** : Vulnérabilité aux pluies abondantes de l'agglomération de Montréal
- 64 **Carte 5.6** : Topographie de l'agglomération de Montréal
- 82 **Carte 6.1** : Sensibilité environnementale dans les secteurs de l'agglomération de Montréal exposés aux îlots de chaleur intra-urbains
- 82 **Carte 6.2** : Sensibilité territoriale dans les secteurs de l'agglomération de Montréal exposés aux îlots de chaleur intra-urbains
- 83 **Carte 6.3** : Sensibilité sociale dans les secteurs de l'agglomération de Montréal exposés aux îlots de chaleur intra-urbains
- 83 **Carte 6.4** : Îlots de chaleur intra-urbains de l'agglomération de Montréal
- 84 **Carte 6.5** : Vulnérabilité aux vagues de chaleur de l'agglomération de Montréal
- 103 **Carte 7.1** : Sensibilité territoriale par rapport aux tempêtes destructrices dans les secteurs de l'agglomération de Montréal
- 103 **Carte 7.2** : Sensibilité sociale par rapport aux tempêtes destructrices dans les secteurs de l'agglomération de Montréal
- 104 **Carte 7.3** : Secteurs de l'agglomération de Montréal sensibles aux tempêtes destructrices
- 104 **Carte 7.4** : Vulnérabilité aux tempêtes destructrices de l'agglomération de Montréal
- 117 **Carte 8.1** : Sensibilité territoriale dans les secteurs de l'agglomération de Montréal exposés à la contraction des sols
- 118 **Carte 8.2** : Secteurs de l'agglomération de Montréal exposés à la contraction de sols
- 118 **Carte 8.3** : Sensibilité sociale par rapport à la sécheresse dans les secteurs de l'agglomération de Montréal
- 119 **Carte 8.4** : Secteurs de l'agglomération de Montréal sensibles à la sécheresse
- 119 **Carte 8.5** : Vulnérabilité à la sécheresse de l'agglomération de Montréal
- 133 **Carte 9.1** : Sensibilité territoriale dans les secteurs de l'agglomération de Montréal exposés aux inondations en rive
- 133 **Carte 9.2** : Sensibilité sociale dans les secteurs de l'agglomération de Montréal exposés aux inondations en rive
- 134 **Carte 9.3** : Secteurs de l'agglomération de Montréal sensibles aux inondations en rive (zones inondables)
- 134 **Carte 9.4** : Vulnérabilité aux crues de l'agglomération de Montréal

LISTE DES ABRÉVIATIONS

%	Pourcentage	kt	Kilotonne
AAC	Agriculture et agroalimentaire Canada	m	Mètre
Btk	<i>Bacillus thuringiensis kurstaki</i>	m²	Mètre carré
°C	Degré Celsius	m³	Mètre cube
CEHQ	Centre d'expertise hydrique du Québec	m³/s	Mètre cube par seconde
CESM	Complexe environnemental de Saint-Michel	mm	Millimètre
CH₄	Méthane	M\$	Million de dollars
CMIP	Coupled Model Intercomparison Project	MAMROT	Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire
CMM	Communauté métropolitaine de Montréal	MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
CO	Monoxyde de carbone	MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
CO₂	Dioxyde de carbone	MRC	Municipalité régionale de comté
cm	Centimètre	N₂O	Oxyde nitreux
COV	Composés organiques volatils	NO_x	Oxydes d'azote
DSTI	Direction des stratégies et des transactions immobilières	MJ	Mégajoule
EPA	Environmental Protection Agency	PPI	Plan particulier d'intervention
éq. CO₂	Équivalent en dioxyde de carbone	RCP	Representative Concentration Pathways
g	Gramme	SPVM	Service de police de la Ville de Montréal
GES	Gaz à effet de serre	SIM	Service de sécurité incendie de Montréal
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat	SOPFEU	Société de protection des forêts contre le feu
h	Heure	t	Tonne
H₂S	Sulfure d'hydrogène	UQAM	Université du Québec à Montréal
ICI	Industries, commerces et institutions	UV	Ultra-violet
ICIU	Îlots de chaleur intra-urbains	VNO	Virus du Nil occidental
kg	Kilogramme	Watt/m²	Watt par mètre carré
km²	Kilomètre carré		
km/h	Kilomètre-heure		



INTRODUCTION

L'influence de l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre (GES) sur le climat et l'inévitabilité de cette influence font l'objet d'un large consensus au sein de la communauté scientifique et des instances politiques internationales.

Au-delà des augmentations prévues des températures moyennes, la hausse des concentrations de GES affectera plusieurs autres variables climatiques, dont les précipitations et les vents. L'agglomération de Montréal aura donc à composer avec des changements qui toucheront le milieu naturel, le cadre bâti, la population et les activités socio-économiques. Plusieurs facteurs non climatiques, comme l'âge des infrastructures, l'aménagement du territoire ou les caractéristiques sociodémographiques auront pour effet d'amplifier ou, au contraire, de limiter les répercussions appréhendées.

L'adaptation aux changements climatiques est un processus par lequel les communautés et les écosystèmes s'ajustent afin de limiter les conséquences négatives et de profiter des bénéfices potentiels du climat changeant. La Ville de Montréal s'est engagée, au nom de l'agglomération, à produire un plan d'adaptation aux changements climatiques dans le cadre du programme Climat municipalités du gouvernement du Québec.

Ce premier plan d'adaptation aux changements climatiques de l'agglomération de Montréal constitue le point de départ d'une démarche itérative qui sera bonifiée au fil des années, à mesure que des données sur le climat changeant et les risques inhérents s'accumuleront et que l'efficacité des actions déployées sera démontrée.

OBJECTIFS

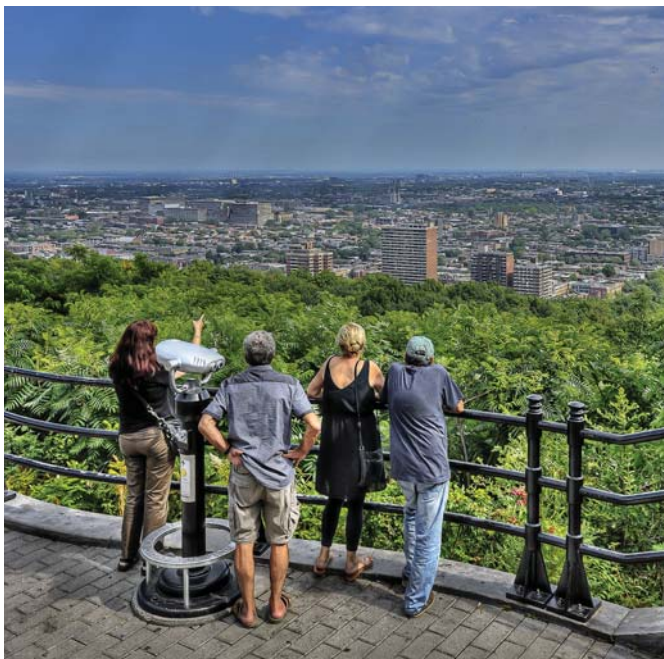
Ce plan s'articule autour de trois principaux objectifs :

1. **Consolider l'ensemble des mesures d'adaptation déjà en place qui, sans nécessairement référer à l'adaptation aux changements climatiques, y contribuent réellement**

Plusieurs impacts du climat concernant des enjeux de santé et de protection des milieux naturels et bâtis sont déjà intégrés dans de nombreux plans et stratégies de l'agglomération montréalaise. En effet, on répertorie plus de 30 stratégies, politiques, plans et règlements touchant de près ou de loin à l'adaptation aux changements climatiques. Ce plan d'adaptation vient donc appuyer les initiatives déjà annoncées et fournir de solides arguments face à l'importance de passer des stratégies à l'action.

2. **Fournir des informations pertinentes et personnalisées relatives aux risques associés aux changements climatiques aux 34 municipalités et arrondissements répartis sur le territoire de l'agglomération ainsi qu'aux services centraux**

Bien que les projections climatiques soient uniformes à l'échelle de l'agglomération, les facteurs de vulnérabilité et les niveaux de risques, quant à eux, varient en fonction de la localisation géographique sur l'île de Montréal. Il est donc essentiel de connaître non seulement les risques, mais également les variations locales des niveaux de vulnérabilité afin d'orienter les actions en fonction des réalités locales et de concentrer les efforts là où une plus grande vulnérabilité est observée.



Crédit : © Denis Labine, Ville de Montréal

3. Planifier le développement de l'agglomération et les opérations d'entretien et de réfection en tenant compte des contraintes associées aux changements climatiques

Cet objectif rejoint l'essence même d'un plan d'adaptation aux changements climatiques, c'est-à-dire parvenir à actualiser les façons de penser et façons de faire au sein de l'agglomération de manière à réduire les risques inhérents aux changements climatiques.

CONTENU DU PLAN

Le plan se présente en deux volumes. Le volume 1, **Les constats**, vise à établir un diagnostic des défis d'adaptation auxquels est confrontée l'agglomération de Montréal. Le volume 2, **Les mesures d'adaptation**, présente, quant à lui, les actions à consolider ou à développer et les engagements pris par les différentes entités qui composent l'agglomération pour répondre à ces défis.

Plus précisément, le volume 1 comprend trois parties :

- mise en contexte;
- démarche;
- analyse par aléa climatique.

La mise en contexte présente les particularités de l'agglomération de Montréal : son territoire, sa population, ses éléments du paysage et son tissu urbain. La démarche, quant à elle, explique les différentes étapes du processus d'analyse des aléas climatiques mis en place dans ce plan. Enfin, l'analyse proprement dite est elle-même subdivisée en six chapitres, un chapitre par aléa climatique :

- augmentation des températures moyennes;
- pluies abondantes;
- vagues de chaleur;
- tempêtes destructrices;
- sécheresses;
- crues.

Chaque chapitre d'aléa climatique est organisé de la même façon. Tout d'abord, une analyse des observations météorologiques de l'agglomération de Montréal et des projections climatiques fournies par Ouranos vient étayer notre ressenti des événements climatiques extrêmes vécus ces dernières années. Cette analyse permet d'établir si l'aléa climatique considéré est amplifié ou non par les changements climatiques. Ensuite, l'analyse présente les impacts identifiés dans le passé à Montréal en réponse à l'aléa considéré. Il peut s'agir d'impacts sur l'environnement bâti (p. ex. infrastructures, réseau routier), sur la santé ou l'économie (p. ex. maladies, dégâts matériels), sur les opérations municipales (p. ex. travaux publics, entretien des rues) ou encore sur le milieu naturel (p. ex. qualité de l'eau, biodiversité). Enfin, le chapitre se termine par une analyse de vulnérabilité du territoire. Il s'agit d'évaluer pour chaque secteur de l'agglomération de Montréal si celui-ci est plus ou moins vulnérable par rapport à l'aléa en question. Par exemple, dans le cas des vagues de chaleur, les quartiers situés dans des îlots de chaleur sont plus vulnérables que ceux situés en dehors des îlots de chaleur.

Après avoir identifié les impacts-clés et les vulnérabilités du territoire pour chaque aléa dans le volume 1, le volume 2 présente les solutions ou, en d'autres termes, le plan d'action qui sera mis en place pour lutter contre ces effets des changements climatiques.

Si le volume 1 est théorique, le volume 2 est résolument pratique. Il vise à donner les clés à tous les acteurs pour s'adapter efficacement aux changements climatiques. L'approche est donc tout à fait différente et le volume est divisé en 24 fiches pratiques d'actions à mener. Chaque fiche commence par une présentation générale de la mesure, sa justification et ses bénéfices. Puis, les engagements des différentes instances municipales (services centraux, arrondissements et villes reconstituées) sont listés sous la forme de tableaux récapitulatifs. Ces tableaux permettent de dresser un portrait de toutes les actions en cours ou prévues sur le territoire de l'agglomération en matière d'adaptation aux changements climatiques. Cette base de données devrait faciliter les échanges entre les différents acteurs de l'adaptation.



MISE EN CONTEXTE

TERRITOIRE

Située au confluent du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais, l'île de Montréal est la plus grande île de l'archipel d'Hochelega. Elle mesure environ 50 km de long et 16 km à son point le plus large (voir carte 2.1 à la page 14). Ceinturée par la rivière des Prairies, le fleuve Saint-Laurent et le lac Saint-Louis³⁸, elle possède 266,6 km de berges et couvre une superficie de 483 km² (499 km² en comptant les petites îles avoisinantes). L'île se situe au centre d'une grande plaine fertile, l'ancienne mer de Champlain, avec pour point culminant le mont Royal s'élevant à 233 mètres. Ses sous-sols sont essentiellement constitués de roches sédimentaires, notamment du calcaire et de l'argile.

Ce territoire regroupe 16 municipalités formant l'agglomération de Montréal, laquelle est constituée de 15 municipalités (appelées aussi villes reconstituées) et de la Ville de Montréal, subdivisée à son tour en 19 arrondissements. L'agglomération de Montréal représente les éléments de la mosaïque administrative qui se partagent des compétences sur ce territoire en vertu de plusieurs lois dont celle sur l'aménagement du territoire et l'urbanisme visant ainsi à assurer le développement harmonieux de la région.

L'agglomération gère certains services de compétence d'intérêt commun (p. ex. services de police, sécurité incendie, production de l'eau et traitement des eaux usées) alors que les villes reconstituées et les arrondissements gèrent les compétences dites locales (p. ex. travaux publics, aménagement urbain, sports et les loisirs, etc.).

POPULATION

L'agglomération de Montréal compte près de 2 millions d'habitants, soit 24 % de la population du Québec.¹⁶³ Avec les autres villes voisines dont Laval et Longueuil, elle forme la deuxième région métropolitaine la plus peuplée du Canada derrière Toronto.

Une densité de population de 3 779 personnes au kilomètre carré est observée en 2011 sur le territoire de l'agglomération de Montréal. Près de 45 % de la population de ce territoire se concentre dans les villes reconstituées et les arrondissements centraux. Pour leur part, les arrondissements et les villes reconstituées des extrémités de l'île sont moins densifiés et regroupent un peu moins de 10 % de la population de l'agglomération.



Selon les données du recensement de 2011, près de 16 % de la population totale est âgée de 65 ans et plus, ce qui représente 295 295 personnes.¹⁶³ Selon ces mêmes données, on constate que les femmes de ce groupe d'âge sont plus nombreuses que les hommes soit 9,3 % contre 6,4 %.¹⁵⁰ Mentionnons que d'ici 2026, une personne sur cinq habitant l'île de Montréal aura 65 ans et plus.¹⁵⁹

L'agglomération compte 475 095 familles dont près de 21 % (98 050) sont des familles monoparentales, 82 % de ces familles ont une femme à leur tête tandis que 18 % sont dirigées par un homme. Pour leur part, les ménages (une personne ou un groupe de personnes qui occupent un logement) de personnes seules représentent en 2011 plus de 39,2 % du total des ménages de l'agglomération de Montréal. Le nombre de personnes de 65 ans et plus vivant seules a crû de 1,1 %, passant de 93 720 personnes en 2006 à 94 725 personnes en 2011, représentant ainsi 36 % dans cette tranche d'âge. C'est donc dire que plus d'un aîné sur trois vit seul sur l'île de Montréal.

La population immigrante compte, quant à elle, pour 33 % de la population du territoire. L'Italie, Haïti, la France et la Chine sont les pays d'origine les plus fréquents des personnes immigrantes. Le français demeure la langue la plus utilisée à la maison, même si l'anglais, l'espagnol, l'arabe et l'italien sont utilisés au quotidien par un grand nombre de personnes.¹⁶³ Près de 3 % de la population, soit 48 540 personnes, ne connaissent ni le français ni l'anglais.¹⁵⁷

En 2010, 29 % de la population de l'agglomération montréalaise vivait sous le seuil de faible revenu* (avant impôt).¹⁵⁸ Si l'on modifie l'échelle pour considérer les milieux de vie, c'est dans le nord-est de l'île de Montréal où le revenu moyen est le plus bas.¹²⁸

* Le seuil de faible revenu se définit comme le niveau de revenu selon lequel on estime que les familles consacrent 20 % de plus que la moyenne générale à la nourriture, au logement et à l'habillement.

CARTE 2.1
AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL



TABLEAU 2.1
L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL EN QUELQUES CHIFFRES

1,9 million	de personnes habitaient sur l'île de Montréal en 2011 (en hausse de 5,1 % par rapport à 2006)
3 780	personnes au kilomètre carré (2011) ^{141, 151}
45 %	de la population se concentre dans les villes reconstituées et les arrondissements centraux, soit Ahuntsic-Cartierville, Côte-des-Neiges–Notre-Dame-de-Grâce, Le Plateau-Mont-Royal, Mercier–Hochelaga-Maisonneuve, Rosemont–La Petite-Patrie et Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension
10 %	de la population habite les arrondissements et les villes reconstituées des extrémités de l'île
15 %	de la population a entre 0 et 14 ans (287 635 personnes)
11 %	de la population est âgée entre 65 et 79 ans (203 720 personnes)
5 %	est âgée de 80 ans et plus, dont 51 hommes pour 100 femmes dans cette tranche d'âge (91 575 personnes)
33 %	de la population de l'agglomération est immigrante, soit 1 résident sur 3 (610 000 personnes) ¹⁴¹
52,4 %	de la population de Saint-Laurent est immigrante, suivi de près par Côte-des-Neiges–Notre-Dame-de-Grâce avec 47,7 % et Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension avec 43,9 % ¹⁶¹
54,3 %	de la population parle le français à la maison (25,3 % l'anglais et 20,4 % d'autres langues)
2,6 %	de la population (soit 48 540) ne connaît ni le français ni l'anglais
39,2 %	des ménages sont composés d'une seule personne (hausse de 4,9 % entre 2006 et 2011) ¹⁶³
35,8 %	des personnes âgées de 65 ans et plus vivent seules
29 %	de la population de l'île de Montréal vit sous le seuil de la pauvreté (faible revenu*)
80 %	du parc de logement est constitué d'appartements (plex et immeubles à logements)
11,7 %	de maisons individuelles
42 %	du parc de logement a été construit avant 1961 (18 % avant 1946)
1	aéroport international avec un trafic de 13,7 millions de voyageurs annuellement
1	port, le 2 ^e plus grand au Canada, avec plus de 28 millions de tonnes de marchandises diverses qui y transitent
4	universités (2 francophones et 2 anglophones) fréquentées par 170 000 étudiants ¹⁰⁹
42	établissements de santé, dont les principaux sont le Centre hospitalier de l'Université de Montréal (CHUM) et le Centre universitaire de santé McGill (CUSM) ¹⁴⁴

* Le seuil de faible revenu se définit comme le niveau de revenu selon lequel on estime que les familles consacrent 20 % de plus que la moyenne générale à la nourriture, au logement et à l'habillement.

ÉLÉMENTS DU PAYSAGE

PLANS D'EAU

Les eaux qui ceignent l'agglomération sont alimentées par les Grands Lacs et la rivière des Outaouais. Le sud de l'île, baigné par le Saint-Laurent se resserre à la hauteur des arrondissements de La Salle et de Verdun pour former les rapides de Lachine, lesquels sont le point principal de la prise d'eau potable. La rivière des Prairies coule pour sa part le long de la rive nord de l'île et accueille même un barrage pour la production d'hydro-électricité.¹⁶⁵ La grande majorité des rives ont été fortement artificialisées plus particulièrement dans le secteur sud de l'île de Montréal et le secteur est de la rivière des Prairies.

Outre ces milieux riverains, notons la présence de quelque 70 réseaux de cours d'eau intérieurs.¹⁶⁴ La majorité des plans d'eau (rivières, ruisseaux, etc.) ont été grandement modifiés avec l'urbanisation. Ils ont été canalisés, déplacés et même parfois remblayés. Certains cours d'eau situés dans de grands parcs ont toutefois conservé un caractère naturel dont certaines portions de la rivière à l'Orme, du ruisseau De Montigny ainsi que du ruisseau Bertrand.¹⁶⁴ D'importantes infrastructures artificielles s'ajoutent et marquent grandement le paysage urbain de l'île. Destiné à la navigation commerciale puis devenu un haut lieu touristique, le canal de Lachine, par exemple, s'étire sur plus 14,5 km de long et 45 m de large. L'aqueduc, quant à lui, s'étend sur près de 8 km avec son tracé débutant en amont des rapides de Lachine vers l'usine de filtration Atwater.⁷²

ESPACES VERTS

L'agglomération montréalaise possède plusieurs espaces verts répertoriés sous différents vocables, dont 19 grands parcs, 10 écoterritoires et des espaces protégés qui couvrent 21,3 % du territoire.^{153, 162, 164}

Ces milieux de verdure se situent en majorité aux extrémités de l'agglomération à l'exception du parc du Mont-Royal, véritable poumon au cœur du centre-ville montréalais, et du parc Jean-Drapeau, lui aussi à deux pas du centre des affaires. De nombreux parcs de quartier, des ruelles vertes et des arbres de rue s'ajoutent au paysage urbain. On compte près de 1,2 million d'arbres sur le domaine public.¹⁵⁵



Canal de Lachine
Crédit : © Réseau de suivi du milieu aquatique, Ville de Montréal

Pour répondre au développement urbain, la moitié des forêts de l'île a disparu entre 1986 et 1994, puis 750 hectares supplémentaires ont été soustraits entre 1994 et 2001. La disparition du couvert forestier de l'île a entraîné la perte de 60 % de sa biodiversité. Montréal comptait 48 espèces végétales menacées ou vulnérables en 2010.⁶²

L'agglomération de Montréal dispose encore, malgré son importante urbanisation, de quelques terres cultivées qui se retrouvent dans l'ouest de l'île. La zone agricole permanente (décrétée par le gouvernement du Québec) s'étend sur 20 km², soit 4 % de l'ensemble du territoire.¹⁶⁵ L'île compte également de nombreux jardins communautaires (104)¹⁶⁴ totalisant près de 25 hectares tandis que l'agriculture dite « urbaine » se développe de plus en plus, avec notamment 128 hectares d'initiatives à ce jour.⁴ À titre d'exemple, citons la toute première ferme commerciale à être bâtie sur un toit « Les fermes Lufa », où poussent plus de 40 variétés d'aliments toute l'année sur plus de 2 900 mètres carrés.⁹⁵

TISSU URBAIN

Près de 90 % du territoire de l'agglomération est urbanisé.¹⁶⁵ Il est doté d'un imposant réseau routier constitué d'autoroutes qui traversent le territoire d'est en ouest et du nord au sud. (voir carte 2.2 à la page 18). À ceci, s'ajoutent plus de 6 200 km de rues et d'artères ainsi qu'un réseau de plus de 600 km de voies cyclables.¹⁵² Plus de 18 ponts permettent d'accéder à l'île dont les plus importants sont le pont Champlain et le pont Jacques-Cartier avec des débits journaliers moyens respectifs de 162 740 et de 98 082 véhicules par jour (données 2010).¹⁶⁰ S'ajoute aux ponts, le tunnel Louis-Hippolyte-La Fontaine, imposante structure routière de 1,5 km qui passe sous le fleuve reliant ainsi la Rive-Sud et l'est de Montréal. Près de 119 000 véhicules empruntent ce tunnel chaque jour.¹⁶⁰

Montréal est aussi desservie par un réseau de métro souterrain qui compte 68 stations réparties sur quatre lignes et s'étendant sur 71 km. On retrouve également cinq lignes de train de banlieue desservant pour leur part la périphérie de l'île de Montréal. Elles sont utilisées par plus de 15 millions d'usagers annuellement.¹⁶⁶

De par sa localisation géographique, l'agglomération montréalaise est un centre névralgique du transport des marchandises. Elle abrite le deuxième plus grand port au pays après celui de Vancouver. Chaque année, environ 28 millions de tonnes de marchandises y transitent et plus de 1,4 million de conteneurs y sont reçus et expédiés. Par ailleurs, Montréal possède le troisième plus important aéroport du pays où près de 13,7 millions de passagers transitent annuellement. Enfin, elle compte deux réseaux ferroviaires qui se déploient sur le territoire.

La majeure partie du territoire est occupée par des zones d'habitation (29 %). On retrouve plusieurs habitations multilogements (quadruplex, triplex, duplex, immeubles à condos, etc.) au centre de l'île alors que les maisons unifamiliales dominent le paysage dans les secteurs de l'est et de l'ouest.⁷⁵ C'est le long des autoroutes, notamment l'autoroute 40, que se situent de vastes zones commerciales incluant de nombreux centres commerciaux (8 % du territoire). Les zones industrielles qui occupent aussi 8 % de l'espace longent principalement l'autoroute 40 de même que l'autoroute 20 dans la partie sud-ouest de l'île. Finalement, on retrouve une diversité d'usages dans la partie occupée par le centre-ville (bureaux, commerces, manufactures, etc.).

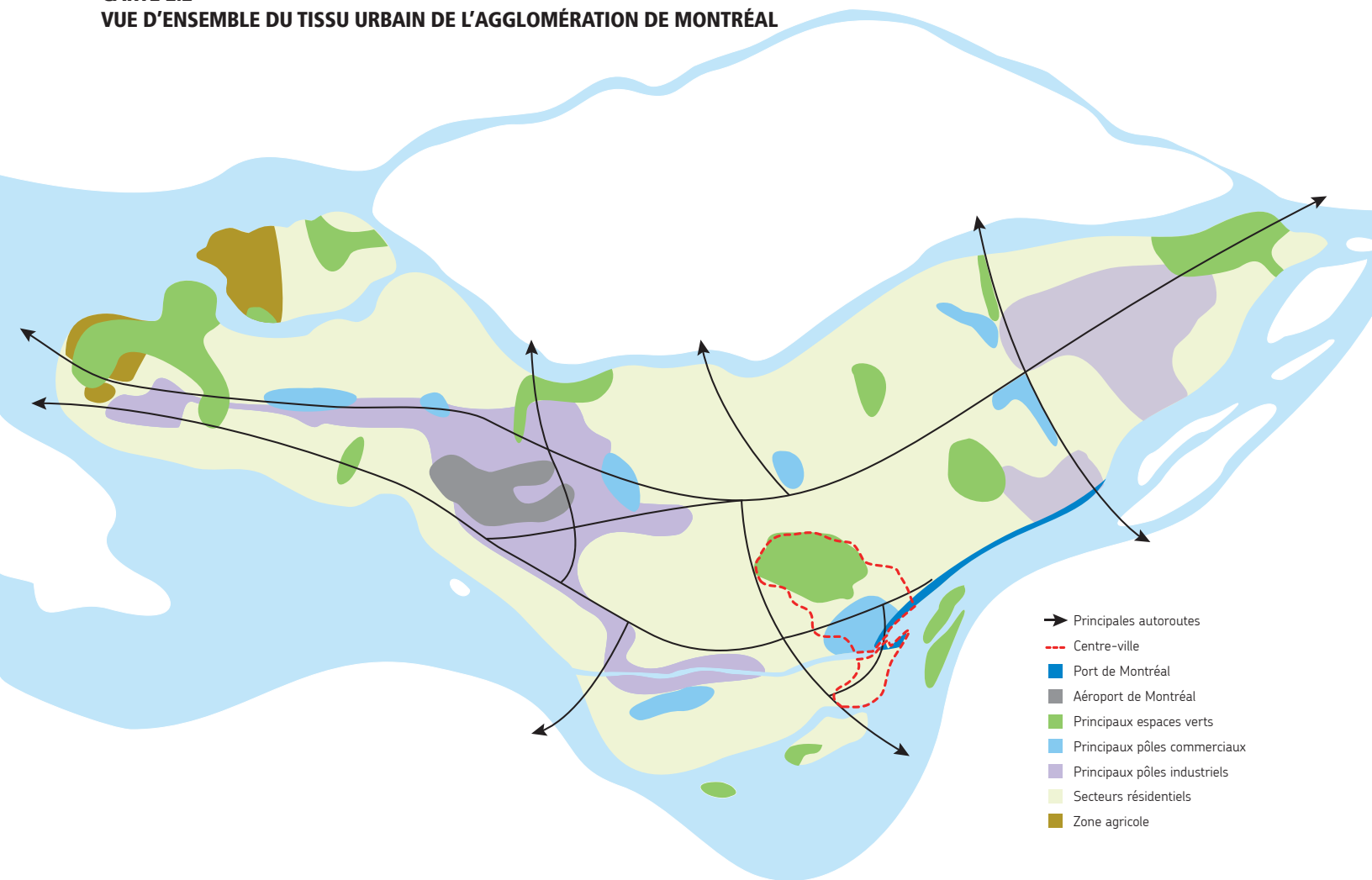


Crédit : © Ville de Montréal

Toutes ces constructions et ces routes imposent une minéralisation des surfaces qui rend l'agglomération montréalaise, au même titre que d'autres grandes villes, plus sensible aux vagues de chaleur et aux inondations. Il en sera d'ailleurs question dans les chapitres qui suivront. En contrepartie, l'agglomération dispose d'un réseau d'infrastructures, d'espaces verts, de lieux de détente et de loisirs qui contribuent grandement à la qualité de vie de ces citoyens. On retrouve notamment un réseau d'équipements de sports et de loisirs, dont des arénas, des patinoires extérieures et plus d'une centaine de piscines, patageoires et jeux d'eau. La Ville de Montréal compte, à elle

seule, 74 piscines publiques (1 piscine pour 22 540 Montréalais⁹³). Parmi les villes dont la population dépasse le million, seule Philadelphie surpasse la métropole québécoise en termes de piscines par habitant.

CARTE 2.2
VUE D'ENSEMBLE DU TISSU URBAIN DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL

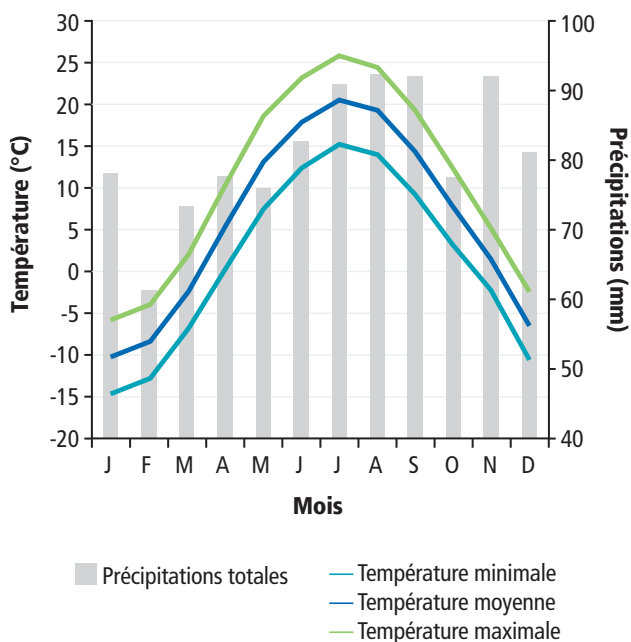


CLIMAT ACTUEL ET PROJECTIONS FUTURES

Le réchauffement climatique mondial ne fait plus débat dans la communauté scientifique. L'augmentation totale de la température moyenne entre la période 1850-1900 et la période 2003-2012 a ainsi été de 0,78 °C d'après le rapport du GIEC⁷⁴ (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). 0,78 °C peut paraître une augmentation toute relative, mais il faut garder à l'esprit qu'il y a 20 000 ans, la température moyenne globale était seulement 5 °C plus bas qu'aujourd'hui et qu'il y avait une calotte de glace de 2 à 3 kilomètres d'épaisseur sur tout le Canada et un niveau des mers 120 mètres plus bas qu'aujourd'hui.

Le Canada étant situé dans les hautes latitudes, l'augmentation de la température y est plus prononcée. Au Québec, les températures moyennes annuelles ont ainsi augmenté d'environ 1 à 3 °C sur une période de 62 ans (1950-2011) d'après une étude récente d'Ouranos.¹²² Cette augmentation plus prononcée des températures dans les hautes latitudes est liée à des rétroactions positives au sein du système climatique.

FIGURE 2.1
MOYENNE CLIMATIQUE DE MONTRÉAL 1971-2000



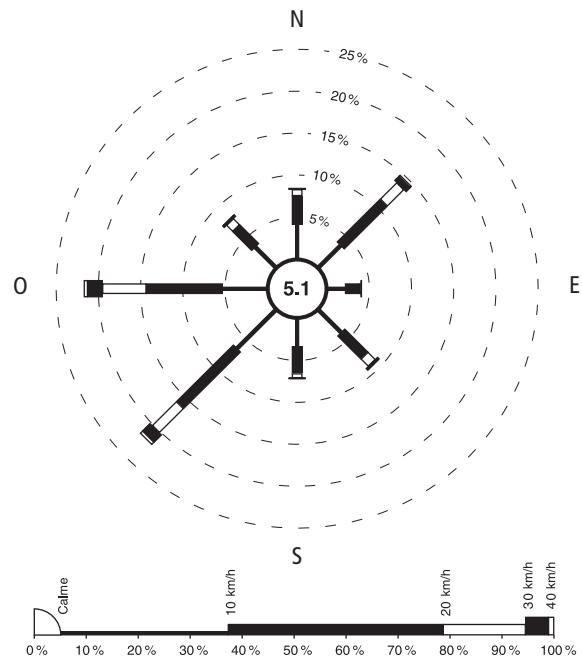
Note : Données issues de la station météorologique de l'aéroport international Montréal-Trudeau.

Par exemple, lorsque la neige fond, le pouvoir réfléchissant du sol (albédo) diminue, et, par conséquent, le sol absorbe plus de chaleur, ce qui contribue à augmenter encore davantage la température.

CLIMAT MOYEN DE MONTRÉAL

Le climat de Montréal est caractérisé par une très forte variation saisonnière de température entre l'hiver et l'été. Les températures varient ainsi en moyenne de -10 °C en janvier à 20 °C en juillet (voir Figure 2.1). Les précipitations mensuelles varient de 60 mm à 90 mm et sont donc relativement abondantes par rapport au reste du territoire québécois (voir Figure 2.1). Montréal fait en effet partie du large corridor centré sur la vallée du Saint-Laurent qui reçoit les plus grandes accumulations de précipitations du territoire québécois.¹²² Les vents dominants viennent essentiellement de l'ouest et du sud-ouest, avec quelques incursions de vents du nord-est (voir Figure 2.2).

FIGURE 2.2
ROSE DES VENTS ANNUELLE 1971-2000



Source : Environnement Canada, Région du Québec [www.climat-quebec.qc.ca]

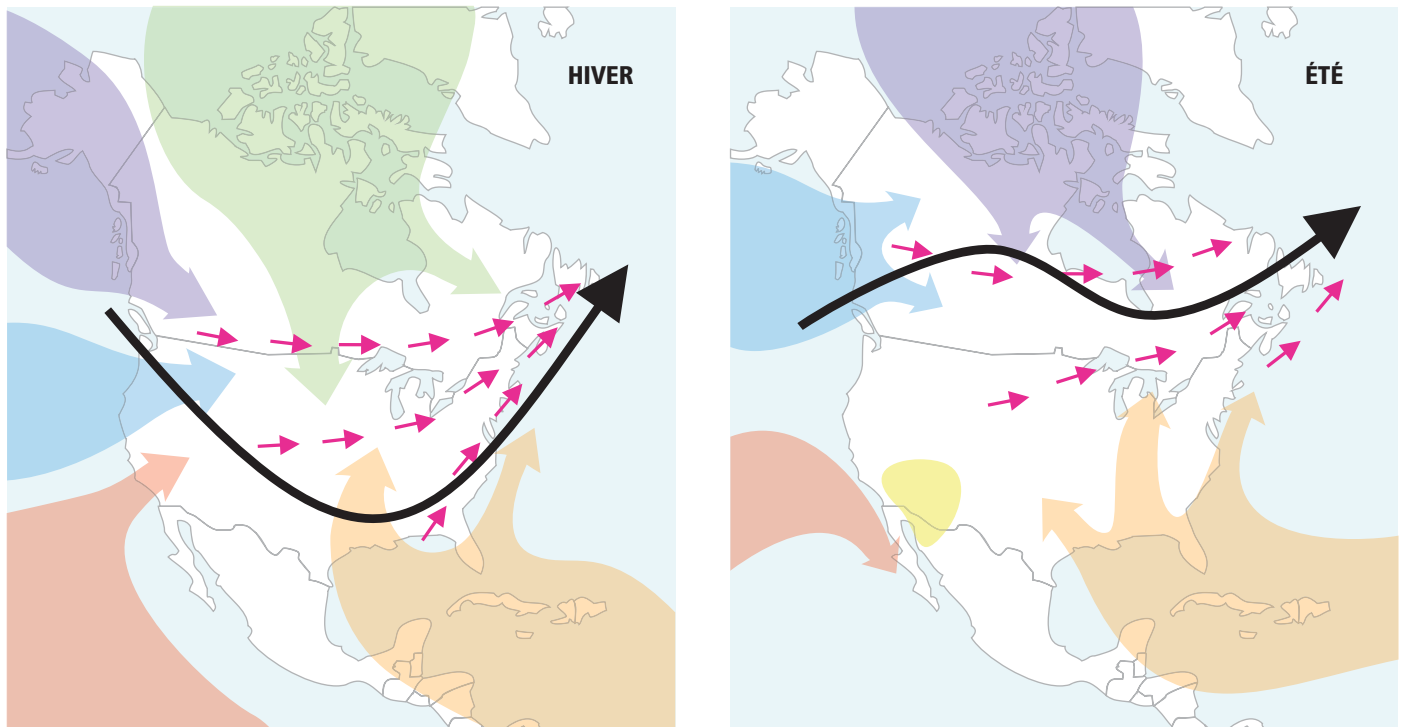
Note : Données issues de la station météorologique de l'aéroport international Montréal-Trudeau.

Cette direction sud-ouest nord-est est principalement influencée par l'orientation du corridor du Saint-Laurent et par le courant-jet polaire qui parcourt le continent nord-américain de l'ouest vers l'est (voir Figure 2.3).

Ce climat très contrasté au fil des saisons est lié à l'interaction entre différentes masses d'air. On parle de masse d'air pour caractériser une zone de l'atmosphère qui présente des caractéristiques de température et d'humidité homogènes. Ces caractéristiques dépendent du lieu où ces masses d'air se sont créées. Les masses d'air qui se forment au-dessus de l'océan sont chargées en humidité en raison de la forte évaporation en provenance de la surface d'eau, alors que

celles qui se forment sur le continent sont relativement sèches. Les hivers froids et secs connus par les Montréalais proviennent ainsi essentiellement de l'air des contrées froides au nord du Canada (masse d'air « Continental arctique », Figure 2.3) alors que les conditions chaudes et humides en été proviennent essentiellement de l'air chargé en humidité du golfe du Mexique (masse d'air « Maritime tropical de l'Atlantique », Figure 2.3). L'influence relative des différentes masses d'air change au cours des saisons, notamment avec le déplacement nord-sud du courant-jet polaire. La position de ce jet en hiver favorise la succession de tempêtes en provenance du sud ou de l'ouest des États-Unis.

FIGURE 2.3
MASSES D'AIR QUI INFLUENCENT LE CLIMAT DU CANADA



Adapté de L'Atlas canadien en ligne⁹¹

- Continental arctique
- Maritime arctique
- Maritime polaire
- Maritime tropical du Pacifique
- Maritime tropical de l'Atlantique
- Continental tropical
- Courant-jet polaire
- Trajectoires principales de tempêtes

PROJECTIONS CLIMATIQUES

Les modèles climatiques

Les modèles climatiques sont des logiciels informatiques d'une grande complexité qui intègrent des équations mathématiques de physique et de chimie décrivant l'atmosphère, l'océan et les surfaces continentales. Ces équations représentent les principaux échanges d'énergie et de matière qui président aux phénomènes météorologiques, hydrologiques ou biologiques. Ces modèles sont en particulier capables de simuler la vitesse et la direction des vents et des courants marins, mais également l'évolution des températures et des précipitations, ou encore les caractéristiques de différents couverts végétaux. Pour plus de détails sur le contenu des modèles climatiques, une animation explicative est disponible sur Internet à l'adresse suivante : www.ipsl.fr/Mediatheque/Multimedia/Animation-sur-la-modelisation-climatique.

Pour pouvoir simuler le climat, les modèles ont besoin de connaître les échanges d'énergie entre la Terre et l'espace environnant. Ces échanges d'énergie sont pilotés par l'énergie solaire entrante et la quantité de chaleur terrestre qui est perdue vers l'espace. Cette dernière quantité est modulée par l'effet de serre. Plus l'effet de serre augmente, plus la quantité de chaleur terrestre piégée sur Terre est grande. Pour pouvoir obtenir des projections climatiques, il est donc nécessaire d'avoir accès aux concentrations en GES. Ces concentrations dépendent des émissions de chaque pays et du degré d'utilisation de combustibles fossiles, qui eux-mêmes dépendent des politiques énergétiques adoptées par chaque pays. C'est pourquoi les climatologues ont recours à plusieurs scénarios de GES.

Les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre

Les scénarios d'émissions de GES reflètent un éventail de possibilités d'évolution des concentrations en GES d'ici 2100. Chaque scénario est accompagné d'une dénomination technique « RCP » pour « Representative Concentration Pathways ». Le bilan d'énergie entre la Terre et l'espace environnant peut s'exprimer en Watt/m². La dénomination des différents scénarios reflète ce bilan. Ainsi, le scénario RCP8.5 correspond à un niveau de concentration en GES équivalent à un forçage énergétique de 8,5 Watt/m² en 2100, et de

4,5 Watt/m² pour RCP4.5. Le scénario RCP8.5 qui a un forçage énergétique plus fort que le scénario RCP4.5 correspond donc à des émissions de GES qui continuent à augmenter jusqu'à la fin du siècle alors que pour le scénario RCP4.5, les émissions se stabilisent dans la seconde partie du siècle. De plus, le scénario RCP4.5 limite la hausse de la température moyenne globale à environ 2 °C d'ici à la fin du siècle.

Les projections des modèles climatiques

Les projections climatiques élaborées depuis plusieurs années s'appuient sur les résultats de différents modèles climatiques développés à travers le monde, afin de tirer parti des forces et des faiblesses de chacun de ces modèles. Les modèles climatiques sont continuellement mis à jour en fonction des nouvelles découvertes scientifiques. Ainsi, tous les six ans, à l'occasion du nouveau rapport du GIEC, les équipes internationales de recherche mettent à jour leurs projections climatiques avec la version la plus récente de leur modèle.

Il n'existe pas de projections climatiques spécifiques à l'agglomération de Montréal. Les modèles climatiques n'ont pas encore atteint ce degré de précision. Dans la suite, nous nous appuyons donc sur les projections d'Ouranos, réalisées pour la région du sud du Québec, incluant Montréal (voir région « Sud », encadré rouge sur la carte ci-dessous).

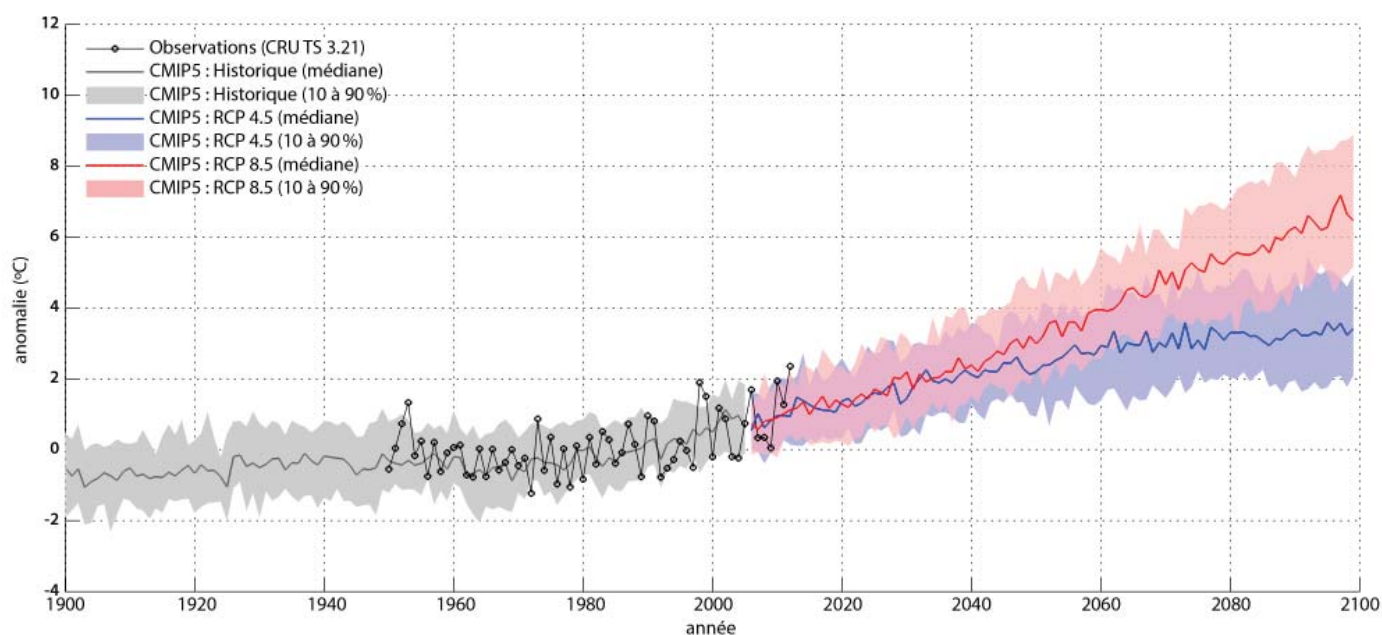


Carte extraite du document : OURANOS (2014). Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Partie 1 : Évolution climatique au Québec, Édition 2014, Montréal, Québec, 79 p.

Ces projections sont basées sur les résultats de plusieurs modèles climatiques du projet international CMIP (Coupled Model Intercomparison Project). Pour un scénario de fortes émissions de GES (scénario RCP8.5), les projections climatiques indiquent une augmentation des températures annuelles d'environ 2 à 4 °C pour la période 2041-2070 et de 4 à 7 °C pour la période 2071-2100 par rapport à la période 1971-2000 (voir Figure 2.4).

Il est à noter que dans les prochains chapitres, il sera très souvent fait référence au document « OURANOS (2014). *Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Partie 1 : Évolution climatique au Québec*, Édition 2014, Montréal, Québec : Ouranos, 79 p. », notamment dans les sections concernant les projections climatiques.

FIGURE 2.4
ÉVOLUTION DES ANOMALIES DE TEMPÉRATURES MOYENNES ANNUELLES OBSERVÉES (1950-2012) ET SIMULÉES (1900-2100) POUR LA RÉGION DU SUD DU QUÉBEC INCLUANT MONTRÉAL



Note : Évolution des anomalies de températures moyennes annuelles observées (1950-2012) et simulées (1900-2100) pour la région du sud du Québec incluant Montréal, pour la période historique (gris) et les scénarios d'émission de gaz à effet de serre RCP4.5 (bleu) et RCP8.5 (rouge). Les anomalies sont calculées par rapport à la moyenne 1971-2000.

Source : OURANOS (2014). *Vers l'adaptation - Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Partie 1 : Évolution climatique au Québec*, Édition 2014, Montréal, Québec : Ouranos, 79 p.

DÉMARCHE

Le mandat d'élaboration et de coordination du plan d'adaptation a été confié à une équipe multidisciplinaire au sein du Service de l'environnement de la Ville de Montréal. Afin de réaliser son mandat, cette équipe a collaboré avec de nombreux intervenants : employés des services centraux et des différents arrondissements de la Ville de Montréal, employés de l'ensemble des villes de l'agglomération et experts externes.

La démarche suivie pour ce premier plan d'adaptation aux changements climatiques de l'agglomération de Montréal a été élaborée en respectant les directives du programme Climat municipalités du ministère du Développement durable, de l'Environnement et la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) et en s'inspirant du contenu du guide du consortium scientifique Ouranos destiné au milieu municipal québécois et intitulé *Élaborer un plan d'adaptation aux changements climatiques*.¹²⁰ Cette démarche est présentée en détail dans ce chapitre.

Les projections climatiques confirment que les événements extrêmes déjà observés continueront de se produire, vraisemblablement avec une fréquence et une amplitude encore plus importantes. Ainsi, bien que de nouveaux impacts puissent être observés, il a été convenu que les impacts du climat actuel servent de base à l'analyse des vulnérabilités dans le cadre de ce premier plan d'adaptation. Dans le même esprit, il a été convenu que l'analyse des vulnérabilités actuelles était représentative des vulnérabilités à venir à moyen terme et pouvait servir à orienter le choix des mesures d'adaptation les plus porteuses pour ce plan 2015-2020.

HISTORIQUE DES ÉVÉNEMENTS CLIMATIQUES EXTRÊMES

Afin d'identifier des aléas climatiques face auxquels l'agglomération de Montréal était déjà vulnérable, une revue non exhaustive des événements climatiques extrêmes, dont les impacts qu'ils ont causés étaient connus et s'étaient produits au cours des 30 dernières années, a été effectuée en consultant des documents du Centre de sécurité civile de Montréal, de Sécurité publique Canada et d'Environnement Canada ainsi que d'autres rapports scientifiques et universitaires. Ensuite, les archives de différents médias ont été consultées afin de préciser les impacts des événements identifiés.

CHOIX DES ALÉAS CLIMATIQUES

Les projections climatiques produites par Ouranos pour le sud du Québec ont été consultées. Une analyse des données climatiques des dernières décennies a aussi été effectuée de manière à faire ressortir les tendances dans l'évolution du climat montréalais. Cette analyse est essentiellement basée sur les données météorologiques de la station de l'aéroport international Montréal-Trudeau⁷⁰ et sur les données hydrologiques de la rivière des Prairies aux rapides du Cheval Blanc.⁶⁹



Toiture végétalisée au Palais des Congrès
Crédit : © Palais des Congrès

En combinant les observations du passé et les projections climatiques, six aléas climatiques dont les impacts sur le territoire et la population de l'agglomération de Montréal sont et/ou seront susceptibles d'être exacerbés par les changements climatiques ont été identifiés :

- augmentation des températures moyennes;
- pluies abondantes;
- vagues de chaleur;
- tempêtes destructrices (vent, grêle, neige et pluie verglaçante);
- sécheresses;
- crues.

La précision des projections relatives à ces aléas est variable, mais puisque la revue des événements climatiques extrêmes a montré qu'ils se produisaient parfois à Montréal et qu'ils engendraient alors des impacts importants, il a été convenu qu'il est pertinent de développer la capacité d'adaptation de l'agglomération à ces aléas, et ce, que leur intensité et leur fréquence s'accroissent avec les changements climatiques ou non.

Dans le même esprit, plutôt que d'évaluer le risque associé à chacun de ces aléas en tenant compte de leur probabilité d'occurrence respective, il a été convenu d'analyser plutôt la vulnérabilité de l'agglomération face aux six aléas climatiques.

Risque lié à un aléa climatique	=	Probabilité d'occurrence de cet aléa	Importance x des impacts de cet aléa
--	---	---	--

En d'autres termes, indépendamment du risque associé à ces aléas, l'importance des impacts en cas d'occurrence et le fait que ceux-ci aient déjà été observés font en sorte qu'ils méritent d'être analysés.

ÉVALUATION DES IMPACTS POTENTIELS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Une fois les aléas climatiques identifiés, une revue de la littérature sur les impacts de ces aléas a été effectuée. Elle a permis de constituer une liste des impacts avérés et potentiels des changements climatiques à Montréal. Cette liste a été bonifiée avec les impacts identifiés lors de la revue des événements climatiques extrêmes s'étant produits au cours des 30 dernières années, comme décrit à la section *Historique des événements climatiques extrêmes* (p.23).

Ces impacts ont été classés en quatre catégories :

- impacts sur le bâti;
- impacts environnementaux;
- impacts socio-économiques;
- impacts sur les opérations municipales.

Afin de compléter la liste des impacts et d'en évaluer l'importance, celle-ci a été soumise à des collaborateurs identifiés comme étant des spécialistes dans leur domaine. À cet effet, tous les services centraux concernés de la Ville de Montréal ont reçu la liste des impacts touchant leur champ d'expertise, et il leur a été demandé de sélectionner les personnes les plus aptes à évaluer ces impacts et d'ajouter ceux jugés comme manquants. Les arrondissements et les villes reconstituées ont aussi été invités à participer, ainsi que quelques experts provenant d'organisations externes.

Le Tableau 3.1 à la page suivante présente les organisations et les unités administratives ayant participé à ce processus d'évaluation des impacts des différents aléas climatiques.

Soulignons que, compte tenu du contexte administratif de l'agglomération, cette première démarche d'évaluation des impacts des changements climatiques s'est concentrée autour des services centraux ainsi que des villes reconstituées et des arrondissements, mais non des sociétés paramunicipales. Ces dernières seront néanmoins interpellées lors de la mise en œuvre de certaines mesures d'adaptation.

TABLEAU 3.1
ORGANISATIONS ET UNITÉS ADMINISTRATIVES AYANT PARTICIPÉ À L'ÉVALUATION DES IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Direction générale	<ul style="list-style-type: none"> • Division du développement durable
Service de la concertation des arrondissements	<ul style="list-style-type: none"> • Division des travaux publics
Service de la diversité sociale et des sports	<ul style="list-style-type: none"> • Division du développement social
Service de la gestion et planification immobilière	<ul style="list-style-type: none"> • Division de la stratégie et du développement durable en immobilier
Service de la mise en valeur du territoire	<ul style="list-style-type: none"> • Direction de l'urbanisme • Direction de l'habitation
Service de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> • Direction de l'eau potable • Direction de l'épuration des eaux usées • Direction de la gestion stratégique des réseaux d'eau • Division de la gestion durable de l'eau
Service de police (SPVM)	<ul style="list-style-type: none"> • Direction des opérations - Développement des processus d'innovation et des pratiques opérationnelles
Service de sécurité incendie (SIM)	<ul style="list-style-type: none"> • Centre de sécurité civile • Direction des opérations
Service des affaires juridiques	<ul style="list-style-type: none"> • Direction des affaires civiles
Service des grands parcs, du verdissement et du mont Royal	<ul style="list-style-type: none"> • Division Stratégies, programmes et politiques • Division Bureau de projets Aménagement - Grands Parcs • Division de la production horticulture et collections • Division gestion de l'entretien des opérations des grands parcs
Service des infrastructures, de la voirie et des transports	<ul style="list-style-type: none"> • Division de la conception des travaux • Division de la gestion des actifs • Division du développement des transports • Division expertise et soutien technique
Service de l'environnement	<ul style="list-style-type: none"> • Division de la planification et du suivi environnemental

Des réunions avec ces spécialistes ont été organisées. Lors de ces rencontres, il a été demandé à chacun des intervenants d'attribuer aux impacts correspondant à leur champ d'expertise une valeur reflétant leur niveau d'importance, et ce, pour chacun des aléas climatiques pertinents. L'échelle utilisée pour cet exercice est présentée au Tableau 3.2. Il est à noter que l'importance relative des impacts des différents aléas n'a pas été évaluée. C'est pourquoi l'importance des impacts d'un aléa ne peut être comparée à celle d'un autre aléa.

TABLEAU 3.2
ÉCHELLE UTILISÉE POUR ÉVALUER L'IMPORTANCE DES DIFFÉRENTS IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

0	Impact négligeable
1	Impact négatif mineur
2	Impact négatif moyen
3	Impact négatif majeur

Les répondants ont eu la consigne de ne pas attribuer de valeur lorsque leur expérience et leurs connaissances ne leur permettaient pas d'évaluer un impact. Ce choix méthodologique visait à réduire le biais pouvant découler d'une évaluation basée sur des perceptions.

Parmi ces experts, les spécialistes des impacts socio-économiques ont aussi évalué le niveau de sensibilité de différents groupes de personnes à chacun des impacts socio-économiques. Le Tableau 3.3 présente l'échelle utilisée pour cette étape.

TABLEAU 3.3
ÉCHELLE UTILISÉE POUR ÉVALUER LA SENSIBILITÉ DE DIFFÉRENTS GROUPES DE PERSONNES AUX IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

0	Sensibilité négligeable
1	Sensibilité mineure
2	Sensibilité moyenne
3	Sensibilité majeure

À l'issue de cet exercice, les moyennes ont été calculées pour chacun des impacts et des groupes de personnes sensibles. Les résultats ainsi obtenus ont permis d'identifier les impacts requérant une attention particulière de la part de l'administration municipale. Ces résultats ont également été utilisés pour l'analyse de vulnérabilité.

Les résultats de cet exercice d'évaluation des impacts sont présentés à l'Annexe D.

ANALYSE DES VULNÉRABILITÉS

Les impacts évalués tel que décrit à la section précédente ont servi de base à l'analyse des vulnérabilités pour la période couverte par ce premier plan d'adaptation, soit de 2015 à 2020. Une analyse géographique a été faite lorsque possible, c'est-à-dire lorsque les impacts touchaient des infrastructures spécifiques ou des groupes de personnes pour lesquels des données géographiques étaient disponibles. Dans les autres cas, l'analyse a été faite qualitativement. L'Annexe A présente la méthodologie utilisée pour effectuer l'analyse géographique des vulnérabilités.

CHOIX DES MESURES D'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Tel qu'annoncé en introduction, la présente démarche vise, dans un premier temps, à consolider les mesures d'adaptation déjà mises en œuvre sur le territoire de l'agglomération. En effet, bien que ce plan d'adaptation aux changements climatiques soit le premier à être adopté par l'administration montréalaise, plusieurs plans, politiques, stratégies et règlements déjà en place dans les services centraux, arrondissements et villes reconstituées contribuent à diminuer les impacts des changements climatiques. Ces derniers ont servi de base dans le choix des mesures d'adaptation. La liste des documents utilisés pour cette étape est présentée dans le Tableau 3.4 à la page suivante.

Il est important de remarquer que certains de ces plans arriveront à échéance pendant la période couverte par le présent Plan d'adaptation 2015-2020. Toutefois, la plupart d'entre eux sont élaborés de façon itérative et seront, sous réserve d'approbation par les instances, remplacés par d'autres plans. À titre d'exemple, il est déjà prévu qu'un nouveau Plan de développement durable de la collectivité montréalaise 2016-2020 voit le jour prochainement pour s'inscrire en continuité avec le Plan de développement durable 2010-2015 qui arrive à terme.

Les nouvelles orientations des plans à venir pourront s'ajouter au plan d'adaptation lors de la mise à jour de ce dernier, prévue à mi-parcours de la période 2015-2020.

En second lieu, une revue de la littérature a été menée sur les mesures implantées ailleurs dans le monde, puis une liste de mesures d'adaptation potentielles à mettre en place sur le territoire montréalais a été créée.

Afin de solliciter les engagements des villes reconstituées et des arrondissements en matière d'adaptation aux changements climatiques, plusieurs rencontres destinées à leur présenter le diagnostic de vulnérabilité ont eu lieu. Des documents de diagnostic locaux, personnalisés pour chaque unité administrative, ont été remis à chacun des arrondissements et des villes reconstituées. La liste des mesures potentielles a également été remise à ces derniers à titre de source d'inspiration dans le cadre de leur démarche locale de sélection des mesures d'adaptation.

De manière générale, le choix des mesures d'adaptation aux changements climatiques s'est effectué dans le respect des critères suivants :

- implantation déjà amorcée ou planifiée;
- faisabilité à court terme pour la période 2015-2020;
- potentiel d'adaptation à plus d'un aléa climatique.

Par ailleurs, en ce qui concerne les mesures d'adaptation à mettre en œuvre à l'échelle locale par les villes reconstituées et les arrondissements, un dernier critère s'est ajouté, soit la cohérence entre les mesures et le diagnostic de vulnérabilité locale.

**TABEAU 3.4
PLANS, POLITIQUES, STRATÉGIES ET RÈGLEMENTS DÉJÀ EN PLACE CONTRIBUANT
À L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL**

SERVICE	PLAN OU PROGRAMME
Service des infrastructures, de la voirie et des transports	Guide d'aménagement durable des rues de Montréal (2013) Opération de vérification et de sécurisation préventive des structures routières Programme annuel d'inspection des structures
Direction générale adjointe - Division du Développement durable	Plan de développement durable de la collectivité montréalaise 2010-2015 (2010)
Service de la diversité sociale et des sports	Plan d'intervention aquatique de Montréal (2013-2025) Plan d'intervention des plateaux sportifs extérieurs et du réseau de plein-air Programme de revitalisation urbaine intégrée (RUI)
Service de la mise en valeur du territoire	Plan d'action de lutte à l'insalubrité des logements 2014-2017 Plan d'urbanisme de Montréal (2004) Programme de stabilisation des fondations de bâtiments résidentiels Schéma d'aménagement et de développement de l'agglomération de Montréal (2015)
Service de la gestion et planification immobilière	Politique de développement durable pour les édifices de la Ville de Montréal (2009)
Service de l'eau	Stratégie montréalaise de l'eau 2011-2020
Service de l'Espace pour la vie	Programme Mon jardin Espace pour la vie
Service de sécurité incendie de Montréal - Centre de sécurité civile	Plan de sécurité civile de l'agglomération de Montréal (2010) Plan particulier d'intervention chaleur extrême (PPI) Plan particulier d'intervention crues des eaux (PPI) Plan particulier d'intervention tempête exceptionnelle (PPI) - volet neige Politique de sécurité civile de l'agglomération de Montréal (2006)
Service des grands parcs, du verdissement et du mont Royal	Plan d'action de l'agrile du frêne Plan d'action canopée 2012-2021 Programme de contrôle des plantes envahissantes Programme de gestion écologique dans les parcs Rapport sur la biodiversité 2013 Stratégie métropolitaine de lutte contre l'agrile du frêne 2014-2024 Politique de l'arbre de Montréal (2005) Politique de protection et de mise en valeur des milieux naturels (2004)
Service de l'environnement	Réseau de surveillance de la qualité de l'air et de suivi du milieu aquatique Plan de réduction des émissions de GES corporatives 2013-2020



AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES MOYENNES

La région métropolitaine de Montréal possède de nombreuses stations météo qui permettent d'évaluer l'évolution des températures sur une échelle historique. La Figure 4.1 présente l'évolution des températures pour sept stations, choisies pour la longue durée de leurs enregistrements. On observe une nette tendance à la hausse des températures (d'environ 1 °C) entre les décennies 1970-1980 et 2000-2010, laquelle tendance concorde avec les données d'Ouranos pour le Québec. Par ailleurs, les températures à Montréal reflètent également la variabilité naturelle du climat. On peut citer par exemple la chute momentanée des températures de 1992 à 1994, suite à l'éruption du volcan Piñatubo en 1991, ou encore, le pic de température en 1998, suite au très fort El Niño de 1997-1998.

Ce chapitre traite, dans un premier temps, des effets saisonniers engendrés par cette augmentation des températures moyennes sur l'agglomération de Montréal, ainsi que des projections climatiques d'ici à 2100. Les impacts que cette augmentation génère sur l'agglomération sont abordés dans un second temps. Les événements dits « extrêmes » comme les canicules ou les événements de pluies abondantes ne sont pas abordés dans ce chapitre; ils font l'objet de chapitres qui leur sont entièrement consacrés.

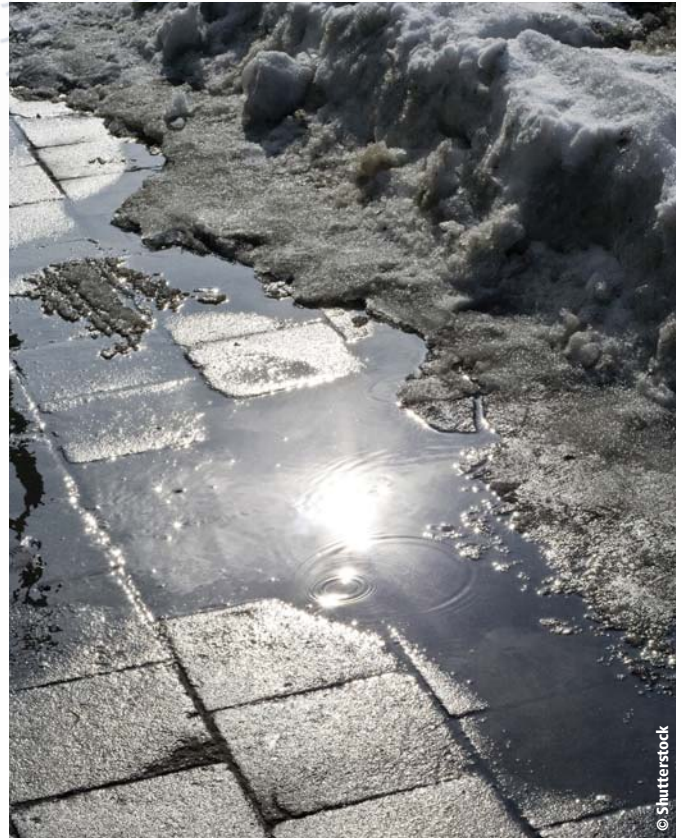
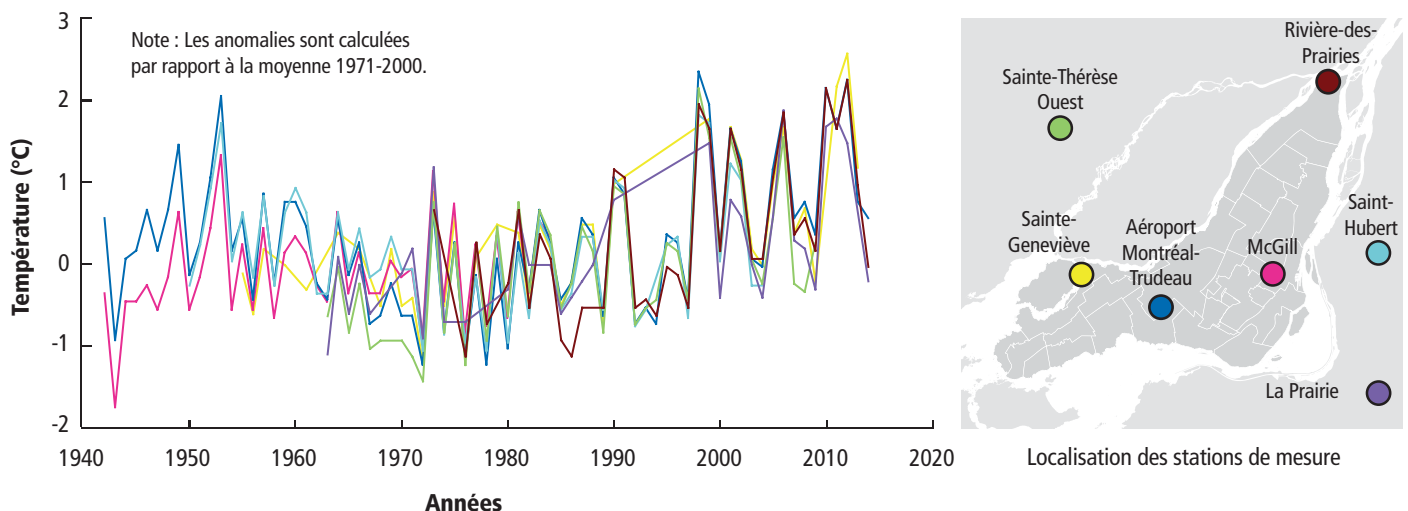


FIGURE 4.1
ÉVOLUTION DES ANOMALIES DE TEMPÉRATURES MOYENNES ANNUELLES SUR L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL

Source : Données issues d'Environnement Canada (www.climat.meteo.gc.ca).



ÉVOLUTION CLIMATIQUE

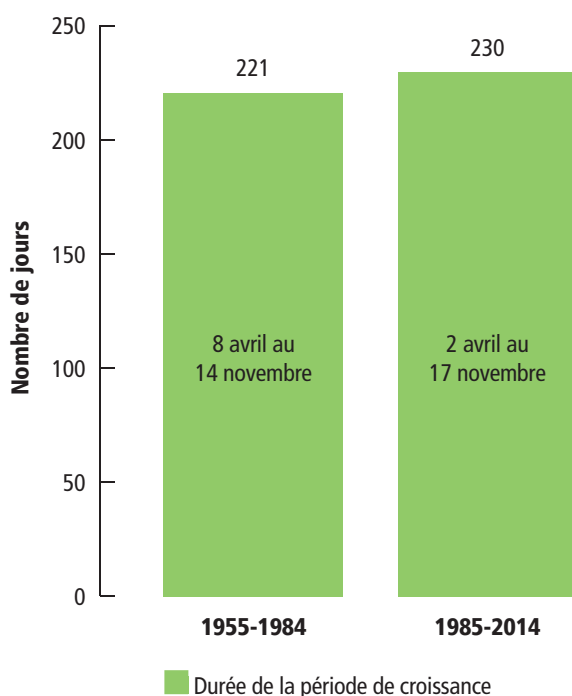
PÉRIODE HISTORIQUE

L'augmentation des températures moyennes a une incidence sur la durée des saisons. En effet, la hausse des températures se répercute sur toutes les saisons, ce qui induit notamment une extension de la saison estivale et une réduction de la saison hivernale.

L'**extension de la saison estivale** se traduit, entre autres, par une extension de la période de croissance des végétaux. À Montréal, on a observé une augmentation de 9 jours de la durée de croissance entre les périodes 1955-1984 et 1985-2014 (voir Figure 4.2). Cette extension de la période de croissance s'explique principalement par un début de croissance plus hâtif au printemps. Le début de la saison de croissance est ainsi passé du 8 avril (moyenne entre 1955 et 1984) au 2 avril (moyenne entre 1985 et 2014). Dans ce graphique, la période de croissance correspond au nombre de jours où la température moyenne est supérieure à 5 °C pendant cinq jours consécutifs (méthode Audet et al., 2012).¹³

FIGURE 4.2
EXTENSION DE LA SAISON ESTIVALE

Source : Données issues de la station météorologique de l'aéroport international Montréal-Trudeau.

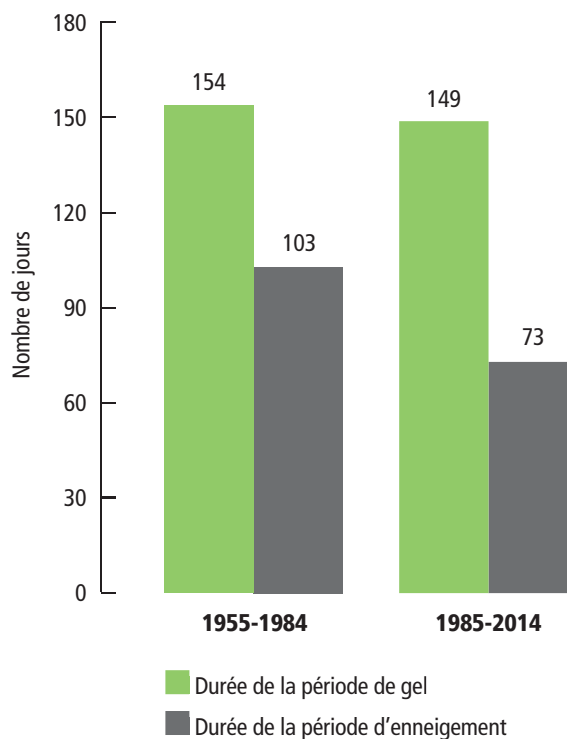


La **réduction de la saison hivernale** se traduit, quant à elle, par une diminution de la période de gel et de la période d'enneigement. À Montréal, on a ainsi observé une réduction de la période de gel de cinq jours entre les périodes 1955-1984 et 1985-2014 (voir Figure 4.3). Pour la période d'enneigement, la réduction est encore plus marquée : on passe de 103 jours en moyenne de 1955 à 1984 à 73 jours en moyenne de 1985 à 2014, soit une réduction de 29 %. Dans ce graphique, la période d'enneigement correspond au nombre annuel de jours avec une épaisseur de neige au sol supérieure ou égale à 10 cm, alors que la période de gel correspond au nombre de jours entre le premier jour et le dernier jour de gel lors de la saison hivernale.

Une autre conséquence de l'augmentation des températures à Montréal est l'**augmentation des épisodes de gel-dégel**. En effet, on a constaté une augmentation de 29 % des épisodes de gel-dégel au fil des hivers entre 1942

FIGURE 4.3
RÉDUCTION DE LA SAISON HIVERNALE

Source : Données issues de la station météorologique de l'aéroport international Montréal-Trudeau.



et 2015 (voir Figure 4.4). Dans ce graphique, le critère retenu comptabilise le nombre de jours pour lesquels la température minimale est inférieure à 0 °C et la température maximale est supérieure à 0 °C, ce qui implique un passage par 0 °C au cours de la même journée, et donc un épisode de gel ou de dégel. Les cycles de gel-dégel ont des impacts très marqués sur les infrastructures, notamment sur la voirie. Ces impacts sont détaillés dans la suite de ce chapitre.

PROJECTIONS CLIMATIQUES

Comme précisé dans le chapitre Mise en contexte, il n'existe pas de projections climatiques spécifiques à l'agglomération de Montréal. Les modèles climatiques n'ont pas encore atteint ce degré de précision. Les éléments qui suivent s'appuient donc sur les projections d'Ouranos, réalisées pour la région du sud du Québec, ce qui inclut Montréal.

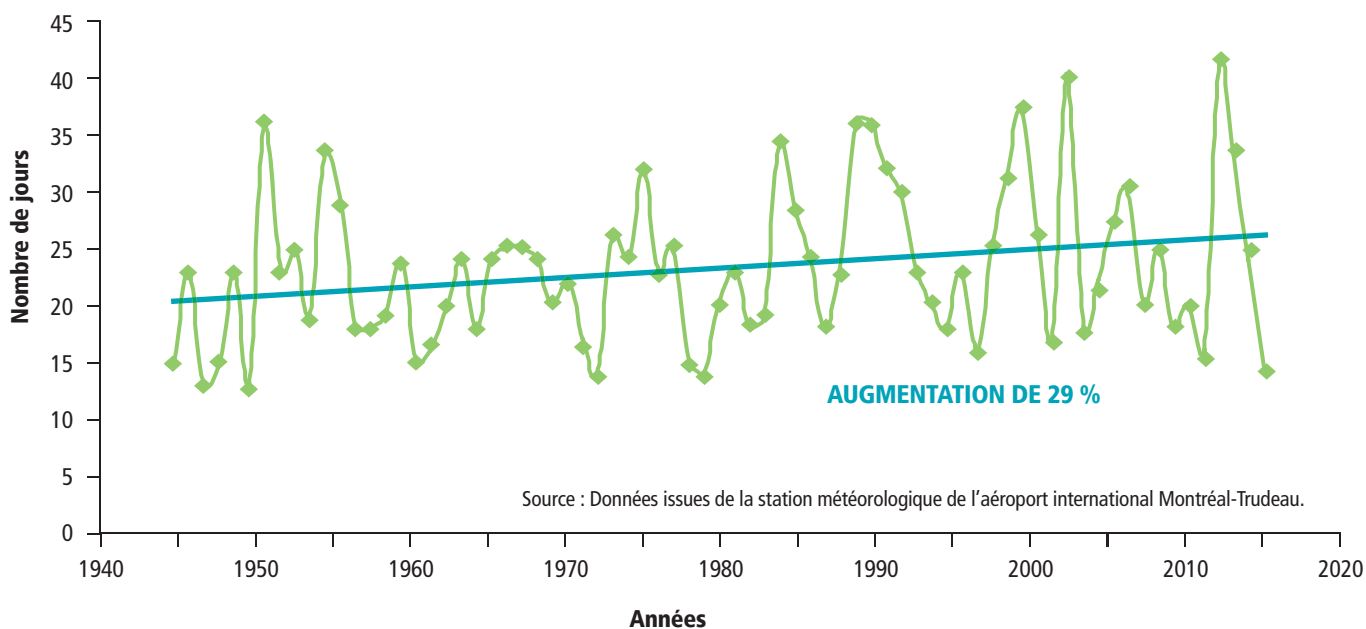
Pour un scénario de fortes émissions de GES, les projections climatiques indiquent une augmentation des températures annuelles d'environ 2 à 4 °C pour la période 2041-2070 et de 4 à 7 °C pour la période 2071-2100 (voir Figure 2.4

à la page 22). En réponse à ces importants changements de températures, les tendances observées dans la période historique récente devraient s'accroître.

La longueur de la saison de croissance des végétaux, qui a déjà augmenté ces dernières décennies, devrait s'allonger encore davantage : de 10 à 30 jours d'ici 2050 selon le scénario d'émission choisi. Les impacts environnementaux d'une telle augmentation sont discutés en détail dans la suite de ce chapitre. La longueur de la période de gel devrait continuer à diminuer, en perdant encore de 2 à 4 semaines par rapport à aujourd'hui. On estime que, pour l'horizon 2041-2070, la période d'enneigement devrait raccourcir de 65 à 45 jours comparativement à la période historique de 1970-1999. Les projections les plus extrêmes laissent même entrevoir la possibilité pour l'extrême sud du Québec, incluant Montréal, d'avoir un couvert de neige, dont la présence serait inférieure à 20 jours. Les projections climatiques indiquent enfin que le nombre d'épisodes de gel-dégel devrait augmenter en hiver, mais diminuer à l'automne et au printemps d'ici 2050.

Maintenant que le contexte climatique de l'augmentation des températures moyennes est posé, regardons les impacts de cette augmentation sur l'agglomération de Montréal.

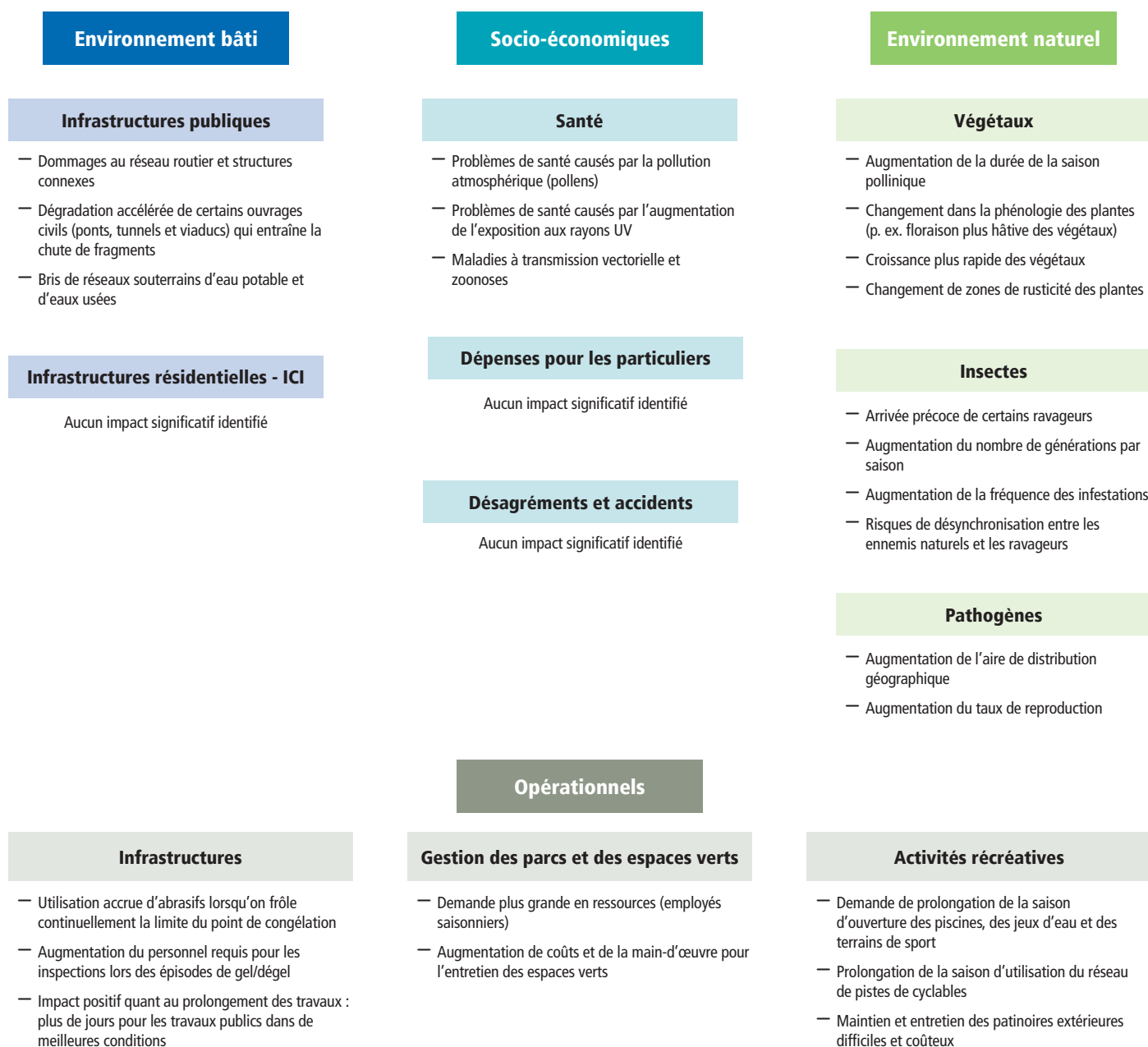
FIGURE 4.4
AUGMENTATION DES ÉPISODES DE GEL-DÉGEL EN HIVER



IMPACTS

Les impacts causés par l'augmentation des températures moyennes sur l'agglomération de Montréal sont schématisés dans la Figure 4.5. Les impacts ont été divisés en quatre catégories : impacts sur le bâti, environnementaux, socio-économiques et sur les opérations. Les impacts de chaque catégorie sont expliqués ci-après.

FIGURE 4.5
EXEMPLES D'IMPACTS POTENTIELS DE L'AUGMENTATION DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE SUR L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL



IMPACTS SUR LE BÂTI

Sur le territoire de l'agglomération montréalaise, les impacts de la hausse des températures moyennes sur l'environnement bâti sont surtout observés durant l'hiver. En effet, l'adoucissement des hivers, accompagné d'une augmentation des cycles gel-dégel, entraîne les impacts suivants :

- l'endommagement des artères et routes urbaines locales du réseau routier montréalais, notamment causé par la dégradation accélérée de la chaussée et l'apparition accrue de nids-de-poule. Ces impacts sont amplifiés par l'utilisation de sels de voirie;
- la dégradation accélérée de certains ouvrages de génie civil (ponts, tunnels et viaducs) qui entraîne la chute de fragments.

Les infrastructures de l'agglomération de Montréal, notamment celles du réseau routier, subissent deux principaux types de détérioration par l'action des cycles de gel-dégel, soit la fissuration et l'écaillage des surfaces (phénomène propre aux régions nordiques).

Lors des périodes de dégel se produisant durant l'hiver, la neige et la glace fondent en provoquant des infiltrations d'eau et de sels dans le béton et les couches d'enrobés bitumineux, jusque dans les fondations. Dans les chaussées, le processus commence par l'apparition de défauts à la surface ou de fissures. Celles-ci sont attribuables, entre autres, à une ségrégation dans l'enrobé, à une faiblesse localisée dans les fondations ou encore à une épaisseur insuffisante d'enrobé. Lorsque la température s'abaisse au-dessous de 0 °C (période de gel), l'eau se transforme en glace. Puisque le volume de l'eau augmente de 9 % lors du passage de l'état liquide à solide, un décollement et un arrachement du revêtement affaibli se produisent. On parle alors de fissuration.

L'écaillage des surfaces est le type de destruction par le gel le plus fréquemment observé sur les structures fortement exposées aux cycles de gel-dégel (dalles de ponts, trottoirs, etc.). Il se manifeste par le décollement progressif de petites particules de pâte qui ont souvent la forme de petites écailles. L'écaillage de surface se produit principalement lorsque le béton est en contact avec des sels de voirie. L'augmentation possible de la fréquence des épisodes de gel-dégel pour Montréal combinée à l'utilisation accrue des sels de voirie qui en découlera permet d'anticiper l'amplification du phénomène d'écaillage des surfaces.



Nid-de-poule sur le boulevard Saint-Laurent, près de la rue Sherbrooke (25.02.2013)
Crédit : © Dario Ayala, Montreal Gazette

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Les impacts environnementaux d'une augmentation des températures moyennes (estivales et hivernales) sont très nombreux et complexes à déterminer. La section suivante brosse un portrait non exhaustif de certains impacts touchant différentes composantes du milieu naturel. Elle se concentre sur les impacts sur les insectes, les végétaux et les pathogènes.

INSECTES

Les insectes sont des organismes poïkilothermes, c'est-à-dire que la régulation de leur métabolisme dépend directement des conditions climatiques extérieures telles que la température.¹⁰ Ils sont donc extrêmement influencés par la température et même une faible augmentation de celle-ci peut avoir des conséquences sur leur développement.²⁶ L'étude des impacts des changements climatiques sur les insectes a été grandement documentée dans la littérature scientifique. On retrouve, ci-dessous, les principaux impacts d'une augmentation de la température moyenne.

Augmentation de la vitesse de développement (taux de croissance)

L'augmentation des températures engendre généralement une augmentation du taux de croissance des insectes ravageurs.^{63, 65, 124}

Exemple d'impacts à Montréal :

- atteinte plus rapide des seuils de nuisibilité des populations d'insectes occasionnant des désagréments.

Augmentation du nombre de générations par saison

Lorsque la température moyenne augmente, une hausse du voltinisme (nombre de générations par année) peut être observée chez les insectes.^{15, 143}

Exemples d'impacts pour Montréal :

- dommages plus importants aux arbres, plantes et cultures;
- augmentation du nombre de plaintes des citoyens concernés par les insectes (nuisibles ou non);
- allongement de la saison de dépistage des insectes ravageurs.



Scarabées japonais (*Popillia japonica*) se nourrissant du feuillage d'une plante

POURQUOI L'ÉTUDE DES INSECTES EST ESSENTIELLE EN MILIEU URBAIN ?

- Ce sont des ravageurs importants. Plusieurs d'entre eux menacent la survie des arbres. Pensons, par exemple, à l'agrile du frêne, un insecte perceur qui menace actuellement une grande partie de la canopée urbaine montréalaise.
- Les insectes sont la cause de nombreux désagréments en milieu urbain et la source de nombreuses plaintes de la part des citoyens. À Montréal, par exemple, les insectes représentent plus du deux tiers des problèmes rapportés par les villes et les arrondissements avec les arbres, et la moitié des problèmes associés aux espaces verts.
- Certains insectes sont des vecteurs de maladies, telles que la fièvre du Nil causée par le virus du Nil occidental (transmis par les moustiques) et la maladie de Lyme (transmise par les tiques). Le risque de contracter certaines de ces maladies est particulièrement élevé en milieu urbain. C'est le cas notamment pour la fièvre du Nil.
- Ils rendent des services écologiques, notamment en pollinisant les végétaux. Une étude récente a recensé 164 espèces différentes d'abeilles sauvages à Montréal.¹¹⁴
- Les insectes bénéfiques (aussi appelés auxiliaires) contrôlent naturellement certaines espèces nuisibles de plantes indésirables et d'insectes nuisibles, réduisant ainsi le besoin de recourir à des pesticides.
- Finalement, les insectes sont les organismes vivants qui contribuent le plus à la biodiversité. En effet, ils représentent plus de 80 % des espèces vivantes dans le monde.

Meilleure survie hivernale ou survie hivernale possible

Dans les régions tempérées, les insectes doivent faire face à des températures hivernales froides. La survie hivernale serait le facteur dominant affectant la phénologie, c'est-à-dire la chronologie des stades de la vie végétale et animale en relation avec le temps et le climat, de plusieurs espèces d'insectes ravageurs. En effet, il a été démontré qu'une augmentation de 1 °C de la température moyenne pouvait être suffisante pour modifier le moment de migration de certaines espèces d'insectes nuisibles.

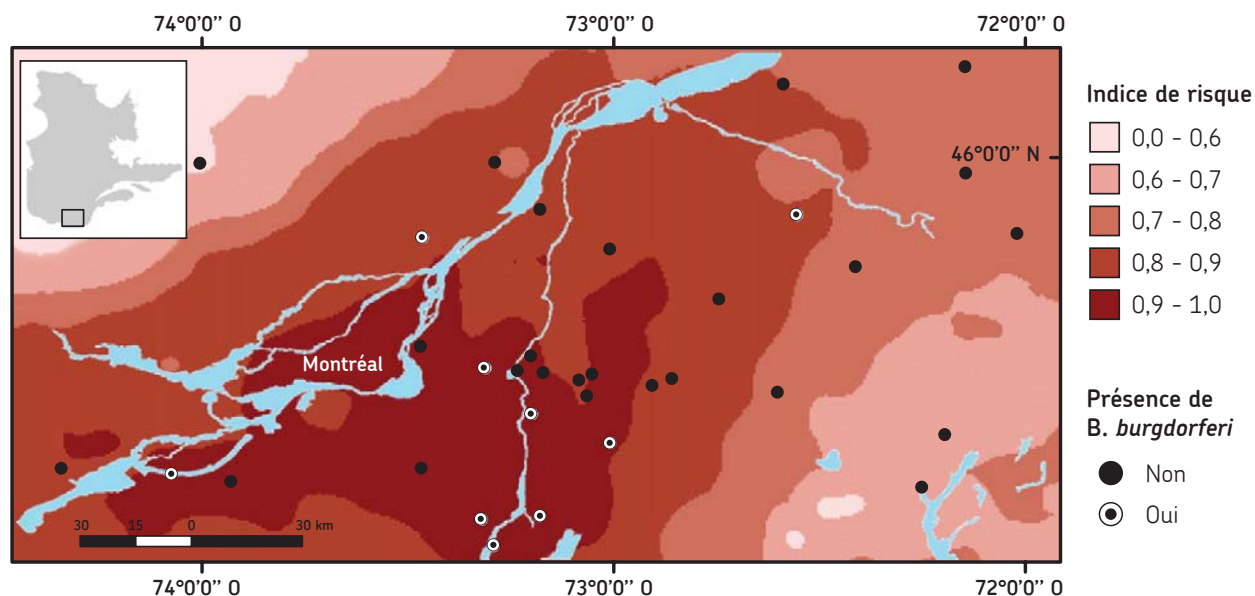
Extension de l'aire géographique de distribution

Actuellement, les conditions hivernales rigoureuses qui prévalent sur le territoire de l'agglomération de Montréal empêchent l'établissement et la survie de certaines espèces d'insectes nuisibles. Or, l'augmentation des températures hivernales pourrait permettre l'établissement d'espèces d'insectes venant du sud.¹⁷²

ESPÈCES VECTRICES DE MALADIES

Des espèces vectrices de maladies sont plus susceptibles de survivre aux hivers montréalais. C'est le cas, par exemple, de la tique à pattes noires (*Ixodes scapularis*), un insecte porteur de la bactérie *Borrelia burgdorferi* responsable de la maladie de Lyme.¹¹⁷ Sa survie a été observée dans le sud du Québec et des récents modèles estiment que le risque que des tiques infectées se retrouvent à Montréal est élevé, notamment pour le sud de l'île.¹⁰⁴

FIGURE 4.6
PRÉSENCE DE *B. burgdorferi*



Le risque a été modélisé en fonction de variables climatiques et de l'habitat qui prédisent la présence de la souris à pattes blanches et de la tique à pattes noires. Les sites d'études sont indiqués sur la carte en noir lorsque *B. burgdorferi* n'y a pas été détecté et en noir et blanc lorsque *B. burgdorferi* y a été détecté.

Source : SIMON, J.A., R.R. MARROTTE, N. DESROSIERS, J. Fiset, J. GAITAN, A. GONZALEZ, J.K. KOFFI, F.-J. LAPOINTE, P.A. LEIGHTON, L.R. LINDSAY, T. LOGAN, F. MILORD, N.H. OGDEN, A. ROGIC, E. ROY-DUFRESNE, D. SUTER, N. TESSIER et V. MILLIEN (2014). « Climate change and habitat fragmentation drive the occurrence of *B. burgdorferi*, the agent of Lyme disease, at the northern limit of its distribution », *Evolutionary Applications*, n° 7, p. 750-764.

Augmentation de la fréquence des infestations

En agissant à la fois sur le taux de survie, de reproduction et la vitesse de développement des insectes, l'augmentation des températures est susceptible d'augmenter la fréquence des infestations de ravageurs.

Augmentation de la sévérité des dommages causés aux végétaux par les insectes ravageurs

De nombreuses études ont démontré que les changements climatiques pourraient augmenter les dommages causés aux plantes par les insectes. C'est le cas notamment pour les espèces d'insectes herbivores.¹⁵ Les insectes défoliateurs (insectes s'attaquant aux feuilles), tels que la spongieuse asiatique (*Lymantria dispar*), pourraient donc être favorisés par une augmentation de température.⁹⁸ Les épidémies d'insectes herbivores s'attaquant aux arbres en milieu urbain sont déjà observées au Canada.

INFESTATION DE SPONGIEUSE ASIATIQUE DANS LA RÉGION DE TORONTO EN 2013

En mai 2013, la région de Toronto a été aux prises avec une grave infestation de spongieuse asiatique. Les populations de spongieuses ont alors atteint des niveaux tels que les méthodes de contrôle traditionnelles (retrait des masses d'œufs, bandes collantes et application de pesticides au sol) étaient inefficaces. Les autorités torontoises ont alors dû faire appel à des moyens plus importants et procéder à des applications aériennes de biopesticides (Btk) sur les zones résidentielles. Ce genre de situation devient plus susceptible de se produire en territoire montréalais avec une augmentation des températures moyennes.



Arrivée précoce de certains ravageurs

Une augmentation des températures printanières pourrait mener à une arrivée précoce de certains insectes sur l'île de Montréal. Par exemple, les tiques vectrices de la bactérie causant la maladie de Lyme arrivent maintenant de deux à trois semaines plus tôt qu'il y a 20 ans dans certaines régions des États-Unis.⁹⁷ En Europe, l'arrivée de plus en plus hâtive des pucerons a été largement documentée.⁷⁶

Exemples d'impacts pour Montréal :

- arrivée précoce de ravageurs ou d'insectes causant des désagréments aux citoyens et/ou des dommages aux plantes ou étant vecteurs de maladies;
- seuil d'intervention* diminué;
- dépistage précoce (à commencer plus tôt dans la saison);
- surveillance d'insectes vecteurs de maladies et campagne de sensibilisation des citoyens à faire plus tôt dans la saison.

Risque de perte de synchronisme entre les insectes ravageurs et leurs ennemis naturels

Des chercheurs se sont récemment penchés sur les impacts, à moyen et long terme, du réchauffement climatique sur le niveau de synchronisme entre le cycle biologique des ravageurs et celui de leurs ennemis naturels. Dans certains cas, les ennemis naturels pourraient demeurer synchronisés avec les ravageurs, maintenant ainsi un certain contrôle des populations de ravageurs malgré une augmentation des températures moyennes. Dans d'autres cas, l'augmentation des températures pourrait affecter différemment les ennemis naturels et les ravageurs, résultant ainsi en un meilleur contrôle ou à une perte de contrôle des ravageurs par les ennemis naturels.²⁵

* Gravité des dégâts à partir de laquelle des considérations agronomiques et économiques rendent nécessaire la mise en œuvre d'une intervention (Grand dictionnaire terminologique de l'Office québécois de la langue française)

Risque de perte de synchronisation entre plantes et insectes

L'augmentation des températures moyennes risque d'affecter différemment la phénologie des insectes et des végétaux et, par conséquent, elle risque d'affecter la synchronisation entre ces derniers. Une telle perte de synchronisation pourrait être bénéfique si l'insecte en question est un ravageur. Par contre, l'impact pourrait être négatif dans le cas d'insectes bénéfiques tels que les pollinisateurs.²⁸



Aphidius avenae © INRA, Bernard Chaubet

Guêpe parasitoïde (ennemi naturel) s'attaquant à un puceron (ravageur)
Crédit : © Bernard Chaubet, Institut national de la recherche agronomique



Insecte pollinisateur

VÉGÉTAUX

Les végétaux sont très sensibles à l'augmentation des températures moyennes. Une augmentation de quelques degrés peut être suffisante pour engendrer des changements drastiques dans la biologie des végétaux. Ces changements sont eux-mêmes susceptibles d'avoir des conséquences importantes, même pour les végétaux en milieu urbain.¹¹⁸

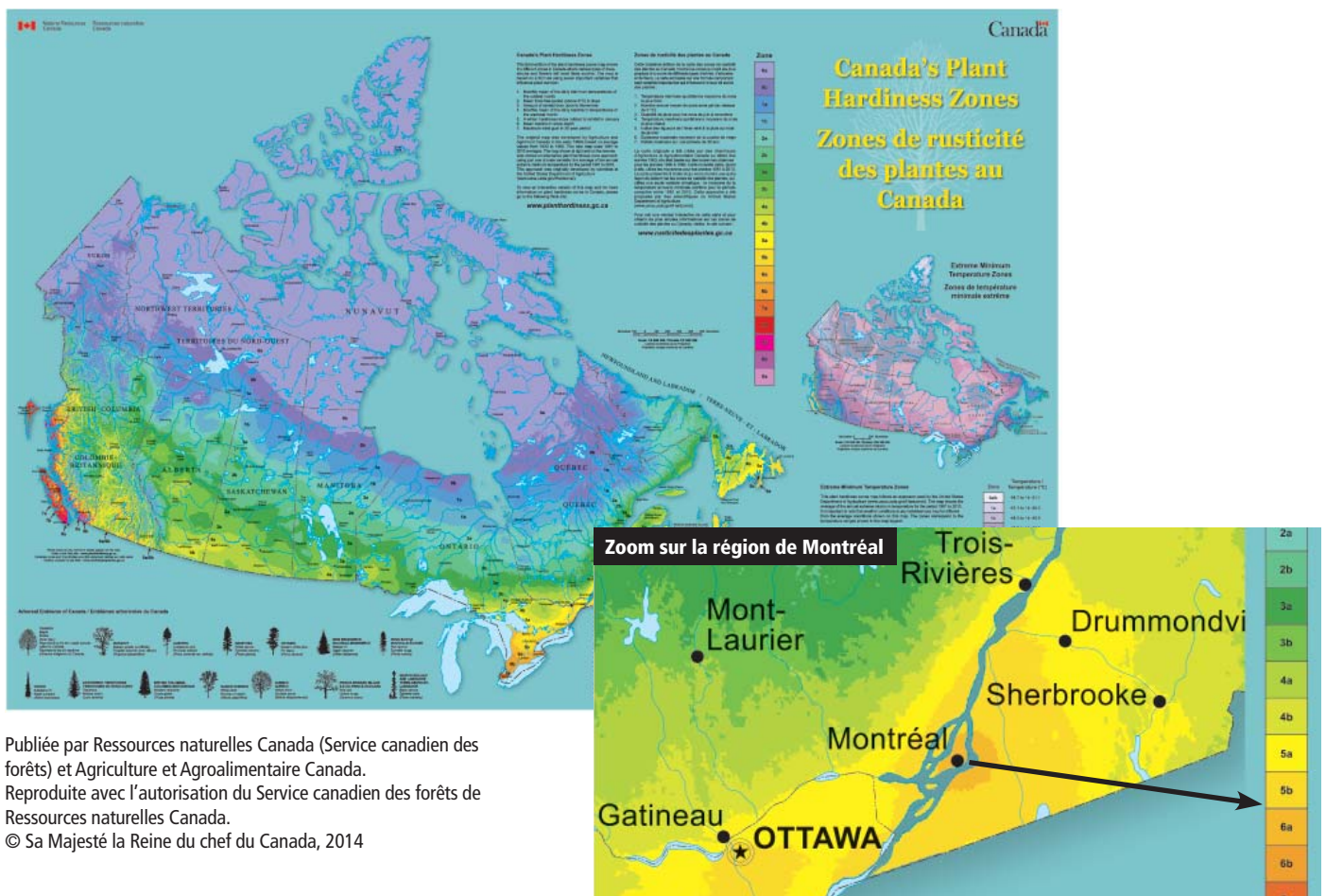
Changement de zones de rusticité des plantes

Les scientifiques et les jardiniers connaissent depuis longtemps le lien entre les plantes et le climat. Une façon de visualiser ce lien est de cartographier des zones de rusticité. Afin de produire de telles cartes, les scientifiques ont utilisé, pour chaque région,

plusieurs données telles que la survie de différentes espèces végétales, les températures hivernales minimales, la durée de la période sans gel, les précipitations estivales, les températures maximales, l'enneigement, les pluies de janvier et les vitesses maximales des vents.

Récemment, le Service canadien des forêts a mis à jour les cartes de zones de rusticité des régions canadiennes. Suite à cet exercice, il apparaît que plusieurs régions canadiennes ont changé de zones de rusticité. Bien que ce soit l'Ouest canadien qui a subi les plus grands changements de zones de rusticité, les régions de l'est ont aussi été touchées. Montréal, par exemple, est passée d'une **zone 5B à 6**. Lorsqu'une région change de zone de rusticité, cela implique que les espèces végétales qui peuvent y croître sont différentes.

FIGURE 4.7
CARTE DES ZONES DE RUSTICITÉ DES PLANTES AU CANADA (MISE À JOUR 2015)



Publiée par Ressources naturelles Canada (Service canadien des forêts) et Agriculture et Agroalimentaire Canada.
Reproduite avec l'autorisation du Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada.
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2014

Changement dans l'aire de distribution des espèces

L'augmentation des températures permettra l'apparition d'espèces qui sont à leur limite actuelle de distribution. Ceci pourrait favoriser certaines espèces végétales indésirables.^{18, 176}

Changement de la phénologie des espèces

La phénologie des espèces est l'étude de l'apparition d'événements périodiques (annuels le plus souvent) dans le monde vivant, déterminée par les variations saisonnières du climat. Il est clair que l'augmentation de la température moyenne affecte déjà la phénologie des espèces végétales. Ainsi, à Montréal, des événements tels que la montée de la sève, l'éclosion des bourgeons ou la floraison arrivent plus tôt en saison. La durée de feuillaison des arbres est également plus longue. Il a été récemment démontré que plusieurs espèces végétales fleurissent jusqu'à un mois plus tôt qu'auparavant dans certains états américains.⁵²

Allongement de la durée de la saison pollinique

L'augmentation des températures moyennes estivales permet un allongement de la saison de production de pollen. Ceci est particulièrement préoccupant dans le cas d'espèces végétales allergènes. Par exemple, à Montréal, la période d'émission de pollen de l'herbe à poux (*Ambrosia artemisiifolia* L.) s'est allongée de trois semaines entre 1994 et 2002.^{24, 66}

Risque de dommage suite à un redoux hivernal suivi d'un gel printanier

L'augmentation des températures moyennes au printemps et de la fréquence des cycles gel-dégel a des répercussions directes sur les risques de blessures dues au froid chez les végétaux.¹⁷⁴ Par exemple, les bourgeons pourraient s'ouvrir trop tôt, en raison de températures printanières anormalement élevées, et être endommagés par la suite par un épisode de gel printanier.



Herbe à poux (*Ambrosia artemisiifolia* L.) avec épis

Perte d'endurcissement hivernal

Chaque automne, les plantes se préparent à l'hiver par différents mécanismes. Ce phénomène est appelé endurcissement. L'augmentation des températures peut mener à une perte d'endurcissement et ainsi rendre les végétaux plus vulnérables aux blessures dues au froid hivernal.⁹⁰

Croissance plus rapide des végétaux

La croissance des végétaux devrait être favorisée par une augmentation des températures moyennes estivales. Ceci pourrait être avantageux pour ceux qui pratiquent l'agriculture urbaine en favorisant les rendements des cultures. D'un autre côté, cette croissance plus rapide pourrait impliquer des besoins d'entretien accrus des végétaux et des espaces verts urbains.

PATHOGÈNES

Les champignons, les bactéries, les virus et les nématodes (petits vers microscopiques) sont des agents pathogènes pouvant causer des infections chez les plantes. La majorité des études sur les impacts des changements climatiques portent surtout sur les champignons.³³ La température et l'humidité sont les facteurs principaux qui influencent l'incidence des champignons pathogènes des végétaux. La température peut modifier la croissance, le taux de reproduction, la survie, l'aire de distribution des pathogènes et la sensibilité des plantes hôtes à ceux-ci.^{67, 64}

Survie du pathogène

L'augmentation des températures hivernales pourrait permettre la survie d'un plus grand nombre d'agents pathogènes.⁶³ Par exemple, on sait que les hivers plus doux favorisent certains pathogènes tels que certaines espèces d'oïdium, de rouilles et de cercosporioses.¹²⁴ Toutefois, d'autres facteurs influencent la survie des pathogènes et il est difficile de dresser un portrait global des conséquences d'une augmentation de la température sur ces derniers.



Tache goudronneuse sur une feuille d'érable
Crédit : © Équipe de lutte intégrée, Ville de Montréal

Augmentation de l'aire de distribution géographique

L'augmentation de la température pourrait permettre l'expansion de l'aire de distribution d'agents pathogènes des végétaux. Ainsi, des espèces de pathogènes qui ne survivent pas dans les conditions actuelles plus fraîches pourraient s'attaquer aux plantes de notre région.³²

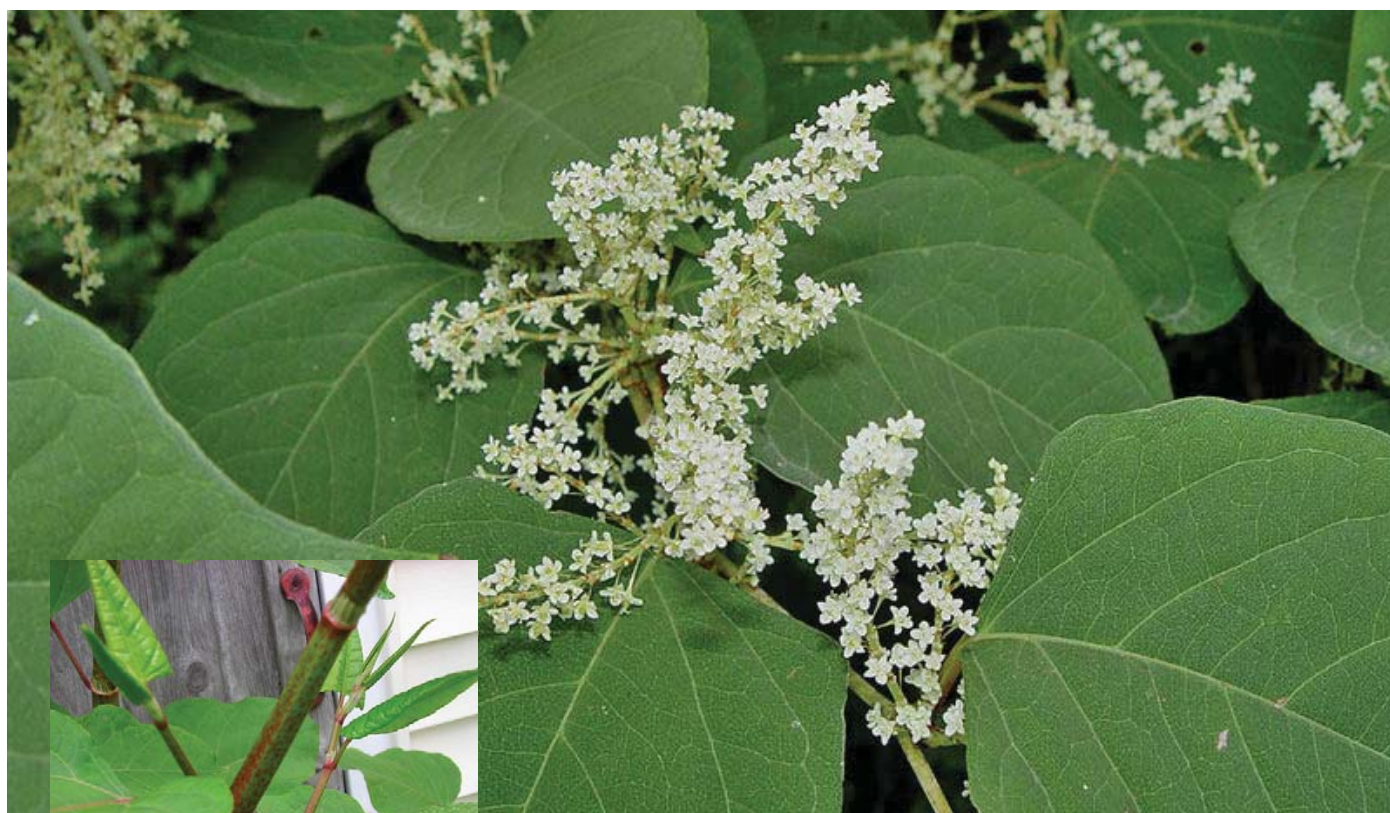
Augmentation du taux de reproduction

La reproduction de plusieurs pathogènes de végétaux pourrait être favorisée par une augmentation des températures. Par exemple, la germination des spores de plusieurs espèces de rouilles augmente avec une élévation des températures. D'autres pathogènes, dont certains s'attaquant aux racines, pourraient se reproduire plus rapidement à des températures élevées. L'allongement de la saison estivale permettrait aux pathogènes de se reproduire plus longtemps et en plus grande quantité, laissant ainsi de plus grands inoculum* disponibles pour infection l'année suivante.⁶⁷

* Un pathogène, ou une partie de celui-ci, qui peut causer une infection à son hôte lorsque les conditions deviennent favorables.

BIODIVERSITÉ

Comme nous l'avons vu précédemment, plusieurs espèces envahissantes pourraient être favorisées par une augmentation des températures moyennes via différents mécanismes. Les espèces envahissantes menacent la biodiversité. Il importe donc de bien connaître et de localiser les espèces envahissantes déjà présentes sur le territoire montréalais et de déterminer celles qui sont à nos portes et qui pourraient éventuellement s'installer ici en raison du climat plus doux des années à venir.¹⁸



La renouée du Japon (*Fallopia japonica*) est une espèce exotique envahissante présente à Montréal.
Photos : Wikipedia

IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

Les impacts socio-économiques liés à l'augmentation de la température moyenne sont et seront principalement observés durant la saison estivale sur le territoire de l'agglomération de Montréal. Ces impacts affectent surtout la santé des populations (voir Tableau 4.1).

En conséquence d'un été plus long favorisant les activités extérieures sur une plus longue période, la population sera davantage exposée aux rayons ultraviolets, ce qui peut augmenter la prévalence des problèmes de santé causés par l'exposition à ces rayons, tels que les maladies des yeux et de la peau, incluant le cancer.

Par ailleurs, l'allongement de la saison pollinique engendré par la hausse de la température moyenne entraîne des problèmes grandissants de santé chez les personnes sensibles à ces allergènes. À Montréal, la saison pollinique de la fin de l'été (août et septembre) est celle pour laquelle on observe le plus d'impacts sur la santé, notamment en raison de l'herbe à poux. En effet, le pollen de l'herbe à poux est responsable d'allergies chez une fraction importante de la population de la région de Montréal. Notamment, 16,1 % des enfants montréalais âgés de 6 mois à 12 ans souffrent d'allergies associées au pollen de l'herbe à poux.²

TABLEAU 4.1
NOMBRE DE CAS RAPPORTÉS AU QUÉBEC DE LA MALADIE DE LYME ET DE LA FIÈVRE DU NIL CAUSÉE PAR LE VIRUS DU NIL OCCIDENTAL (VNO) DEPUIS 2002

Période	Nombre de cas rapportés	
	Maladie de Lyme*	Fièvre du Nil**
2002–2003	Info non disponible	Une vingtaine par année
2004–2010	< 15 par année	< 5 par année
2011	32	42
2012	43	132
2013	141	32

* MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX. *Maladie de Lyme - Évolution de la maladie au Québec*, [en ligne]. [www.msss.gouv.qc.ca/professionnels/maladie-lyme.php#evolution-de-la-maladie-au-quebec] (Page consultée le 25 mai 2015).

** MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX. *Virus du Nil occidental (VNO) - Surveillance de cas humains de VNO au Québec*, [en ligne]. [www.msss.gouv.qc.ca/sujets/santepub/environnement/index.php?virus_du_nil#quebec] (Page consultée le 25 mai 2015).

Enfin, on appréhende une augmentation de la prévalence des maladies à transmission vectorielle et des zoonoses causées, entre autres, par le déplacement vers le nord de populations d'animaux vecteurs de pathogènes. Certaines maladies vectorielles telles la maladie de Lyme et la fièvre du Nil causée par le virus du Nil occidental (VNO) sont en hausse au Québec depuis les dernières années.

QU'EST-CE QU'UNE ZOOSE?

On parle de maladie zoonotique ou de zoonose lorsque celle-ci est transmise directement d'un animal vertébré à l'être humain, comme c'est le cas du syndrome pulmonaire à hantavirus et de la rage (souris à pattes blanches, rats laveurs, etc.).



QU'EST-CE QU'UNE MALADIE VECTORIELLE?

Une maladie est appelée à transmission vectorielle lorsque des bactéries, des virus ou des parasites sont transmis d'un animal ou d'un humain à un autre par un intermédiaire, généralement un moustique ou une tique. Le virus du Nil occidental en est un exemple.



IMPACTS SUR LES OPÉRATIONS

Plusieurs impacts opérationnels ont été identifiés à Montréal en lien avec l'augmentation de la température moyenne hivernale et de la fréquence des épisodes de gel-dégel ainsi que la prolongation de la saison estivale et l'augmentation de la température estivale moyenne. Tel qu'illustré dans le Tableau 4.2, dans certains cas, ces impacts découlent de ceux identifiés précédemment relativement à l'environnement bâti et l'environnement naturel.

De manière générale, les impacts sur les opérations entraînent une augmentation des coûts opérationnels : besoin en ressources humaines (main-d'œuvre) plus élevé et consommation accrue de ressources (p.ex. d'abrasifs lors d'opérations d'épandage), incluant la facture énergétique.

Soulignons que des impacts positifs sont également à prévoir en lien avec la prolongation de la saison estivale. À titre d'exemple, le nombre de jours offrant de bonnes conditions pour réaliser des travaux sera augmenté et la saison d'utilisation du réseau de pistes cyclables sera prolongée. C'est d'ailleurs en raison des changements climatiques déjà observés que les dates d'ouverture et de fermeture des pistes cyclables de Montréal ont été modifiées. Celles-ci sont passées du 15 au 1^{er} avril et du 1^{er} au 15 novembre, respectivement.

TABLEAU 4.2
Principaux impacts sur les opérations des villes identifiés pour l'agglomération de Montréal en lien avec l'augmentation des températures moyennes hivernales et estivales

HIVER ↑ de la température moyenne ↑ de la fréquence des épisodes de gel-dégel
<p>Les opérations d'épandage de sels de voirie visant à rendre les chaussées et trottoirs plus sécuritaires seront multipliées puisque la température se rapprochera plus souvent de la limite du point de congélation.</p> <p>En période de gel-dégel, des inspections des ponts, ponts d'étagement (viaducs), tunnels, murs de soutènement et autres structures routières connexes situés sur le territoire montréalais sont effectuées dans le but de prévenir la chute de fragments. L'augmentation probable du nombre d'épisodes de gel-dégel risque d'entraîner une hausse du nombre de ces opérations de vérification et de sécurisation de structures.</p> <p>On observe déjà que le maintien et l'entretien des patinoires extérieures sont difficiles en raison des variations autour du point de congélation. Le nombre de jours où il sera possible de pratiquer cette activité hivernale sera en baisse dans le futur.</p>
ÉTÉ Prolongation de la saison estivale ↑ de la température estivale moyenne
<p>La demande d'accès à des jeux d'eau, piscines et terrains de sport extérieurs sera accrue. Une période d'ouverture ou d'accès commençant plus tôt au printemps et se terminant plus tard à l'automne sera attendue par les citoyens. Les besoins en personnel attitré à l'entretien et la surveillance de ces installations seront à adapter.</p> <p>L'allongement de la saison estivale entraînera une demande accrue en ressources dédiées à la gestion des parcs et des espaces verts et à l'entretien des végétaux.</p>

ANALYSE DE VULNÉRABILITÉ

Il est à noter que l'analyse de la vulnérabilité de l'agglomération de Montréal à l'augmentation des températures moyennes qui a été menée n'est pas géographique, contrairement aux autres aléas climatiques. En effet, le territoire de l'île de Montréal sera touché également par cet aléa climatique, et ses impacts se feront aussi sentir à peu près également sur tout le territoire puisque les personnes, les infrastructures et les écosystèmes sensibles se retrouvent sur l'ensemble du territoire.

ZONES TOUCHÉES PAR L'ALÉA (SENSIBILITÉ PHYSIQUE)

L'augmentation des températures moyennes impliquant l'allongement de la saison estivale, le raccourcissement de l'hiver et une augmentation de la fréquence des épisodes de gel-dégel se fera de façon à peu près égale sur l'ensemble du territoire de l'île de Montréal.

SENSIBILITÉ TERRITORIALE

De manière générale, les infrastructures en béton sont sensibles aux cycles de gel-dégel. Le réseau routier et ses structures connexes telles que les routes, les ponts, les tunnels, les viaducs et les trottoirs sont donc identifiés comme des éléments sensibles sur lesquels des impacts sont à prévoir comme discuté dans la section Impacts sur le bâti (page 32).

SENSIBILITÉ ENVIRONNEMENTALE

L'augmentation des températures moyennes cause de nombreux impacts sur l'environnement (voir la section Impacts environnementaux à la page 33). Ces impacts touchent plusieurs organismes et écosystèmes ayant des interrelations complexes. Il est par conséquent très difficile de caractériser précisément tous les facteurs de sensibilité environnementale. Cela nécessite une connaissance approfondie du territoire et des organismes vivants présents. Or, plusieurs données et connaissances nécessaires à une analyse fine de la sensibilité environnementale de l'île de Montréal sont incomplètes, difficiles d'accès ou inexistantes. Ce premier plan d'adaptation de l'agglomération de Montréal dresse donc un portrait

sommaire des enjeux environnementaux reliés aux changements climatiques. Une amélioration de la précision de ce portrait est souhaitée pour les prochains plans d'adaptation aux changements climatiques.

SENSIBILITÉ SOCIALE

Différents groupes de personnes sont particulièrement sensibles aux impacts sur la santé causés par les répercussions de l'augmentation des températures moyennes. Le tableau suivant présente les groupes sensibles.

TABLEAU 4.3
GROUPES DE PERSONNES SENSIBLES AUX IMPACTS DE L'AUGMENTATION DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE SUR LA SANTÉ

Groupes des personnes sensibles	Impacts		
	Pollens	Maladies vectorielles et zoonoses	Radiation UV
Enfants	X	X	X
Jeunes adultes	X		
Personnes asthmatiques	X		
Personnes au teint clair			X
Personnes dont le système immunitaire est affaibli		X	
Personnes pratiquant des activités extérieures régulièrement	X	X	X
Personnes génétiquement prédisposées aux allergies	X		

Source : INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC. *Mon climat, ma santé. Pour mieux s'adapter aux changements climatiques*, [en ligne]. [\[www.monclimatmasante.qc.ca\]](http://www.monclimatmasante.qc.ca) (Page consultée le 7 juillet 2015).



PLUIES ABONDANTES

Sous l'effet des changements climatiques, l'air contenu dans l'atmosphère se réchauffe. Or, l'air plus chaud peut contenir plus d'humidité. Par conséquent, le transport d'eau des tropiques vers les régions boréales augmente. Les régions subtropicales où se trouvent les principales zones désertiques s'assèchent donc davantage alors que les régions subpolaires, comme le Québec, s'humidifient davantage. Une autre conséquence consiste en l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des épisodes de pluies abondantes.⁷⁴

Dans le sud du Québec, durant la période 1950-2010, une tendance à la hausse a ainsi été observée pour les pluies printanières et automnales. Pour l'extrême sud du Québec, les épisodes de pluies abondantes et les inondations montrent aussi une tendance à la hausse. De plus, les précipitations sous forme de neige ont diminué dans la même période, alors qu'une augmentation des précipitations sous forme liquide a été observée en saison hivernale.¹²²

Les événements de pluies abondantes sont un véritable enjeu pour l'agglomération de Montréal. Plusieurs impacts de cet aléa ont déjà été ressentis. Afin d'y faire face, une analyse détaillée est présentée dans ce chapitre, le but ultime étant de diminuer les impacts des pluies abondantes sur le milieu bâti, la population et le milieu naturel.

TYPES DE PLUIE ABONDANTE

Durant la saison estivale, les systèmes météorologiques peuvent provoquer des pluies de forte intensité que l'on nomme pluie abondante. Ces pluies peuvent causer des inondations, des refoulements d'égouts et des dommages. Il existe deux types de pluie abondante.^{58, 167}

1. **LONGUE DURÉE.** Les systèmes dépressionnaires d'envergure peuvent apporter une importante quantité d'eau sur plusieurs jours. Ces **pluies abondantes** peuvent occasionner, par exemple, le débordement des cours d'eau.
2. **COURTE DURÉE.** Les systèmes orageux peuvent apporter une importante quantité d'eau sur une courte durée, parfois en quelques minutes seulement. Ces **pluies intenses**, bien souvent localisées, sollicitent en un temps record le réseau, ce qui peut occasionner un refoulement d'égout. L'eau peut alors remonter dans les bâtiments qui ne sont pas protégés par un clapet antiretour bien entretenu ou dont le système de plomberie est en mauvais état.



Rue inondée lors des orages violents du 29 mai 2012.
Crédit : © Olivier Pontbriand, La Presse

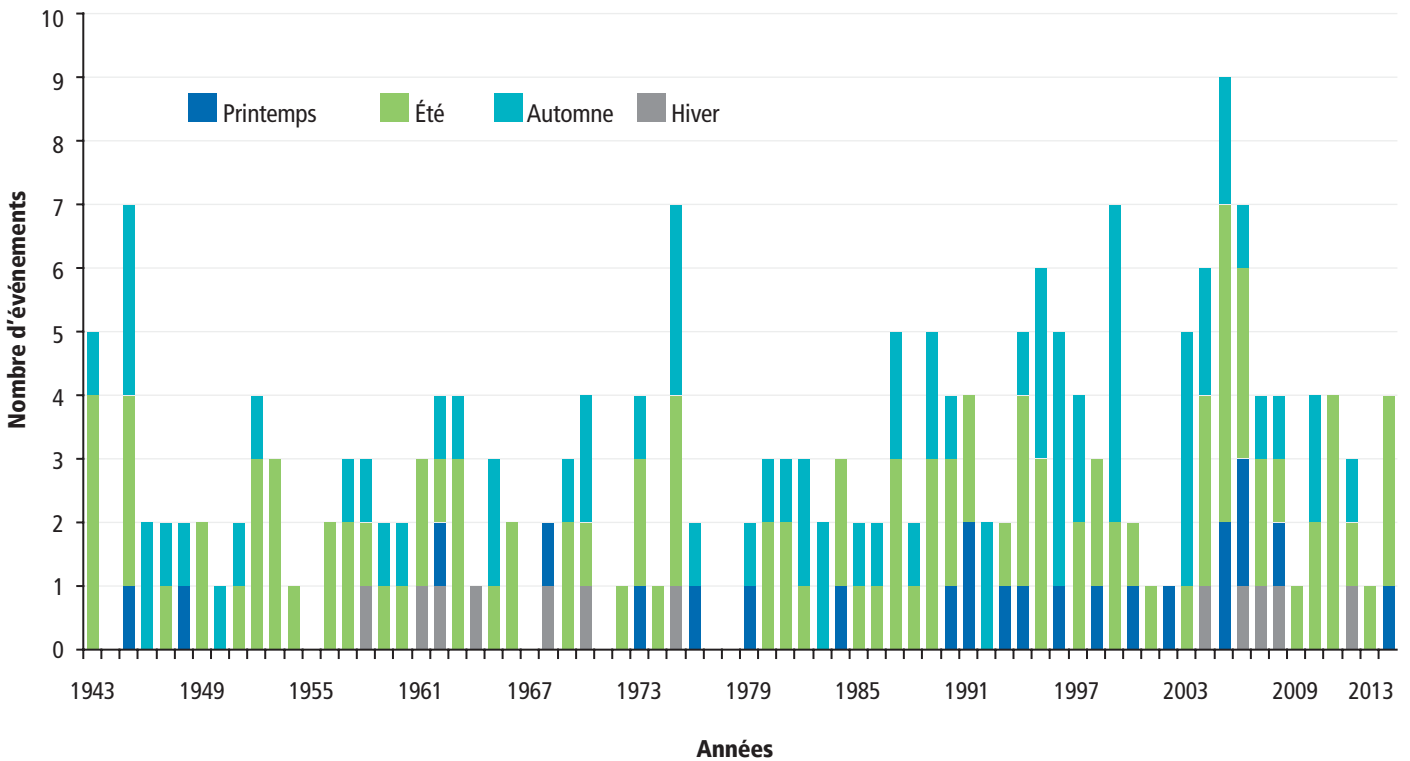
ÉVOLUTION CLIMATIQUE

PÉRIODE HISTORIQUE

Pour la période 1943-2014, on a observé une augmentation du nombre d'événements de pluies abondantes au fil des années sur le territoire de l'agglomération de Montréal (voir Figure 5.1). Le nombre d'événements a augmenté à chaque saison, avec une tendance plus marquée au printemps, à l'été et à l'automne.

FIGURE 5.1
NOMBRE DE JOURS PENDANT LESQUELS LES PRÉCIPITATIONS SOUS FORME DE PLUIE ONT DÉPASSÉ 30 MM

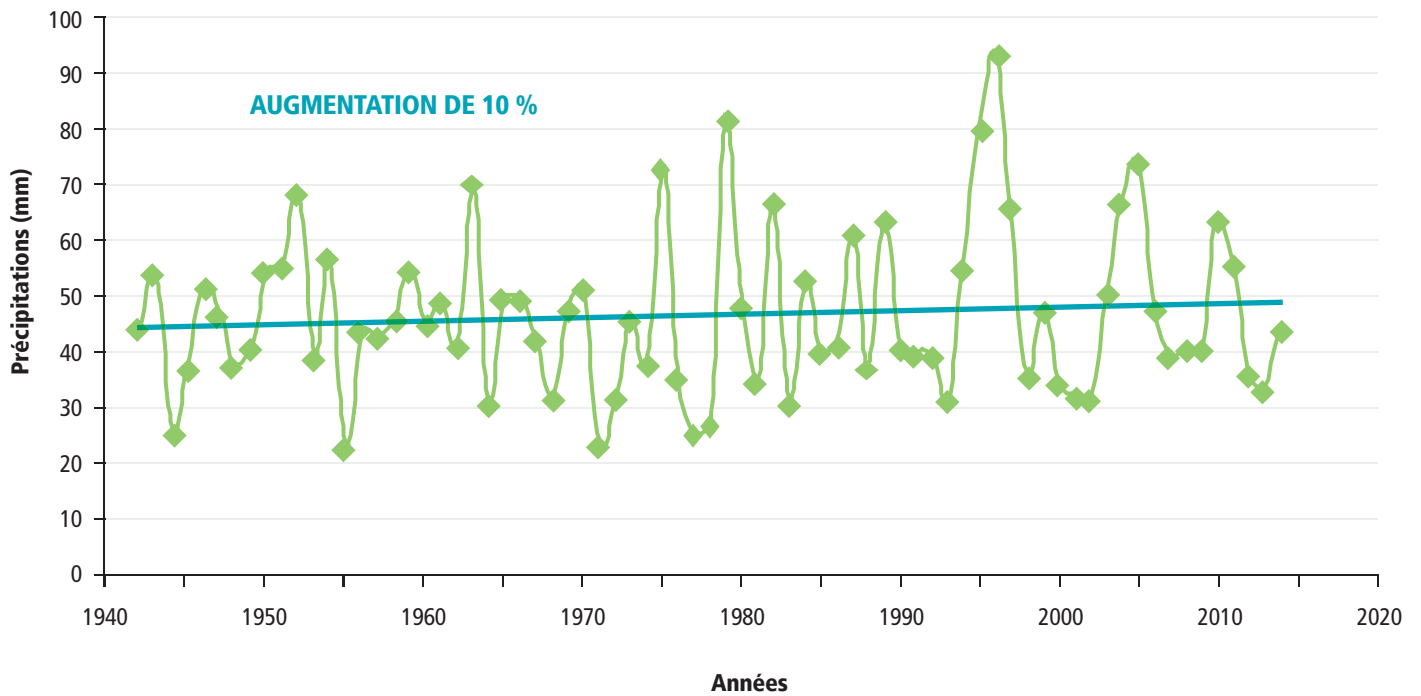
Source : Données issues de la station météorologique de l'aéroport international Montréal-Trudeau.



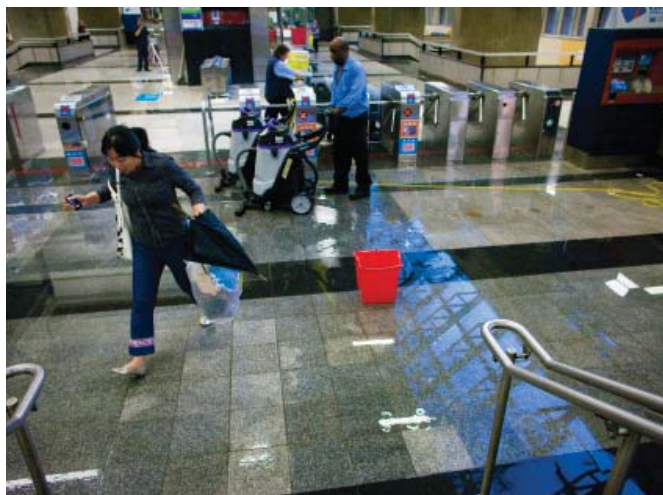
Par ailleurs, l'intensité des pluies a également augmenté d'environ 10 % entre 1942 et 2014 (voir Figure 5.2).

FIGURE 5.2
ÉVOLUTION DE LA QUANTITÉ DE PLUIE REÇUE LORS DU JOUR LE PLUS PLUVIEUX DE L'ANNÉE

Source : Données issues de la station météorologique de l'aéroport international Montréal-Trudeau.

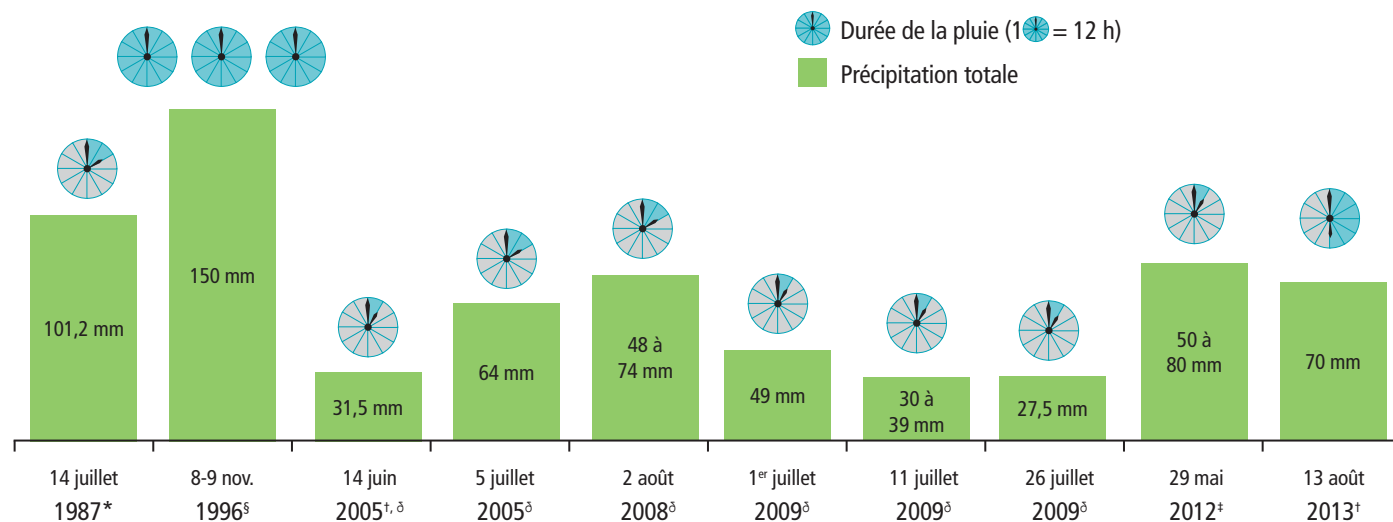


La Figure 5.3 présente quelques événements marquants de pluies abondantes survenus entre 1983 et 2013. À titre d'exemple, le 29 mai 2012, des pluies diluviennes se sont abattues sur Montréal. Les précipitations tombées en moins d'une heure ont entraîné des inondations dans plusieurs secteurs de la ville, occasionnant la fermeture de nombreuses rues et tunnels. De même, plusieurs centres commerciaux du Montréal souterrain ont dû être évacués rapidement et fermés, tout comme les stations de métro de la ligne orange situées entre les stations Berri-UQAM et Lionel-Groulx. Près de 15 300 foyers ont été privés d'électricité.⁹²



La station de métro Place-D'Armes a été inondée après l'orage du 29 mai 2012. Crédit : © André Pichette, La Presse

FIGURE 5.3
QUELQUES ÉVÉNEMENTS MARQUANTS DE PLUIES SUR L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL (PÉRIODE 1983-2013)



* BERGERON, L., G. VIGEANT et J. LACROIX (1997). *Impacts et adaptation à la variabilité et au changement du climat au Québec. Tome V de l'Étude pan-canadienne sur les impacts et l'adaptation au climat*, [En ligne], collaboration entre Environnement Canada et l'Association de climatologie du Québec, 270 pages. [[www.publications.gc.ca/collections/Collection/En56-119-3-1997F.pdf](http://publications.gc.ca/collections/Collection/En56-119-3-1997F.pdf)].

† CLIMAT QUÉBEC. *Bilan d'événements météo*, [En ligne]. [www.climat-quebec.qc.ca/home.php?id=summary_weather_events&mpn=climate_mon].

‡ ENVIRONNEMENT CANADA. *Les dix événements météorologiques les plus marquants au Canada en 2012*, [En ligne], mise à jour le 21 juin 2013. [www.ec.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=Fr&n=D05E090A-1].

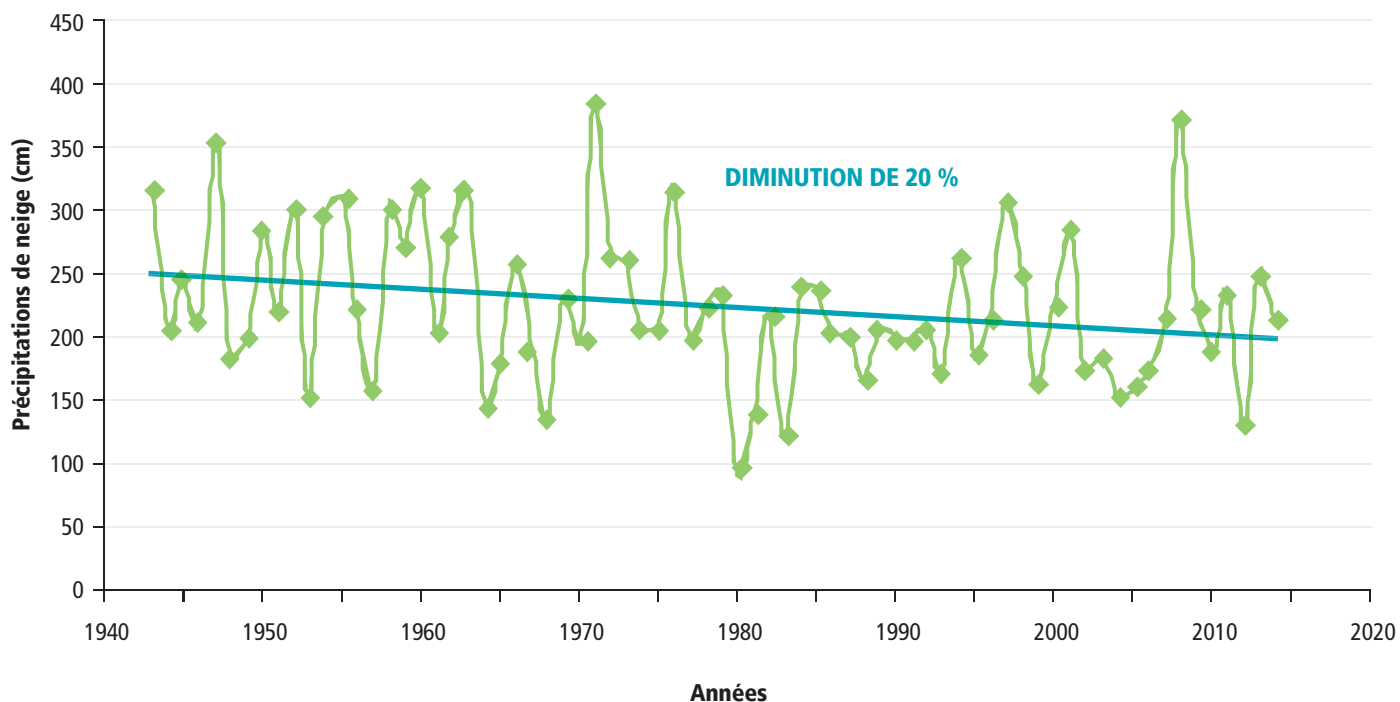
§ SÉCURITÉ PUBLIQUE CANADA. *Base de données canadienne sur les catastrophes*, [En ligne], mise à jour le 30 juillet 2014. [www.securitepublique.gc.ca/cnt/rsrscs/cndn-dsstr-dtbs/index-fra.aspx].

δ Données de la Direction de l'épuration des eaux usées du Service de l'eau de la Ville de Montréal, exploitant du réseau de pluviomètres.

Parallèlement à l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des pluies abondantes, on constate également une diminution d'environ 20 % de la quantité de neige tombée annuellement sur l'agglomération de Montréal (voir Figure 5.4), une tendance aussi observée dans la région du sud du Québec.

FIGURE 5.4
ÉVOLUTION DE LA QUANTITÉ DE NEIGE TOMBÉE DANS LA PÉRIODE 1942-2014

Source : Données issues de la station météorologique de l'aéroport international Montréal-Trudeau.



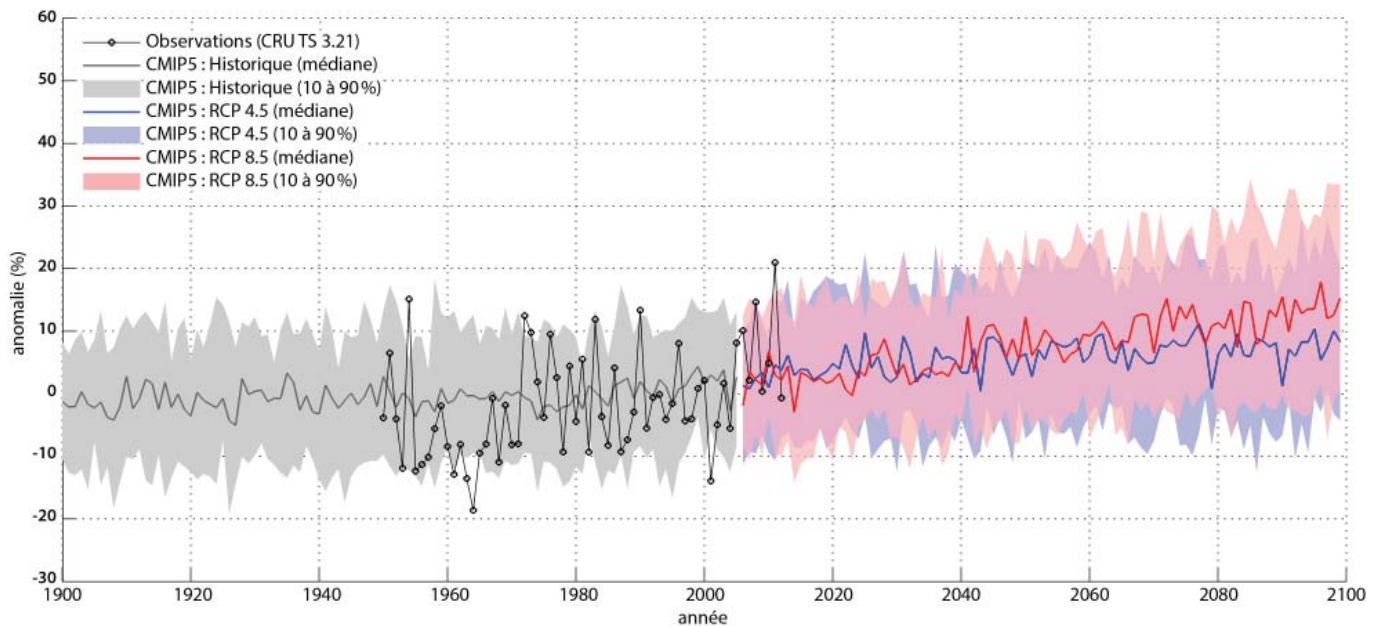
PROJECTIONS CLIMATIQUES

La tendance observée quant à une augmentation des précipitations, et en particulier des pluies abondantes, se confirme dans les projections climatiques d'Ouranos pour le sud du Québec. D'ici 2050, les précipitations annuelles devraient augmenter de 3 à 14 % selon les scénarios d'émissions (voir Figure 5.5). Les projections indiquent également une accentuation plus importante des pluies en hiver de 2 à 27 % et au printemps de 3 à 18 %.¹²²

On s'attend aussi à une augmentation significative de la fréquence et de l'intensité des épisodes de pluies abondantes. L'intensité des épisodes de pluies abondantes devrait augmenter de 10 à 25 % d'ici 2100 selon les différents scénarios. Par

ailleurs, selon Ouranos, les périodes de retour des maximums annuels du cumul quotidien de précipitations seraient raccourcies de façon significative. En d'autres termes, une pluie d'une intensité donnée dont la période de retour est de 20 ans sur l'horizon 1986-2005 pourrait survenir plus fréquemment vers 2046-2065 avec une période de retour autour de 7 à 10 ans, et ce, pour l'ensemble du Québec. Pour l'agglomération de Montréal, il faut donc s'attendre à des épisodes de pluies abondantes de plus en plus fréquents. En ce qui a trait aux vents violents qui accompagnent parfois ces épisodes de pluies abondantes, ils seront abordés dans le chapitre sur les tempêtes destructrices.

FIGURE 5.5
ÉVOLUTION DES ANOMALIES (%) DES PRÉCIPITATIONS TOTALES ANNUELLES OBSERVÉES (1950-2012) ET SIMULÉES (1900-2100) POUR LA RÉGION DU SUD DU QUÉBEC INCLUANT MONTRÉAL



Note : Évolution des anomalies (%) des précipitations totales annuelles observées (1950-2012) et simulées (1900-2100) pour la région du sud du Québec incluant Montréal, pour la période historique (gris) et les scénarios d'émission de gaz à effet de serre RCP4.5 (bleu) et RCP8.5 (rouge).* Les anomalies sont calculées par rapport à la moyenne 1971-2000.**

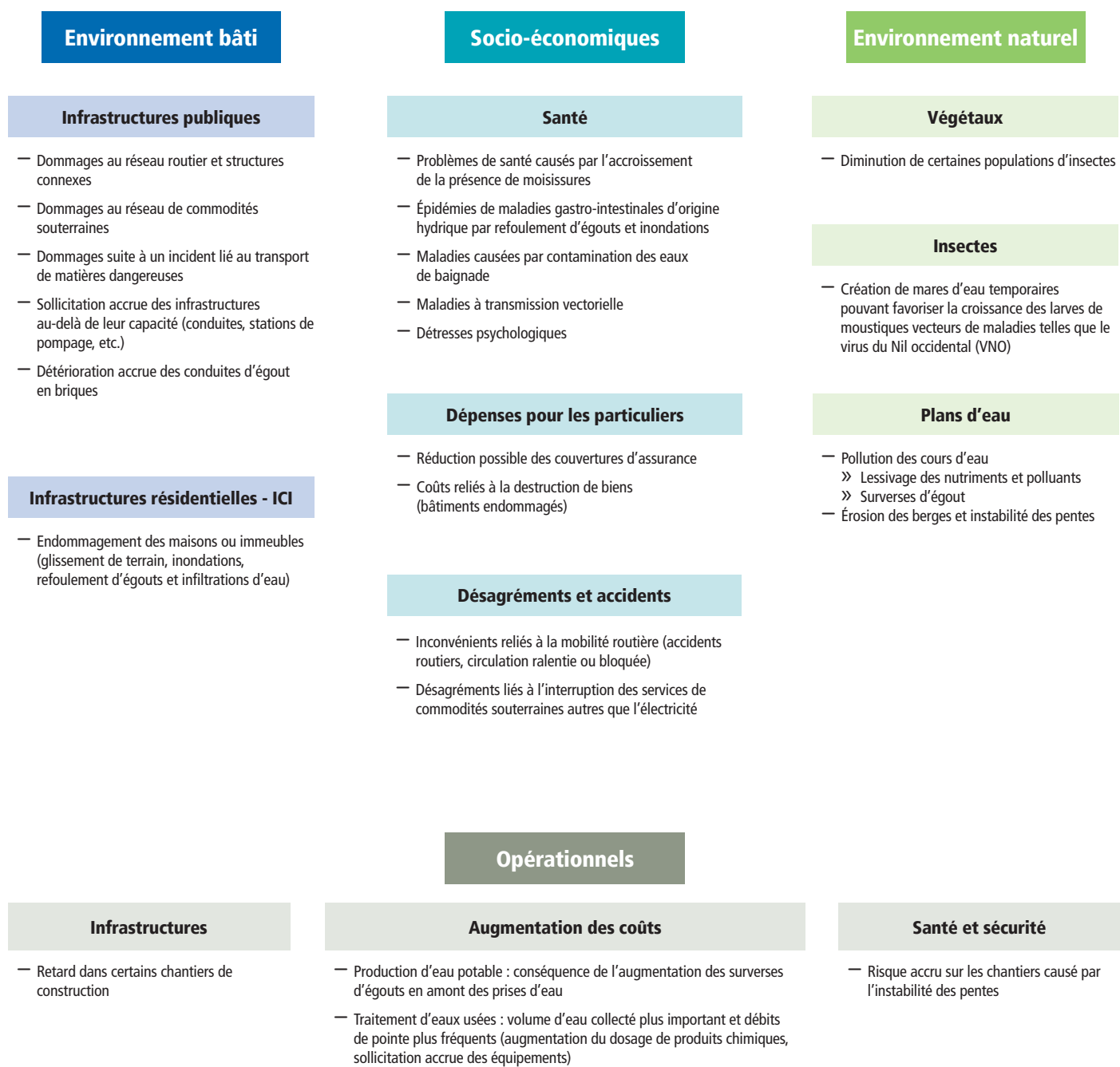
* Les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 correspondent à un forçage énergétique dû aux émissions de GES respectivement de 4,5 W/m² et 8,5 W/m² en 2100. Une explication plus détaillée est donnée dans le chapitre Mise en contexte.

** Figure extraite du document d'Ouranos « Vers l'adaptation – Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec », édition 2014. [www.ouranos.ca/fr/synthese2014/doc/Partie_1_ANNEXE_B.pdf].

IMPACTS

Les impacts causés par les pluies abondantes sur l'agglomération de Montréal sont schématisés dans la Figure 5.6. Les impacts ont été divisés en quatre catégories : impacts sur le bâti, environnementaux, socio-économiques et sur les opérations. Les impacts de chaque catégorie sont expliqués dans la suite.

FIGURE 5.6
EXEMPLES D'IMPACTS POTENTIELS DES PLUIES ABONDANTES SUR L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL



IMPACTS SUR LE BÂTI

Puisqu'aucun réseau d'égout municipal n'est conçu pour recevoir dans ses canalisations et ouvrages souterrains les grandes quantités d'eau provenant des pluies abondantes, cela peut causer des impacts négatifs sur le milieu urbain. Ceci concerne plus particulièrement les réseaux d'égouts unitaires, c'est-à-dire les égouts qui reçoivent à la fois l'eau de pluie et les eaux sanitaires usées.

Les réseaux d'égouts unitaires couvrent les deux tiers du territoire. Ils sont surtout présents au centre et à l'est de l'île de Montréal. Les égouts séparatifs, quant à eux, sont composés de deux réseaux distincts : un qui transporte les eaux usées sanitaires vers la station d'épuration et l'autre qui transporte les eaux pluviales vers les cours d'eau intérieurs et entourant l'île. Ces derniers couvrent seulement un tiers du territoire, particulièrement sur la portion ouest et l'extrême est de l'agglomération. La Figure 5.7 présente les différences entre les réseaux d'égouts unitaires et séparatifs, ainsi que leur répartition sur l'île de Montréal.

FIGURE 5.7
DIFFÉRENCE ENTRE LES RÉSEAUX D'ÉGOUTS
UNITAIRES ET SÉPARATIFS



Source : Service de l'eau, Ville de Montréal

En période de pluie intense, le débit des eaux usées dans les égouts peut s'accroître de manière drastique dans les réseaux unitaires et les risques de débordement peuvent augmenter rapidement sur une période relativement courte. Les bâtiments non protégés sont plus vulnérables aux refoulements d'égout. Un refoulement d'égout est un retour d'eau provenant des égouts dans la plomberie des bâtiments qui ne sont pas équipés de clapets antiretour.

De plus, une fois le réseau saturé, l'eau de ruissellement ne peut plus y pénétrer et elle s'accumule dans les points bas, ce qui peut causer des inondations. Cela peut entraîner la fermeture de rues, de tunnels et de stations de métro.

Ce phénomène est accentué dans les zones où le sol est fortement imperméabilisé, car cela empêche l'eau de pluie de pénétrer dans les sols.

Les sous-sols sont particulièrement à risque d'être inondés, que l'inondation soit due à l'infiltration d'eau, au ruissellement d'eau ou au refoulement d'égouts. Des facteurs tels que le nivellement inadéquat du terrain et la présence d'une entrée de garage avec pente descendante vers la maison (sans dos d'âne) favorisent l'inondation des résidences. Ces inondations causent des dommages, entre autres aux sous-sols aménagés. De plus, si aucune mesure adéquate de protection et de nettoyage n'est prise, les bâtiments inondés risquent davantage de développer un problème de moisissures.

Les forts débits du ruissellement d'eau de pluie ainsi que les inondations en milieu urbain entraînent aussi des dommages au réseau routier, aux réseaux d'égouts en brique et aux commodités* souterraines. Cet aléa climatique peut affecter le transport des matières dangereuses.¹⁷⁰

* Selon le grand dictionnaire terminologique de l'Office québécois de la langue française, les commodités sont des « Équipements qui apportent à une habitation, un immeuble, un quartier, le confort en rapport avec les modes de vie convenant à notre époque ». Il peut s'agir de l'électricité, du gaz naturel, du téléphone, d'Internet, etc.

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

De façon générale, les fortes pluies ont relativement peu d'impacts sur l'environnement. En effet, la végétation et les écosystèmes des zones tempérées sont assez résilients aux fortes précipitations en période estivale. Toutefois, lorsqu'elles tombent sous forme de pluie au cours de l'hiver, les impacts sur l'environnement sont beaucoup plus importants. Ce cas de figure a été abordé dans le chapitre traitant de l'augmentation des températures moyennes.

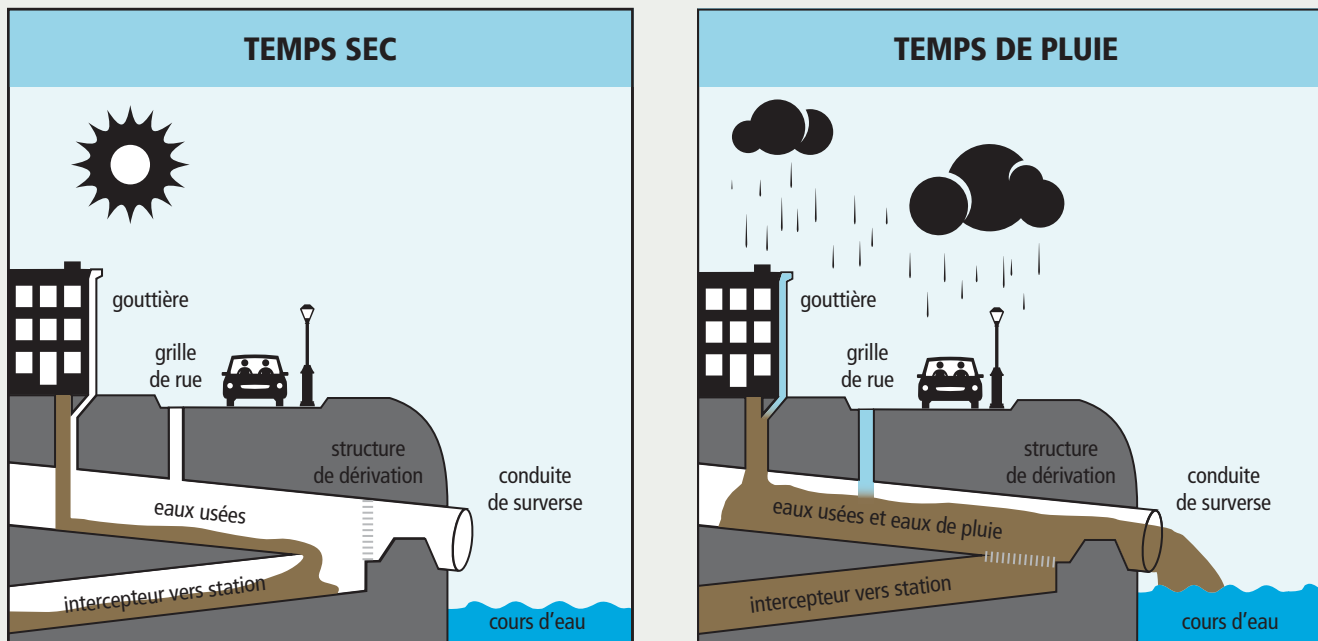
Voici quelques impacts environnementaux des fortes pluies :

- augmentation de l'érosion;
- pollution des cours d'eau¹⁶⁸ (via le lessivage de nutriments et de polluants et les surverses d'égout) – voir l'encadré pour des explications sur les surverses;
- instabilité des pentes;
- diminution de certaines populations d'insectes^{46, 115, 142};
- création de mares d'eau temporaires pouvant favoriser la croissance des larves de moustiques vecteurs de maladies telles que le virus du Nil occidental (VNO).⁸³

SURVERSES

Le réseau d'égout (réseaux secondaire et principal) de l'île de Montréal comporte 162 ouvrages de surverses. Un ouvrage de surverse est composé d'une chambre souterraine qui permet aux eaux usées de s'écouler vers deux directions selon les conditions d'opération : le réseau d'égout principal et le cours d'eau récepteur. En temps normal, c'est à dire en temps sec, en temps de fonte de neige et durant les périodes de pluie usuelle, les eaux usées s'écoulent entièrement vers le réseau d'égout principal avant d'atteindre la station d'épuration des eaux usées. Parfois, sous l'effet des débits d'eau pluviale captés lors de pluies exceptionnelles, le réseau d'égout n'a pas la capacité suffisante pour laisser toutes les eaux s'écouler vers la Station. C'est sous cette condition qu'une partie des eaux combinant des eaux de pluie et des eaux usées s'écoule vers le cours d'eau récepteur durant une courte période. Évidemment, le cours d'eau récepteur au sud est le fleuve Saint-Laurent et celui au nord, la rivière des Prairies.

Extrait du site Internet « Eau de Montréal » de la Ville de Montréal. [ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=6497,54389572&_dad=portal&_schema=PORTAL] (Page consultée le 14 octobre 2015).



Adapté de l'United States Environmental Protection Agency (EPA)

IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

Plusieurs impacts socio-économiques ont été identifiés pour l'aléa pluies abondantes. La plupart d'entre eux découlent des impacts ressentis sur l'environnement bâti et l'environnement naturel. Les impacts sur le milieu socio-économique ont été divisés en trois catégories, à savoir la santé des populations, les dépenses pour les particuliers et les désagréments et accidents.

SANTÉ

Les inondations peuvent augmenter⁸⁵ :

- la prévalence des problèmes de santé causés par l'accroissement de la présence de moisissures si des mesures adéquates ne sont pas prises rapidement après l'inondation. Les moisissures apparaissent peu après l'inondation. Lorsqu'elles se développent de façon importante, elles peuvent entraîner des problèmes de santé sérieux tels que l'asthme et des réactions allergiques provoquant, entre autres, une irritation des yeux, du nez, de la gorge et des sinus;
- la prévalence d'épidémies de maladies gastro-intestinales liées au contact des personnes avec l'eau contaminée de la zone inondée et le niveau de l'eau de la zone sinistrée. En effet, l'eau de la zone inondée n'est pas composée que d'eau de pluie. Souvent, elle est contaminée par des eaux usées. Par conséquent, elle peut contenir des bactéries et des virus potentiellement nocifs pour la santé;
- la prévalence des détresses psychologiques. Les inondations peuvent causer des pertes matérielles importantes pouvant entraîner une détresse psychologique chez les sinistrés.

Par ailleurs, l'augmentation des surverses d'eaux usées dans les cours d'eau (voir l'encadré à la page 52) y fait augmenter la quantité d'organismes pathogènes et de polluants, ce qui peut entraîner la fermeture de ces cours d'eau à des fins récréatives.

D'autre part, la prolifération des populations d'insectes vecteurs de maladies causées par l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des pluies abondantes peut faire augmenter la prévalence des maladies à transmission vectorielle.⁶⁰

DÉPENSES POUR LES PARTICULIERS

Les inondations des édifices génèrent d'importantes pertes économiques. D'une part, elles occasionnent des coûts liés à la destruction et à l'endommagement des biens. D'autre part, elles sont une source de préoccupation pour les compagnies d'assurances qui peuvent réduire les couvertures de risque en matière d'inondation. En effet, au cours des dernières années, le Bureau d'assurance du Canada a constaté qu'environ 50 % des indemnités versées en assurance habitation l'étaient pour des dommages liés à l'eau. De plus, les coûts liés aux catastrophes naturelles augmentent de façon exponentielle depuis les années 60.³⁴



Les inondations peuvent entraîner des problèmes de santé et des pertes économiques.

Crédit : © Olivier Pontbriand, La Presse

DÉSAGRÈMENTS ET ACCIDENTS

Les inondations sont une cause importante de désagréments et d'accidents. Les pluies abondantes du 14 juillet 1987 survenues à Montréal ont laissé tomber près de 100 mm par endroit causant d'importantes inondations.⁵³ Plusieurs résidences ont été privées d'électricité et, par exemple, les autorités ont dû évacuer les personnes prisonnières de leur véhicule sur le boulevard Décarie.¹²⁷ L'envergure des précipitations a incité les autorités municipales de l'île de Montréal à mettre sur pied un Bureau des mesures d'urgence en 1988 qui deviendra plus tard le Centre de sécurité civile.⁴⁰

Les inondations en milieu urbain peuvent entraver les déplacements, entraînant notamment des fermetures de rues et des ralentissements de la circulation. De plus, les tunnels et les viaducs submergés, en plus de causer des problèmes de circulation, représentent un danger pour la vie des gens qui restent pris dans leur véhicule. Les risques d'électrocution et d'électrisation sont aussi agmentés.

Finalement, lors d'épisodes de fortes pluies, les inondations peuvent aussi causer des dommages au réseau de commodités souterraines, ce qui peut entraîner des pannes plus ou moins dérangeantes, dépendamment de la commodité touchée (électricité, téléphone, Internet, etc.) et de la durée de la panne.



Boulevard Décarie, le 14 juillet 1987
Crédit : © La Presse



Le boulevard Décarie, le 14 juillet 1987, après qu'il fut tombé 101,2 mm de pluie en 2 heures.
Crédit : © La Presse

IMPACTS SUR LES OPÉRATIONS

De façon générale, les impacts opérationnels identifiés à Montréal en lien avec l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des pluies abondantes sont reliés aux travaux publics, aux activités de production d'eau potable et au traitement des eaux usées.

Les fortes pluies peuvent avoir un impact sur certains chantiers de construction (p.ex. travaux d'asphaltage). Ceux-ci peuvent être retardés, ce qui peut causer des délais pour les étapes successives du projet. S'il y a des pentes sur



Face aux risques liés aux changements climatiques, la Société de transport de Montréal (STM) prend différentes mesures afin de limiter la vulnérabilité de son réseau, assurer la sécurité de la clientèle et maintenir son service en cas d'intempéries.

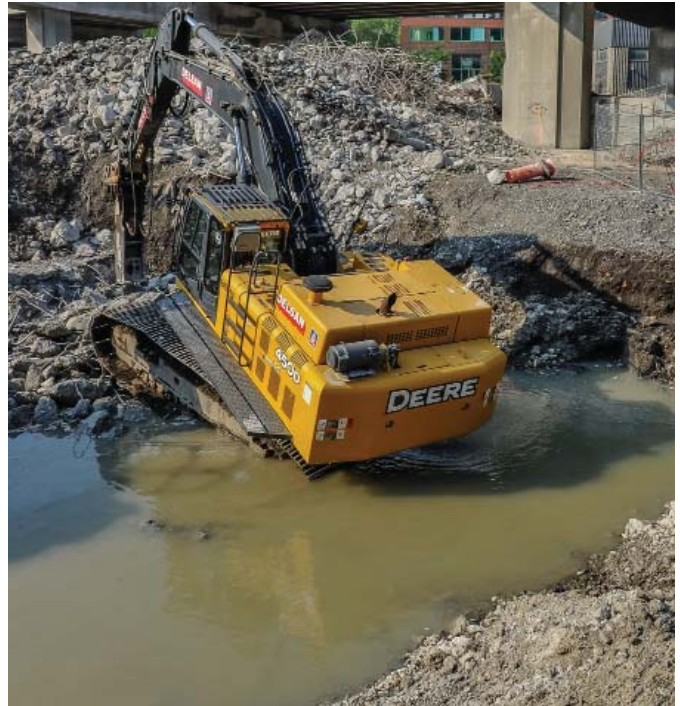
Le réseau du métro est notamment doté de systèmes de pompage pour évacuer l'eau qui peut se retrouver dans les tunnels lors de pluies abondantes ou de crues. La STM procède également à des travaux préventifs sur son réseau (p. ex. étanchement des joints, systèmes de drainage, etc.) afin de limiter ces risques.

La STM intègre autant que possible des mesures de verdissement dans ses projets de construction ou de rénovation, limitant ainsi les eaux de ruissellement. Elle installe aussi des bassins de rétention lorsque nécessaire.

L'UCMU (Unité de Coordination des Mesures d'Urgence) de la STM coordonne l'ensemble des actions en vue de la résolution des situations d'urgence et en particulier celles liées aux conditions climatiques extrêmes, et ce, en lien avec les centres opérationnels et les bureaux de mesures d'urgence de la Ville et de l'agglomération.

La STM est également partenaire des plans de mesures d'urgence de la Ville de Montréal et de la sécurité civile de l'agglomération. Ainsi, la STM peut être mobilisée pour déplacer des personnes vulnérables lors d'inondations (p. ex. Résidences pour aînés).

Contribution de la STM



Accumulation d'eau sur un site de construction
Crédit : © Denis Labine, Ville de Montréal

un chantier, elles peuvent être rendues instables par les pluies et nécessiter des inspections supplémentaires pour assurer la sécurité des lieux.

Dans un autre ordre d'idées, des surverses d'égouts ayant lieu en amont des prises d'eau potable ainsi que le ruissellement de beaucoup d'eau en période de pluies abondantes peuvent modifier la qualité de l'eau prélevée.⁴⁸ Le traitement de l'eau peut alors nécessiter un ajustement rapide. Néanmoins, l'eau potable produite dans ces conditions reste d'excellente qualité. Toutefois, des fluctuations rapides de la qualité de l'eau brute représentent des périodes de vulnérabilité.

Par ailleurs, le volume d'eau collecté par le réseau d'égout, notamment par les égouts unitaires, est beaucoup plus important lors des périodes de pluies intenses. Cela sollicite de façon accrue les équipements associés au réseau de drainage¹⁵⁶ et entraîne une augmentation des quantités de produits chimiques utilisés pour le traitement des eaux usées.

ANALYSE DE VULNÉRABILITÉ

Une fois que les impacts engendrés par les pluies abondantes sont connus, il est possible d'effectuer une analyse de la vulnérabilité de l'agglomération de Montréal pour cet aléa. Comme plusieurs de ces impacts touchent des groupes de personnes qui habitent des lieux particuliers de l'agglomération et des infrastructures dont l'emplacement est connu, il est possible d'effectuer une analyse géographique de la vulnérabilité. C'est ce qui a été fait. La méthodologie employée est détaillée à l'Annexe A.

Cette section présente les zones de l'agglomération touchées par l'aléa, ainsi que les sensibilités environnementale, territoriale et sociale. Pour terminer, les cartes obtenues par l'analyse géographique sont présentées et discutées dans la section Vulnérabilité aux pluies abondantes à la page 61.



Eaux de ruissellement urbain
Crédit : © Robert Lawton, Wikipedia (CC BY-SA 2.5)

ZONES TOUCHÉES PAR L'ALÉA (SENSIBILITÉ PHYSIQUE)

Les zones de l'agglomération où l'eau de ruissellement est susceptible de s'accumuler et de causer une inondation de surface sont montrées en bleu foncé sur la Carte 5.4 à la page 63. Pour qu'un secteur soit touché par une inondation de surface, l'eau de pluie doit pouvoir ruisseler jusqu'à ce secteur et s'y accumuler. Pour ce faire, plusieurs facteurs entrent en jeu.

- **La topographie.** Les endroits situés dans des creux sont propices au ruissellement et à l'accumulation de l'eau de pluie.
- **La végétation.** La végétation permet de ralentir le ruissellement de l'eau de pluie. De plus, le sol sous la végétation peut absorber l'eau des précipitations.
- **Le sol.** Certains types de sols absorbent l'eau de pluie rapidement, alors que d'autres sont presque imperméables. L'épaisseur, la perméabilité, la texture, la porosité, la compacité et la teneur en eau initiale (conditions antécédentes d'humidité) d'un sol influencent sa capacité à absorber des eaux de ruissellement.
- **L'occupation du sol.** La présence de bâtiments fait dévier le ruissellement de l'eau de pluie, alors que les routes et les bâtiments couvrent le sol de façon imperméable, l'empêchant du même coup d'absorber l'eau des précipitations.

Tous ces facteurs ont été utilisés pour concevoir un modèle de ruissellement employé pour produire la Carte 5.4. La végétation et les surfaces imperméables influent grandement sur la proportion de l'eau de pluie qui ruisselle, comme le montre la Figure 5.8.

Pour obtenir la carte présentée à la page 63, le ruissellement d'une pluie très intense s'abattant simultanément sur l'ensemble de l'île de Montréal en deux heures a été modélisé. Il a aussi été supposé que l'ensemble du réseau d'égout était saturé et que, par conséquent, aucune eau ne pouvait s'y écouler.

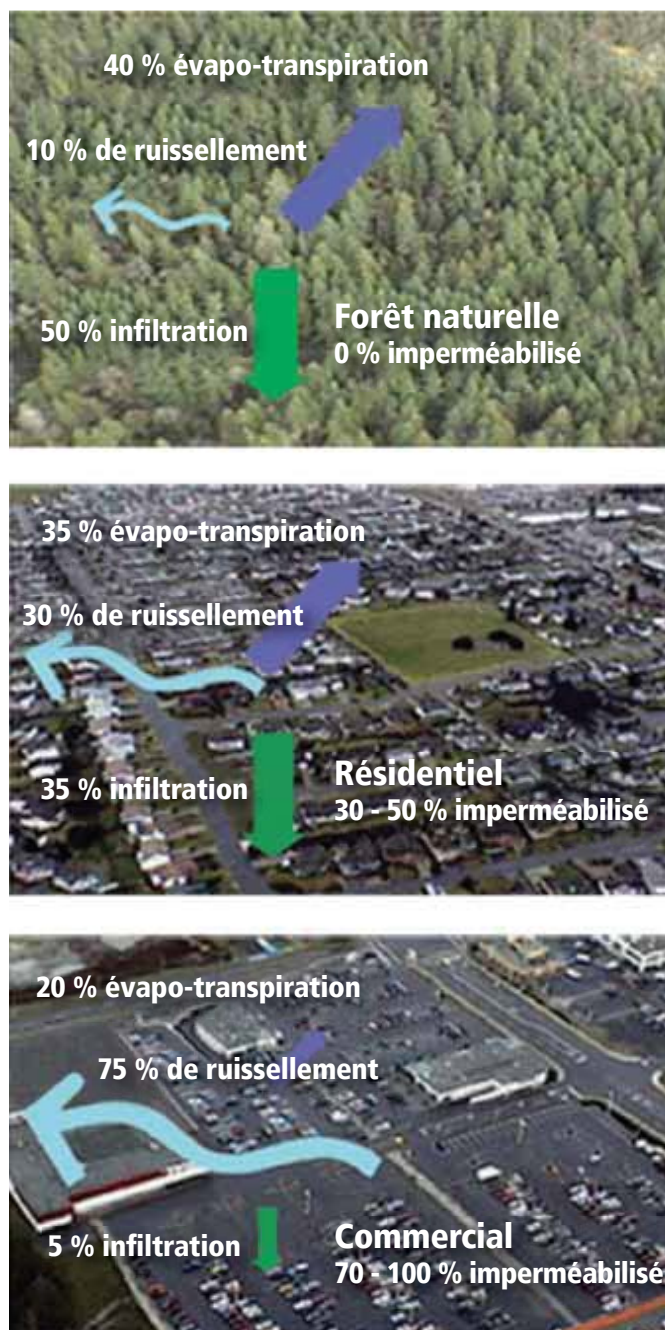
La carte obtenue surestime les zones sensibles à une inondation de surface parce qu'il est, pour ainsi dire, impossible qu'une telle pluie s'abatte sur toute l'île de Montréal simultanément. En effet, les pluies intenses sont un phénomène météorologique très localisé qui ne touche pas l'ensemble de l'agglomération au même moment. De plus, il est aussi très peu probable que tout le réseau d'égout de l'île de Montréal soit saturé. Ce scénario surestimant les zones sensibles a été choisi afin de s'assurer que toutes les zones sensibles soient effectivement incluses sur la carte.

SENSIBILITÉ ENVIRONNEMENTALE

En raison de la disponibilité limitée des données, la sensibilité environnementale n'a pas été prise en compte dans l'analyse cartographique de la vulnérabilité de l'agglomération de Montréal aux pluies abondantes.

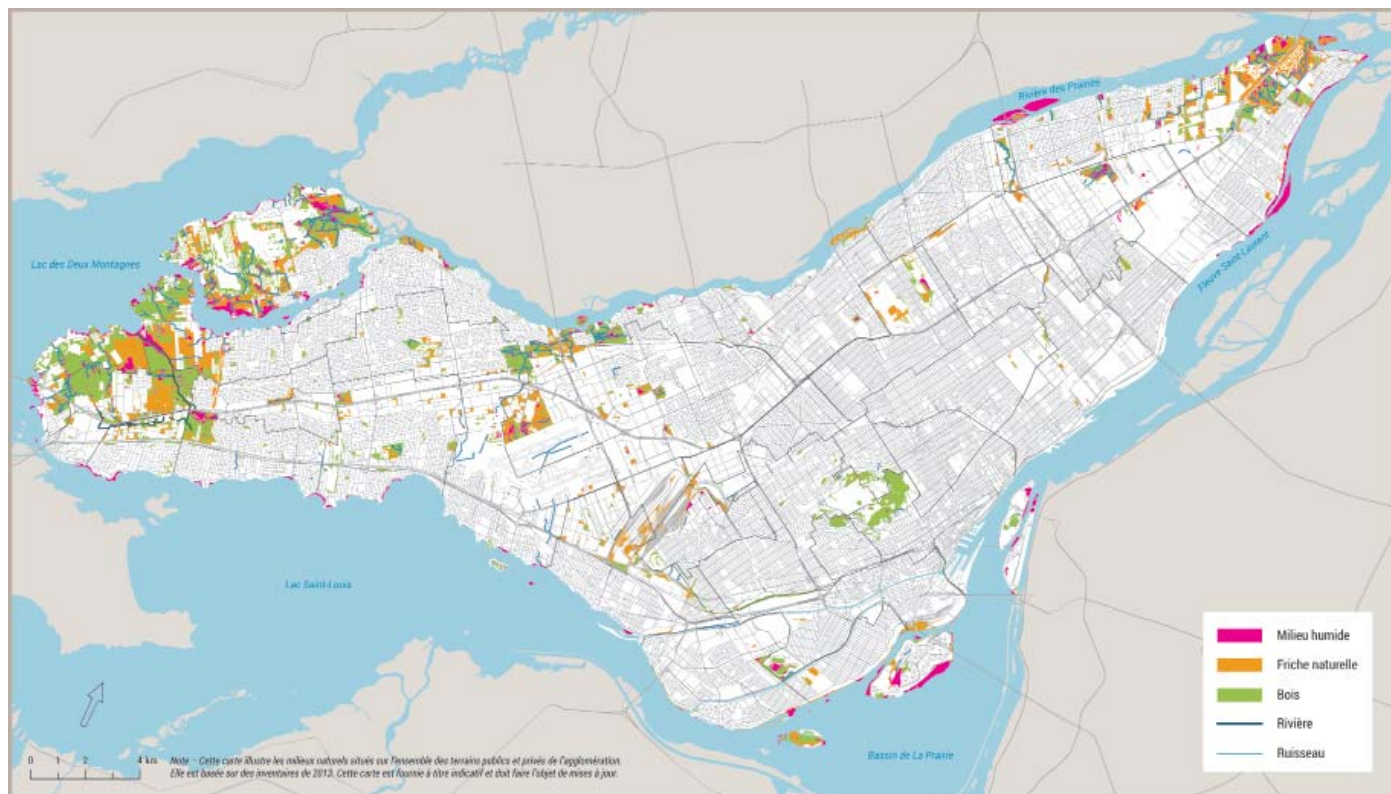
Comme vu dans la section Impacts environnementaux (page 52), les écosystèmes des régions tempérées subissent relativement peu d'impacts lors d'épisodes de pluies intenses estivales. Néanmoins, certains systèmes sont plus sensibles, notamment les cours d'eau, les milieux humides et les bandes riveraines (voir Carte 5.1 à la page suivante).

FIGURE 5.8
IMPACTS DE L'URBANISATION SUR LES PARAMÈTRES
HYDROLOGIQUES



Source : BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF WATER, LAND AND AIR PROTECTION. *Stormwater planning : A Guidebook for British Columbia*, mai 2002, 244 p. Traduction du MDDEFP et MAMROT (2010). *Guide de gestion des eaux*, [en ligne], mise à jour le 14 mars 2014, 386 p. [www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/pluviales/guide.htm] (Page consultée le 15 juillet 2015).

**CARTE 5.1
MILIEUX NATURELS**



Source : Schéma d'aménagement et de développement de l'agglomération de Montréal, janvier 2015

SENSIBILITÉ TERRITORIALE

La Carte 5.2 à la page 62 montre la sensibilité territoriale aux pluies abondantes de l'agglomération de Montréal.

Comme décrit à la section Impacts sur le bâti (page 51), plusieurs infrastructures sont sensibles aux pluies abondantes. Celles qui ont été prises en compte dans l'analyse géographique sont décrites ci-dessous. L'analyse de sensibilité territoriale tient compte de la présence de ces infrastructures sur le territoire et, parfois, de leur densité, car des données géographiques sur leurs caractéristiques plus détaillées n'étaient pas disponibles.

- **Le réseau d'égouts pluviaux, sanitaires et unitaires.** Le volume et le débit des eaux augmentent dans les réseaux d'égouts pluviaux et unitaires lors des pluies abondantes, ce qui peut solliciter davantage certains équipements associés au réseau de drainage.¹⁵⁶
- **Les bâtiments.** Les bâtiments, et particulièrement les sous-sols aménagés, peuvent être inondés par les pluies abondantes. Le Tableau 5.1 présente les différents facteurs jouant sur la sensibilité des bâtiments aux pluies abondantes.
- **L'accès aux sites critiques et aux lieux d'intérêt.** Lors de pluies abondantes, des endroits de première importance peuvent devenir inaccessibles, ce qui est susceptible de causer de nombreux problèmes. Ces endroits sont appelés sites critiques (hôpitaux, postes de police, usines d'eau potable, etc.) ou lieux d'intérêt (écoles, stations de métro, entrées et sorties des ponts, etc.).
- **Les commodités souterraines.** Une infiltration d'eau dans les commodités souterraines peut entraîner un bris.
- **Le réseau routier.** Le ruissellement des pluies abondantes et leur infiltration dans les fondations des routes contribuent à l'usure et au bris de ces infrastructures (p.ex. chaussées et ponceaux).

TABLEAU 5.1
FACTEURS DE SENSIBILITÉ DES BÂTIMENTS
AUX PLUIES ABONDANTES

Facteurs fragilisants liés à l'emplacement
<ul style="list-style-type: none">• Égout unitaire• Zone basse ou en cuvette (sensibilité physique)
Facteurs fragilisants liés au bâtiment
<ul style="list-style-type: none">• Absence de protections pour les appareils et équipements de plomberie situés au sous-sol• Sous-sols aménagés et habités• Fenêtres de sous-sols situées au-dessous ou près du niveau du sol• Nivellement inadéquat du terrain entraînant un ruissellement de l'eau vers le bâtiment• Entrée de garage avec pente descendante vers la maison• Drain de fondation fonctionnant mal• Drain de fondation raccordé directement à l'égout*• Bâtiment ayant été inondé dans le passé dont la problématique n'a pas été corrigée• Fondations non étanches
Facteurs de protection liés au bâtiment
<ul style="list-style-type: none">• Clapet antiretour adéquatement entretenu• Fenêtres de sous-sols avec margelles• Drain de fondation**• Présence d'un dos d'âne au début des allées de garage situé en deçà du niveau de la rue• Aménagement éloignant l'eau du bâtiment

* VILLE DE MONTRÉAL. *Dépliant : Solutions contre les refoulements d'égouts - réseau unitaire*, [en ligne], Service de l'eau, février 2014. [ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/EAU_FR/MEDIA/DOCUMENTS/MEP_UNITAIRE_fr.pdf] (Page consultée le 20 juillet 2015).

** INSTITUT DE PRÉVENTION DES SINISTRES CATASTROPHIQUES. *Protégez votre maison contre les inondations de sous-sols*, [en ligne], 2011, 16 p. [www.iclr.org/images/ICLR_-_Basement_Flooding_Brochure_-_French_Final_.pdf] (Page consultée le 15 juillet 2015).

SENSIBILITÉ SOCIALE

La Carte 5.3 à la page 62 montre la sensibilité sociale aux pluies abondantes de l'agglomération de Montréal.

Comme décrit à la section Impacts socio-économiques (page 53), plusieurs personnes sont sensibles aux impacts des pluies abondantes, dont les femmes, les enfants de 0 à 15 ans, les personnes âgées de 65 ans et plus, les personnes vivant seules et les personnes matériellement défavorisées.

Les impacts pris en compte dans l'analyse géographique sont les suivants :

- problèmes de santé causés par la présence de moisissures;
- maladies causées par la contamination des eaux de baignade;
- maladies à transmissions vectorielles et zoonoses;
- détresses psychologiques;
- maladies gastro-intestinales causées par les refoulements d'égouts et les inondations;
- accidents autres que routiers;
- désagréments liés à l'interruption des commodités autres que l'électricité (télécommunication, gaz, etc.);
- pertes économiques.

Certains impacts affectant certains des groupes de personnes n'ont pas été pris en compte dans l'analyse géographique parce que les données à ce sujet sont insuffisantes, comme le lieu où vivent les personnes souffrant de problèmes respiratoires (elles sont sensibles aux problèmes de moisissure pouvant survenir après une inondation si des mesures adéquates ne sont pas prises rapidement après l'inondation), ou parce que la répartition de ce groupe de personnes sur le territoire de l'île de Montréal est relativement constante, comme pour les personnes pratiquant des activités aquatiques (elles sont plus sensibles aux maladies causées par la contamination des eaux de baignade).

VULNÉRABILITÉ AUX PLUIES ABONDANTES

La vulnérabilité de l'agglomération de Montréal aux pluies abondantes (Carte 5.5) est obtenue en additionnant les sensibilités territoriale et sociale, et en les multipliant par la sensibilité physique, c'est-à-dire en considérant les sensibilités territoriale et sociale aux seules zones présentant un potentiel d'accumulation d'eau. Cette représentation cartographique de la vulnérabilité aux pluies abondantes est basée sur des choix de facteurs de sensibilités déterminés selon la méthodologie de l'analyse géographique des vulnérabilités décrite à l'Annexe A.

La topographie est le facteur ayant le plus d'influence sur la sensibilité physique (potentiel d'accumulation d'eau). En regardant la Carte 5.6, le mont Royal ressort clairement comme une zone présentant très peu de potentiel d'accumulation d'eau de ruissellement, étant donné son élévation. En comparant les cartes 5.4 et 5.6, l'influence de la topographie sur le ruissellement est particulièrement évidente dans la portion centre de l'île.

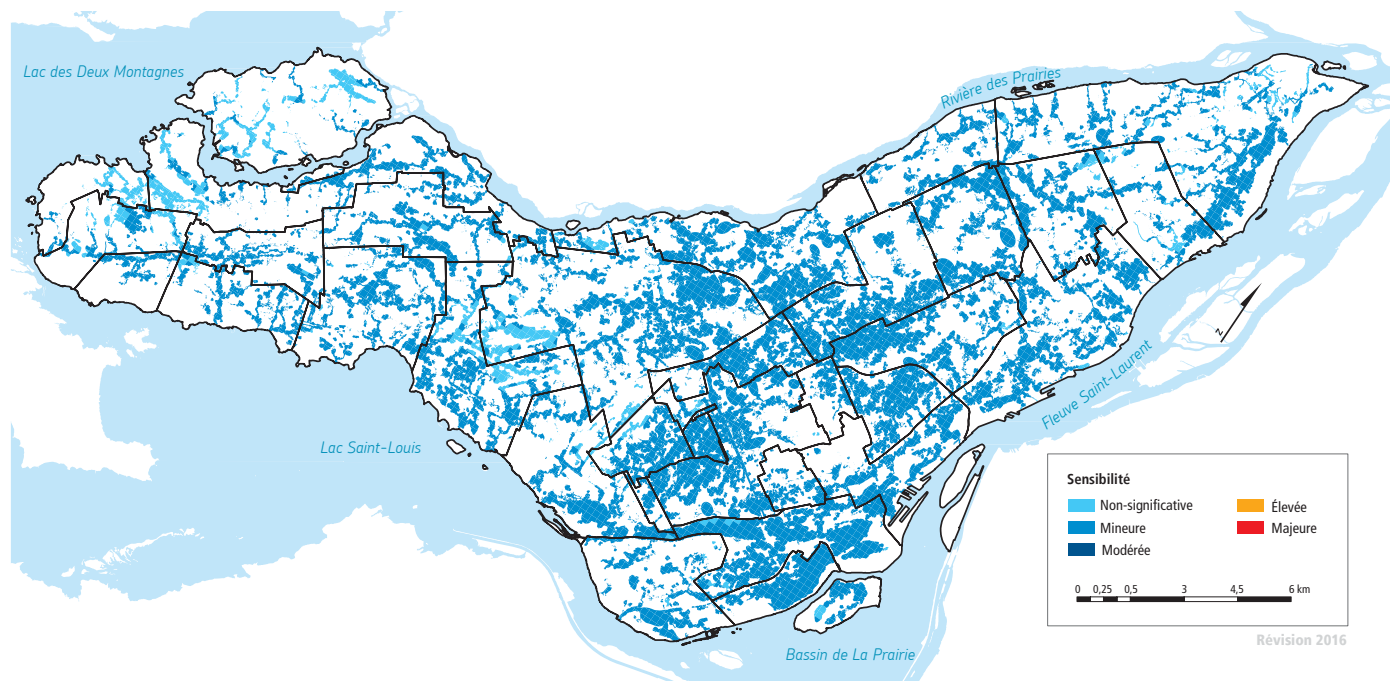
L'autre paramètre qui agit grandement sur la sensibilité physique aux pluies abondantes est l'urbanisation. En effet, les quartiers plus anciens, situés au centre de l'île et comptant une grande densité d'habitants, de bâtiments et de routes (Ahuntsic-Cartierville, Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce, Côte-Saint-Luc, Hampstead, Le Plateau-Mont-Royal, Rosemont-La Petite-Patrie, Saint-Laurent, Le Sud-Ouest, Verdun, Villeray-Saint-Michel-Parc-Extension) ont des zones ayant un potentiel d'accumulation d'eau sur une bonne partie de leur territoire. L'ouest et une partie de l'est de l'île, quant à eux, sont des zones moins minéralisées et avec plus de végétation, ce qui permet à l'eau de pluie d'être en partie absorbée par les sols, réduisant ainsi l'accumulation d'eau dans les cuvettes.

Tout comme pour la sensibilité physique, les quartiers plus anciens présentant une forte densité de population et d'infrastructures sont ceux présentant la sensibilité territoriale la plus élevée, puisqu'ils possèdent une plus grande densité d'infrastructures sensibles comme le montre la Carte 5.2.

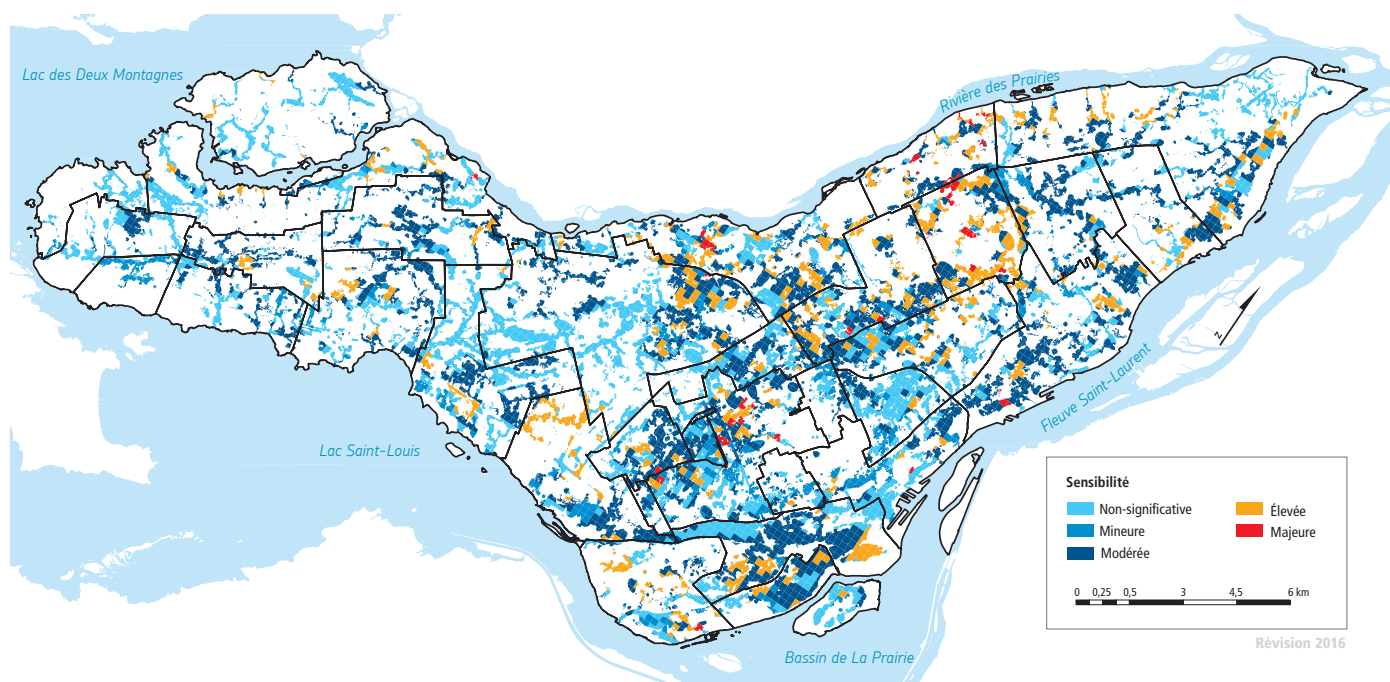
Il est plus difficile d'identifier un facteur déterminant pour la sensibilité sociale (Carte 5.3). La présence de personnes matériellement défavorisées fait beaucoup augmenter la sensibilité sociale, puisqu'elles sont les plus touchées par plusieurs des impacts des pluies abondantes. Les personnes âgées sont aussi très impactées. Comme une partie importante de ces personnes vivent seules (un autre facteur de sensibilité sociale) et sont souvent matériellement défavorisées, elles constituent un groupe particulièrement sensible.

La Carte 5.5 montre qu'une bonne partie de l'agglomération présente une vulnérabilité mineure ou modérée aux pluies abondantes et que les zones plus vulnérables se retrouvent au centre et à l'est de l'île. Seulement quelques zones ont une vulnérabilité élevée, et ce, parce qu'elles sont situées dans des endroits qui risquent d'accumuler le ruissellement d'eau de pluie et à cause de la présence d'infrastructures et de populations sensibles.

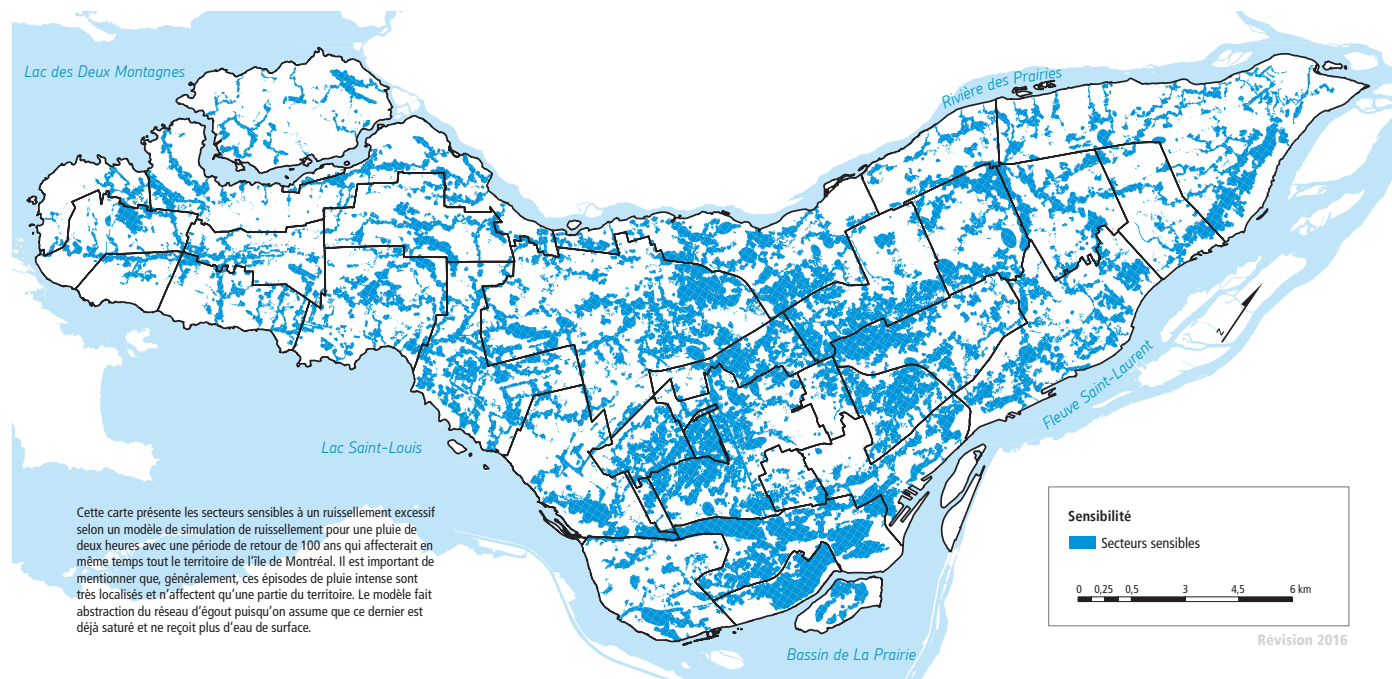
CARTE 5.2
SENSIBILITÉ TERRITORIALE DANS LES SECTEURS DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL EXPOSÉS AUX INONDATIONS CAUSÉES PAR LE RUISSELLEMENT EXCESSIF



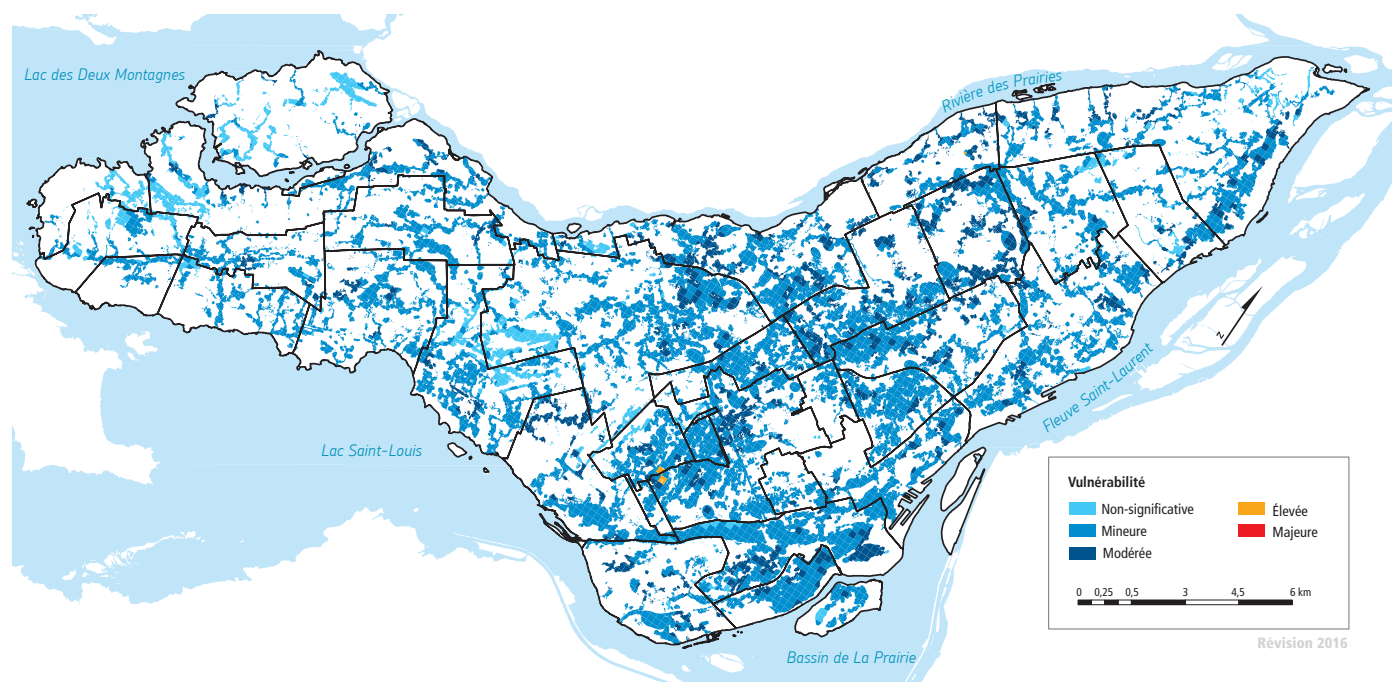
CARTE 5.3
SENSIBILITÉ SOCIALE DANS LES SECTEURS DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL EXPOSÉS AUX INONDATIONS CAUSÉES PAR LE RUISSELLEMENT EXCESSIF



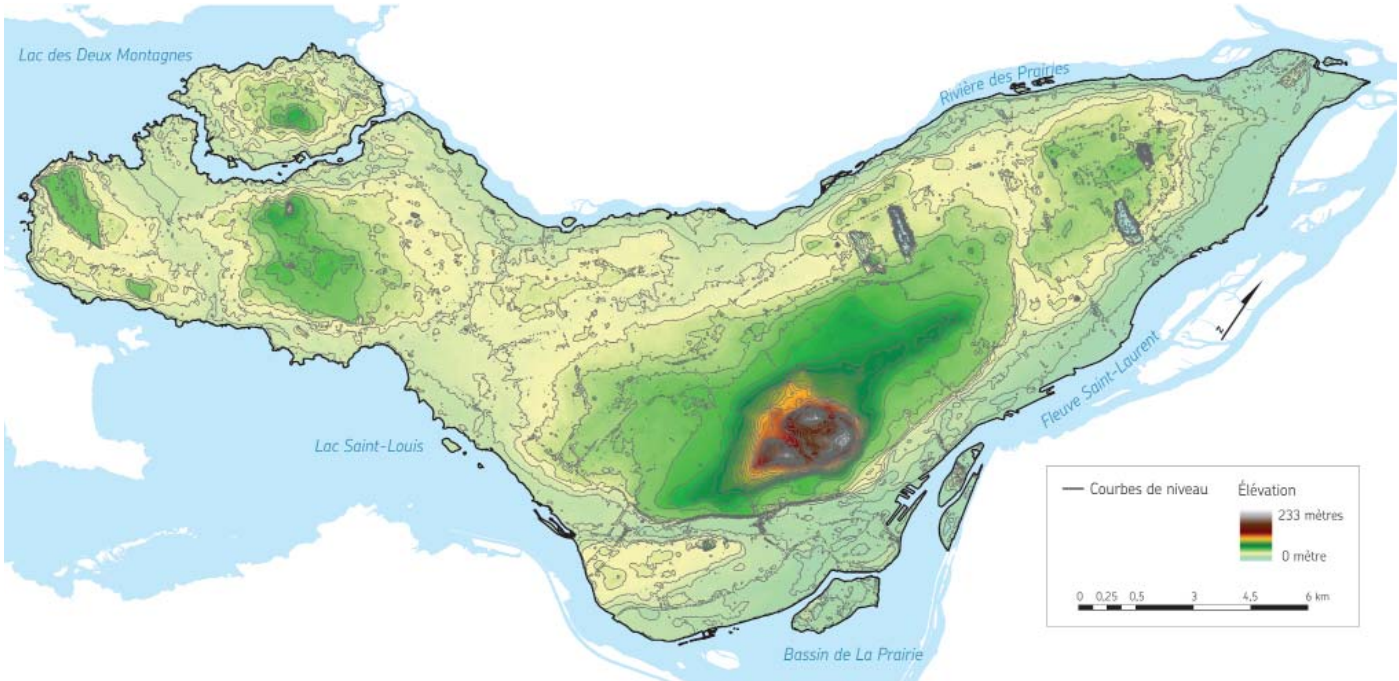
CARTE 5.4
SECTEURS DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL EXPOSÉS AUX INONDATIONS CAUSÉES PAR LE RUISSELLEMENT EXCESSIF

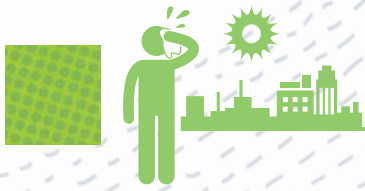


CARTE 5.5
VULNÉRABILITÉ AUX PLUIES ABONDANTES DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL



CARTE 5.6
TOPOGRAPHIE DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL





VAGUES DE CHALEUR

Vagues de chaleur, chaleur extrême, chaleur accablante, canicule... Il existe de nombreuses façons de qualifier un événement de température chaude extrême. Cette caractérisation est même variable d'une région à l'autre de la planète selon les « habitudes » climatiques et les seuils de tolérance de chacun.

Une étude récente⁴⁷ a documenté l'augmentation des vagues de chaleur à l'échelle du globe depuis les années 1950. Le nombre de nuits et de jours chauds a ainsi augmenté de manière significative sur la majorité des territoires, notamment au Québec, de même que la durée des vagues de chaleur. Qu'en est-il pour l'agglomération de Montréal?

DÉFINITIONS DES VAGUES DE CHALEUR AU CANADA

Canicule : période minimale de trois jours consécutifs au cours desquels la température atteint ou dépasse 30 °C le jour.

Chaleur accablante : Environnement Canada émet un avertissement de chaleur et d'humidité accablantes lorsqu'il prévoit que la température de l'air atteindra ou dépassera 30 °C et l'indice humidex* atteindra ou dépassera 40.

Chaleur extrême : cette expression est utilisée par les autorités de santé publique pour désigner une période de trois jours consécutifs où la température maximale atteint ou dépasse 33 °C, et la température minimale ne descend pas sous les 20 °C, ou lorsque la température ne descend pas sous les 25 °C durant deux nuits consécutives.**

* Le facteur humidex est un indicateur établi par Environnement Canada. Il qualifie le confort des humains en combinant la température moyenne et l'humidité relative quotidiennes (tiré du document *Changements climatiques, vulnérabilité et adaptation des immeubles, Corporation d'hébergement Québec*, page 28). [www.msss.gouv.qc.ca/documentation/planification-immobiliere/app/DocRepository/1/Publications/Guide/Chang_climatiques_110407.pdf]

** METEO MEDIA. *Canicule, vague de chaleur, chaleur accablante... Des termes à démystifier!*, [en ligne], mise à jour le 27 juin 2014. [www.meteo-media.com/nouvelles/articles/canicule-vague-de-chaleur-chaleur-accablante-des-termes--dmler/3905/] (Page consultée le 22 juillet 2015).



© Shutterstock

ÉVOLUTION CLIMATIQUE

PÉRIODE HISTORIQUE

Montréal a subi de nombreuses vagues de chaleur au cours des 70 dernières années. Plus particulièrement, nous avons analysé les événements marquants des 30 dernières années qui, entre autres, ont occasionné de nombreux décès (voir Tableau 6.1).

TABEAU 6.1
QUELQUES ÉVÉNEMENTS MARQUANTS DE VAGUES DE CHALEUR SUR L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL

Date	Moyenne des températures	Nombre de décès*†
9-13 juillet 1987	32,6 °C	169
16-18 juin 1994	33,1 °C	103
1-3 juillet 2002	33,2 °C	30
14-18 août 2009	30,7 °C	Non disponible
5-10 juillet 2010	33 °C	106
20-23 juillet 2011	32,9 °C	13
14-19 juillet 2013	32 °C	6

* AGENCE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX DE MONTRÉAL (2014). *Chaleur accablante ou extrême 2014 - Plan régional de prévention et de protection Guide à l'intention des établissements de santé*, [En ligne], 128 p. [collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs2394682].

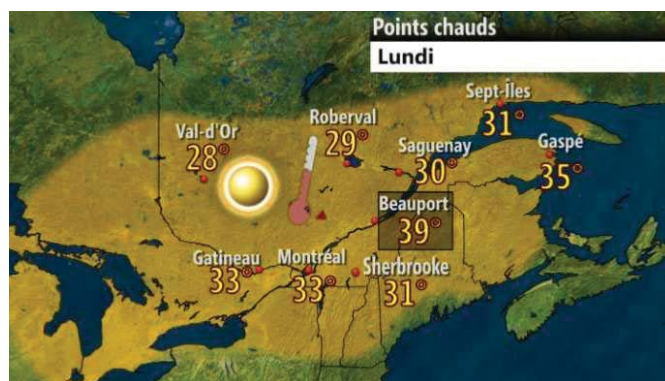
† CLIMAT QUÉBEC. *Bilan d'événements météo*, [En ligne]. [www.climat-quebec.qc.ca/home.php?id=summary_weather_events&mpn=climate_mon].

Plusieurs aspects sont à considérer quand on étudie les vagues de chaleur : leur durée, le taux d'humidité et le contraste jour/nuit. Une vague de chaleur qui s'installe sur la durée ou dont le taux d'humidité est élevé (fort humidex) sera particulièrement inconfortable pour la population. Il en est de même lorsque les nuits ne se rafraîchissent pas suffisamment (température de nuit qui reste supérieure à 20 °C).

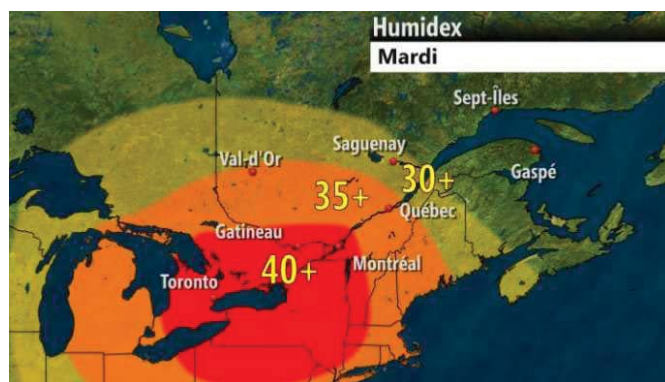
La Figure 6.1 donne l'exemple de la canicule du 14 au 19 juillet 2013 ressentie à Montréal avec une température de 33 °C le 15 juillet (voir Figure 6.1 a) et un indice humidex particulièrement élevé de 40 le 16 juillet (voir Figure 6.1 b). La température de 33 °C est une moyenne pour l'agglomération de Montréal et ne reflète pas les disparités d'un quartier à l'autre. En effet, il faut garder à l'esprit que les zones propices aux îlots de chaleur intra-urbains (ICIU) (phénomène détaillé dans la section Impacts), par exemple, peuvent être 7 à 12 °C⁵⁹ plus chaudes la nuit.

FIGURE 6.1
CARTES D'UNE CANICULE LES 15 ET 16 JUILLET 2013

a) Température (°C)



b) Humidex (ou température ressentie)



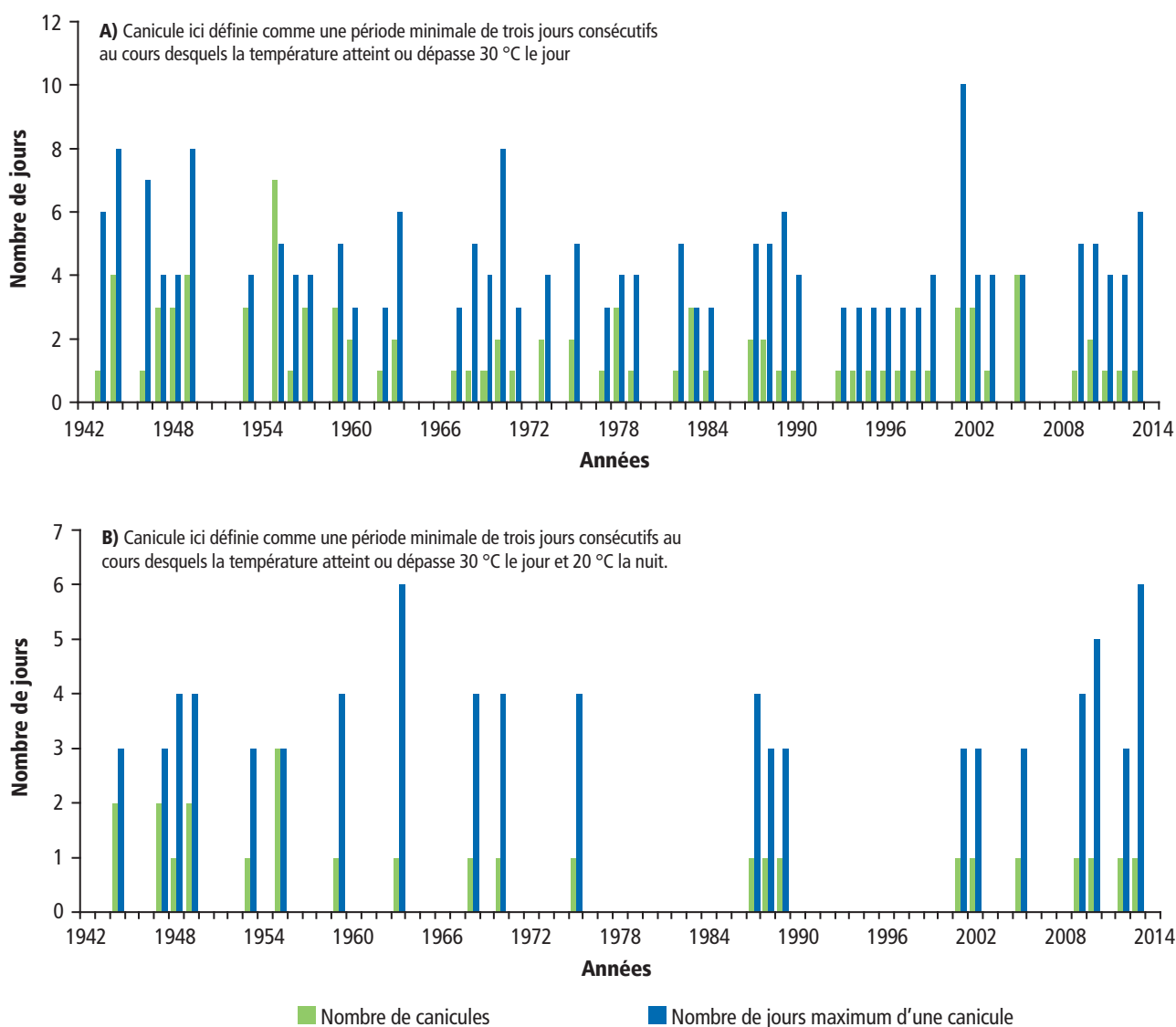
Source : METEO MEDIA. *Canicule et vague de chaleur pour l'ensemble de la province*, [en ligne], mise à jour le 16 juillet 2013. [www.meteomedia.com/nouvelles/articles/au-coeur-de-la-canicule/9102/] (Page consultée le 22 juillet 2015).

Il est difficile d'établir une tendance significative pour l'évolution des vagues de chaleur à Montréal au cours des 70 dernières années, tant cette tendance dépend de la définition que l'on choisit pour les vagues de chaleur. En effet, à l'exception d'une canicule d'une durée record de 10 jours observée en 2001, le nombre de canicules est assez stable sur le territoire de l'agglomération de Montréal si l'on choisit la définition de

l'introduction (voir Figure 6.2 A). Si l'on choisit une définition de canicule qui prend également en compte les hautes températures nocturnes, on obtient une évolution différente et une tendance encore plus difficile à discerner (voir Figure 6.2 B). Cependant, il apparaît clairement que les années 2000 ont été particulièrement marquées par des épisodes de canicules, surtout en comparaison avec les deux décennies précédentes.

FIGURE 6.2
ÉVOLUTION DU NOMBRE ET DE LA DURÉE DES CANICULES SUR LA PÉRIODE 1942-2014 À MONTRÉAL

Source : Données issues de la station météorologique de l'aéroport international Montréal-Trudeau.



La température ressentie par le corps humain peut être plus élevée que celle indiquée sur le thermomètre lorsque le taux d'humidité de l'air est élevé (humidex élevé). En effet, l'humidité entrave le processus de sudation qui permet au corps de se refroidir. Si on considère l'évolution de l'indice humidex sur la période 1953-2012 à Montréal, plus particulièrement pour les nuits (voir Figure 6.3), on constate que la fréquence des nuits avec un indice humidex supérieur à 30, quant à elle, a clairement augmenté. Il est important de noter que l'analyse a été réalisée sur les données prises à la station de l'aéroport international Montréal-Trudeau, qui est peu touché par l'effet d'îlot de chaleur intra-urbain. Il se peut donc que la fréquence des nuits avec humidex supérieur à 30 soit encore plus importante dans certaines zones de l'agglomération de Montréal plus propices aux îlots de chaleur. Les nuits avec chaleur et humidité accablantes sont particulièrement éprouvantes pour les individus, car elles altèrent la qualité du sommeil et génèrent donc de la fatigue.

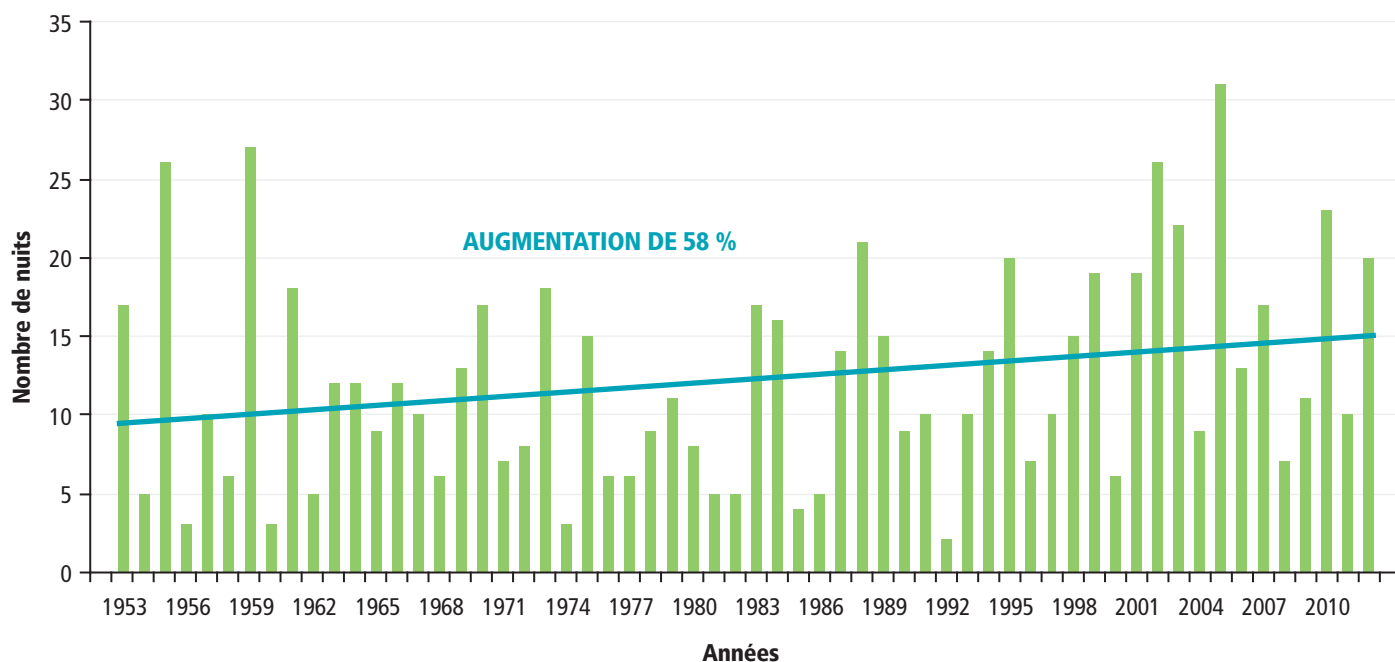
Pour résumer, en tenant compte ou non du facteur humidex, et, peu importe la définition de vague de chaleur choisie, on observe une tendance à la hausse de ces événements à Montréal, laquelle tendance est particulièrement visible au cours de la décennie 2000.

PROJECTIONS CLIMATIQUES

Comme pour le reste du globe, les modèles climatiques prévoient de fortes augmentations dans la durée des vagues de chaleur ainsi que la fréquence des nuits chaudes (température minimale > 20 °C) pour le sud du Québec, incluant Montréal. Selon ces mêmes projections, les températures extrêmes maximales en été augmenteront plus que les températures moyennes estivales. Ceci laisse donc entrevoir des épisodes de vagues de chaleur plus longs et plus intenses au cours des décennies à venir. Les projections climatiques sont unanimes à ce sujet. Les impacts sont déjà tangibles et pourront devenir encore plus considérables. C'est pourquoi il est important que l'agglomération de Montréal s'adapte à cet aléa climatique.

FIGURE 6.3
ÉVOLUTION DU NOMBRE DE NUITS AVEC HUMIDEX SUPÉRIEUR OU ÉGAL À 30 SUR LA PÉRIODE 1953-2012

Source : Données issues de la station météorologique de l'aéroport international Montréal-Trudeau.



IMPACTS

Les impacts causés par les vagues de chaleur sur l'agglomération de Montréal sont schématisés dans la Figure 6.4. Les impacts ont été divisés en quatre catégories : impacts sur le bâti, environnementaux, socio-économiques et sur les opérations. Les impacts de chaque catégorie sont expliqués dans la suite.

FIGURE 6.4
EXEMPLES D'IMPACTS POTENTIELS DES VAGUES DE CHALEUR SUR L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL



IMPACTS SUR LE BÂTI

Les grandes chaleurs affectent peu l'intégrité des structures, mais peuvent en affecter les performances techniques. La hausse des températures pendant les vagues de chaleur touche notamment les routes et les artères de l'agglomération montréalaise. Les chaussées où l'on retrouve une forte circulation et beaucoup de véhicules lourds peuvent se ramollir et se déformer sous le poids des véhicules, formant ainsi des ornières. La chaleur peut également causer des pertes d'adhésion entre l'enrobé bitumineux et le tablier des ponts et causer des dommages prématurés aux joints de dilatation des ouvrages.

Peu d'autres impacts des vagues de chaleur sur les infrastructures ont été observés sur l'île de Montréal jusqu'à présent. Toutefois, certains impacts observés ailleurs pourraient éventuellement devenir préoccupants pour l'agglomération dans les années à venir. Par exemple, la hausse de la température des eaux usées dans le réseau d'égouts pendant les périodes chaudes provoque une augmentation de la génération de sulfure d'hydrogène (H_2S), lequel est néfaste pour le béton de ces infrastructures et peut causer des dommages. De plus, en ce qui a trait aux bâtiments, la chaleur excessive peut occasionner la surchauffe des façades et des toits et ainsi fragiliser certains matériaux. Elle peut, dans certains cas, provoquer la dilatation excessive des joints et entraîner l'éclatement de panneaux de verre. Par ailleurs, une toiture mal isolée entraîne une augmentation de la température à l'intérieur du bâtiment qui peut augmenter les coûts de climatisation. Enfin, les chaleurs intenses peuvent également représenter un risque pour l'intégrité des voies ferrées. En causant la dilation du métal, les températures élevées provoquent la torsion des rails affectant, du coup, l'efficacité et la sécurité des services de transport.²⁹



Crédit : © Pavement Interactive courtoisie de Pavia Systems

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

VÉGÉTAUX

Les végétaux sont particulièrement vulnérables aux changements climatiques rapides qui ne permettent pas l'activation ou l'évolution de mécanismes adaptatifs.

Augmentation du stress hydrique

Le stress hydrique, c'est-à-dire le stress que subit une plante en raison d'un manque d'eau, est certainement l'un des stress les plus dangereux pour les végétaux en raison de son effet direct sur le métabolisme de la plante (photosynthèse, respiration), mais aussi en raison des effets indirects qui l'affectent négativement. Les vagues de chaleur estivales entraînent une augmentation de l'évapotranspiration. Cette dernière, si elle

n'est pas compensée par des ressources hydriques suffisantes dans le sol, entraîne un stress hydrique chez la plante affectée.⁷
129

Les végétaux peuvent pallier les effets négatifs des températures extrêmes grâce à plusieurs mécanismes. L'un des plus importants est la fermeture de leurs stomates (pore microscopique situé sur les feuilles et les tiges servant aux échanges gazeux avec l'atmosphère) afin de limiter la perte d'eau. Certains peuvent perdre leurs feuilles afin de limiter la surface de transpiration. Ces mécanismes de défense peuvent s'avérer insuffisants face aux températures extrêmes. Si ces dernières perdurent, elles peuvent entraîner la mort de certains végétaux, notamment ceux qui sont déjà mal en point et stressés, que ce soit par des ravageurs ou par d'autres conditions de croissance non optimales.

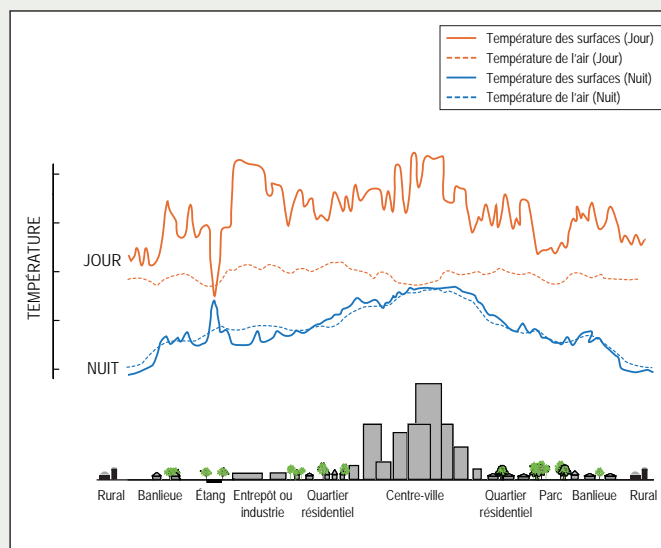
ÎLOTS DE CHALEUR INTRA-URBAINS

Un îlot de chaleur intra-urbain (ICIU) désigne la différence de température observée entre les milieux urbains et les zones rurales environnantes. La température peut être jusqu'à 12 °C plus élevée dans les concentrations urbaines par rapport aux zones rurales. Il existe deux types d'îlots de chaleur urbains, à savoir :

- les îlots de chaleur à la surface du sol;
- les îlots de chaleur de la canopée urbaine, soit la couche d'air comprise entre le sol et la cime des arbres ou les toitures des bâtiments, où l'essentiel de l'activité humaine se déroule.

La Figure 6.5 illustre les variations de températures de la surface et de l'air pendant le jour et la nuit selon l'occupation du sol. On y voit clairement comment la température est plus élevée dans les zones où il y a une forte densité de bâtiments et comment elle diminue au fur et à mesure que cette densité de bâtiments baisse également. On remarque aussi comment les températures de surface sont plus variables que celles de l'air. Enfin, on constate que l'impact de l'îlot de chaleur sur la température de l'air apparaît surtout la nuit. En effet, alors qu'elle diminue durant la nuit dans les milieux naturels ou faiblement minéralisés, la température reste aussi élevée la nuit que le jour dans les endroits fortement urbanisés.

FIGURE 6.5
VARIATION DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR ET DES SURFACES



Source : U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Reducing Urban Heat Islands, Compendium of Strategies*, [en ligne]. [www.epa.gov/heatisland/resources/compendium.htm]. Modifié de VOOGT, J. 2002. *Urban Heat Island* dans Munn, T. (ed.) *Encyclopedia of Global Environmental Change*, Vol. 3. Chichester: John Wiley and Sons. Traduction de SAGA CITÉ. *Îlots de chaleur urbains : définition et impacts*, 2011, [en ligne]. [www.sagacite.org/2011/03/ilots-de-chaleur-urbain-definition-et-impacts] (Page consultée le 22 juillet 2015).

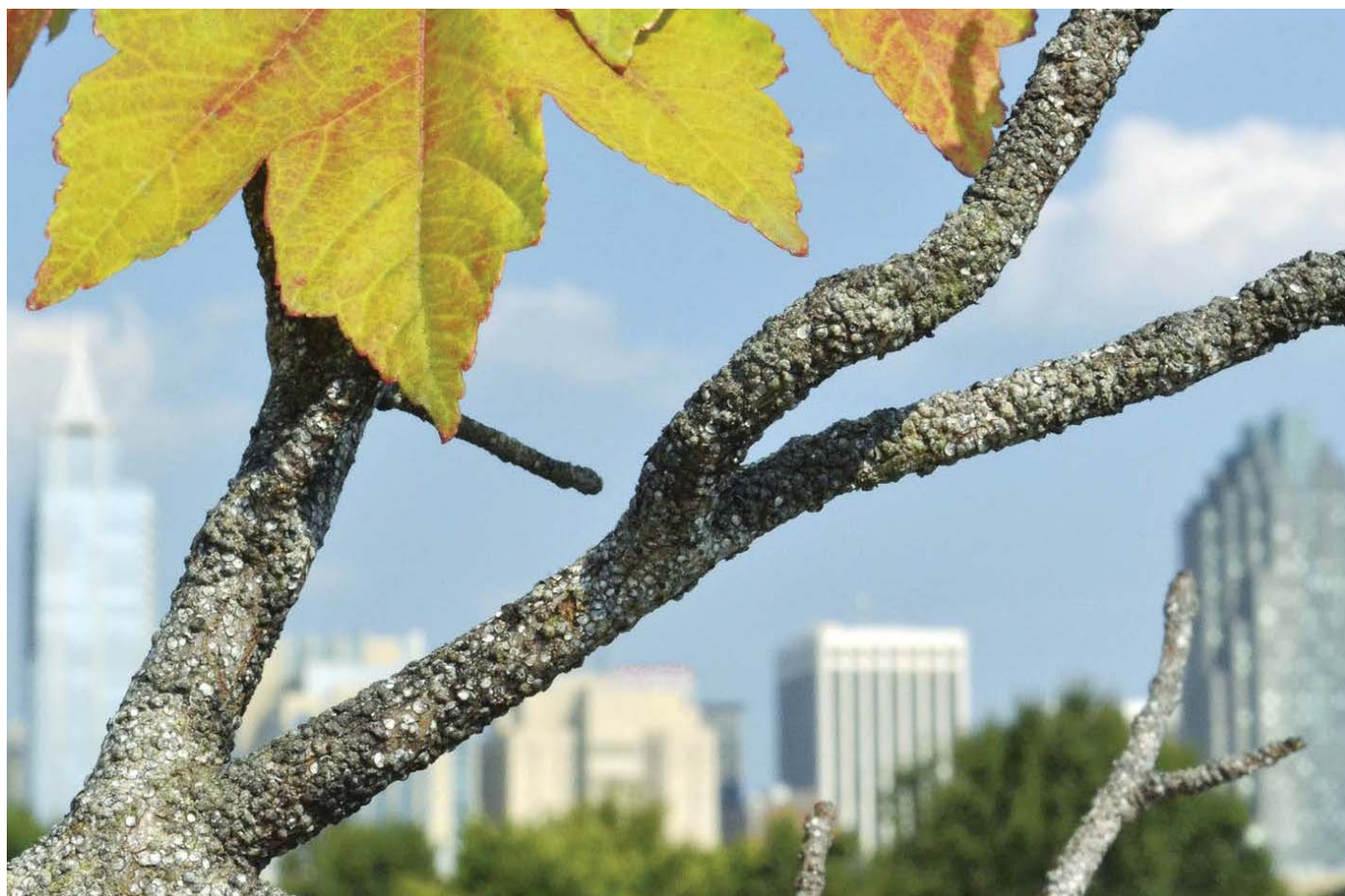
Les îlots de chaleur intra-urbains contiennent généralement peu de végétation. Toutefois, lorsqu'ils en contiennent, ils exacerbent les effets négatifs des changements climatiques sur les végétaux.¹⁰² Ainsi, toute la végétation présente dans un îlot de chaleur intra-urbain est beaucoup plus vulnérable au stress hydrique. Les services écologiques rendus par les arbres présents dans les îlots de chaleur sont donc moindres que si ces derniers se situaient dans une zone plus fraîche de la ville.⁸⁷

En outre, la végétation et les arbres situés dans un îlot de chaleur intra-urbain sont beaucoup plus vulnérables aux insectes et aux maladies.⁴² C'est donc à ces endroits que les ravageurs sont susceptibles de faire plus de dommages ou de survivre en raison de conditions climatiques plus favorables. Par exemple, certains ravageurs, comme les cochenilles, peuvent avoir des populations jusqu'à 200 fois plus importantes sur les érables rouges situés dans les îlots de chaleur intra-urbains que

sur les érables rouges situés en zones de fraîcheur.^{42, 43} En fait, les îlots de chaleur intra-urbains donnent un avant-goût des impacts des changements climatiques qui pourraient survenir de manière généralisée à l'avenir dans les zones non sujettes aux îlots de chaleur intra-urbains.¹⁷⁸

Gestion des espèces végétales indésirables : perte d'efficacité de certains herbicides

Après les insectes, les espèces végétales indésirables viennent au second rang des problèmes phytosanitaires des espaces verts rapportés par les villes reconstituées et les arrondissements de l'agglomération. Pour les contrôler, les responsables de l'entretien de ces espaces ont parfois recours à des herbicides. Or, la fermeture des stomates en période de chaleur extrême pourrait empêcher la pénétration et/ou la diffusion de l'herbicide



Cochenilles (petits insectes suceurs de sève) sur une branche d'érable situé dans un îlot de chaleur intra-urbain.
Crédit : © Adam G. Dale

et rendre ainsi inefficace ce type de méthode de contrôle.⁶⁵ Les changements climatiques sont donc une raison supplémentaire de développer des moyens alternatifs pour contrôler les espèces végétales indésirables. Par exemple, il est possible de privilégier des méthodes physiques (p. ex. arrachage, choc thermique) ou biologiques (utilisation d'ennemis naturels).

INSECTES

La température corporelle des insectes dépend directement de la température.¹⁰ Cette température interne influence à son tour plusieurs aspects tels que les fonctions physiologiques et le comportement de l'insecte. Or, il existe une certaine plage de températures optimales pour lesquelles les fonctions physiologiques des insectes peuvent fonctionner adéquatement.^{12, 35} Les températures extrêmes, comme celles vécues lors de vagues de chaleur, peuvent affecter négativement les insectes.

Diminution des populations d'insectes

Des épisodes de chaleurs extrêmes, même de courte durée, peuvent diminuer les populations de plusieurs insectes qui atteindront leur limite thermique de développement. Cette diminution pourrait, par exemple, se manifester suite à une mortalité directe des individus exposés à la chaleur ou suite à une baisse de la vigueur des survivants. Par exemple, un choc thermique à des températures supérieures à 36 °C pendant une seule heure peut être suffisant pour entraîner la mort de certains insectes.

Tant les insectes nuisibles que les insectes bénéfiques (pollinisateurs, insectes compromettant le développement d'organismes nuisibles) pourraient être touchés par des températures élevées. Les températures élevées pourraient être bénéfiques en augmentant la vulnérabilité de certains ravageurs face à leurs ennemis naturels et en augmentant l'efficacité de ces derniers.^{16, 68} Toutefois, certains ennemis naturels pourraient être négativement touchés par de telles conditions climatiques.⁴⁵

Gestion des insectes nuisibles : perte d'efficacité de plusieurs pesticides

Tel que mentionné précédemment, les températures élevées ont un effet direct sur les végétaux en suscitant la fermeture des stomates. Cet impact a des répercussions sur plusieurs opérations de contrôle d'espèces nuisibles par l'utilisation de pesticides. En effet, plusieurs pesticides systémiques utilisent la remontée capillaire de la sève, initiée par la transpiration des plantes, pour atteindre et se distribuer dans les différentes parties de la plante. Or, la fermeture des stomates en période de chaleur extrême empêchera la bonne diffusion du pesticide systémique dans la plante.⁶⁵

Plusieurs insecticides, visant des ravageurs des arbres, sont systémiques et doivent être injectés dans le tronc de l'arbre pour être par la suite diffusés. On peut donc penser que les traitements visant des insectes ravageurs qui menacent la forêt urbaine, par exemple l'agrile du frêne, seront moins ou pas efficaces si les traitements sont effectués à des températures élevées. Cet aspect devrait être pris en compte dans les opérations visant le contrôle d'un tel ravageur. Les responsables des espaces verts devraient donc éviter de traiter des arbres à l'aide de pesticides systémiques lors d'épisodes de vagues de chaleur.



Traitement au savon insecticide
Crédit : © Équipe de lutte intégrée, Ville de Montréal

MILIEUX AQUATIQUES

Prolifération de cyanobactéries → Diminution de la qualité de l'eau

L'un des impacts majeurs des vagues de chaleur sur les milieux aquatiques est l'augmentation des fleurs d'eau (blooms) de cyanobactéries.⁸⁸ La prolifération de cyanobactéries peut avoir de nombreuses répercussions telles que :

- l'eutrophisation des plans d'eau, perturbant ainsi la croissance des espèces aquatiques et diminuant la biodiversité;
- l'obstruction des systèmes de filtration;
- la coloration de l'eau;
- le mauvais goût de l'eau;
- la production de toxines (certaines espèces produisent des toxines pouvant être mortelles pour les animaux et l'humain);
- la réduction de l'eau accessible pour la baignade;
- des problèmes d'approvisionnement en eau potable.

Changement dans la structure des communautés d'organismes aquatiques

Les vagues de chaleur peuvent affecter la structure des communautés benthiques* en changeant la composition relative des différentes espèces. Un suivi des microorganismes aquatiques des plans d'eau pourrait être un outil efficace pour documenter les effets des changements climatiques. Certaines espèces peuvent en effet servir de bio-indicateurs, c'est-à-dire des espèces dont la présence ou l'état fournit des renseignements permettant de déterminer certaines caractéristiques d'un milieu naturel.^{110, 125}

* TERMIUM PLUS, GOUVERNEMENT DU CANADA, BUREAU DE LA TRADUCTION.
Benthique : Ensemble des organismes aquatiques qui vivent en relation avec le fond des mers ou des lacs, [En ligne]. [www.btb.termiplus.gc.ca] (Page consultée le 22 juillet 2015).

FAUNE

Changement dans les communautés aviaires

Les vagues de chaleur ont des effets importants sur les communautés d'oiseaux des régions tempérées d'Amérique du Nord.⁶ Les oiseaux nichant au sol seraient particulièrement vulnérables aux vagues de chaleur.



Apparition d'un bloom de cyanobactéries à l'été 2012 à la dernière écluse du canal de Lachine, avant son embouchure dans le Vieux-Port de Montréal
Crédit : © Réseau de suivi du milieu aquatique, Ville de Montréal

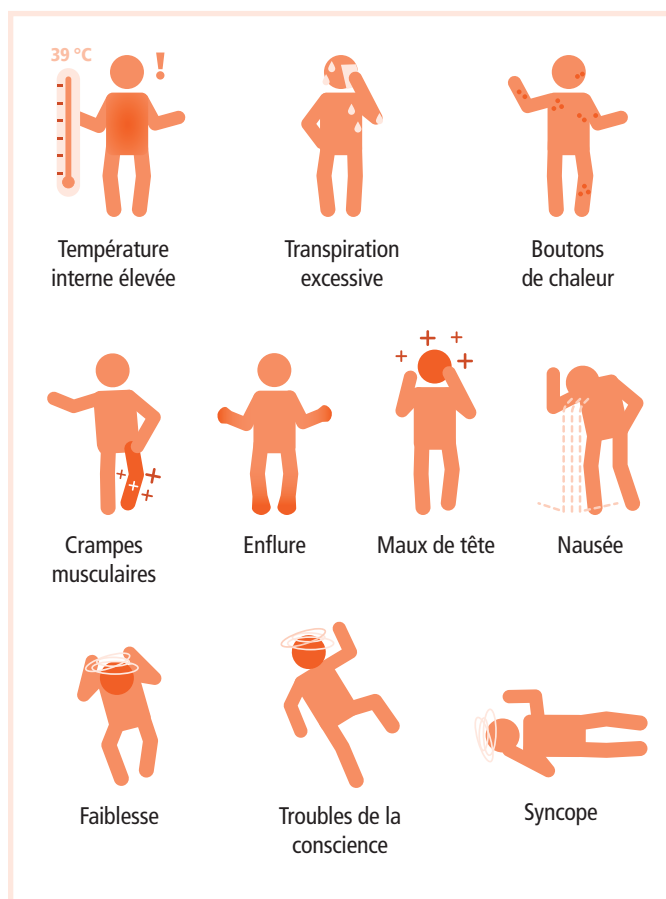


Chevalier grivelé (Spotted Sandpiper) en plumage nuptial
Crédit : © Réseau de suivi du milieu aquatique, Ville de Montréal

IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

Dans un milieu urbain densément peuplé comme celui de l'agglomération, les vagues de chaleur constituent un enjeu important de santé publique. Elles augmentent la prévalence des problèmes de santé en plus d'affecter la qualité de vie, de provoquer des arrêts de travail forcés et d'engendrer plusieurs autres désagréments.

FIGURE 6.6
IMPACTS DE LA CHALEUR SUR LA SANTÉ



Maladies chroniques dont les effets sont exacerbés par la chaleur

- Diabète
- Insuffisance respiratoire
- Maladies cardiovasculaires
- Maladies neurologiques
- Maladies cérébrovasculaires
- Maladies rénales

Source : GIGUÈRE, M. (2009). *Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains*, Institut national de santé publique du Québec, Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels, 95 p.

IMPACTS SUR LA SANTÉ

Les périodes de chaleur accablante provoquent des stress thermiques chez les personnes causant, entre autres, des crampes, des évanouissements et des coups de chaleur. Les chaleurs extrêmes apportent plusieurs inconforts, provoquent de nombreuses hospitalisations et peuvent également aggraver l'état de santé fragile des personnes atteintes de certaines maladies et causer des décès prématurés. Sur le territoire de l'agglomération de Montréal, plus de 400 décès ont été attribués à des vagues de chaleur au cours des 30 dernières années.²

Combinées à une forte humidité, les chaleurs extrêmes fragilisent le processus de régulation de température du corps humain. Étant donné que le corps humain se refroidit par l'évaporation de la sueur, un fort taux d'humidité rend ce mécanisme difficile. Le corps n'arrive plus à contrôler sa température qui augmente alors rapidement. Les vagues de chaleur impliquant un haut facteur humidex auront donc des impacts encore plus significatifs sur la santé de la population montréalaise.

Les périodes caniculaires peuvent également engendrer et accentuer les effets de la pollution atmosphérique. En effet, elles augmentent le nombre et l'ampleur des épisodes de smog. La qualité de l'air ainsi diminuée est un facteur aggravant les symptômes de plusieurs problèmes de santé énumérés précédemment et peut par ailleurs restreindre la pratique d'activités et de sports extérieurs.

SMOG

En été, le smog se forme particulièrement durant les journées très chaudes et ensoleillées. Il est surtout constitué de particules fines et d'ozone. L'ozone se forme au niveau du sol lorsque ses polluants précurseurs, les oxydes d'azote et les composés organiques volatils (COV), réagissent en présence des rayons du soleil. Ces précurseurs sont surtout émis par les moteurs des automobiles et les procédés industriels.

L'inconfort résultant des vagues de chaleur est ressenti non seulement à l'extérieur, mais également dans les transports publics, tels que le métro et l'autobus. La mobilité de certaines personnes plus à risque ou isolées peut alors être restreinte, ce qui peut contribuer à exacerber le problème d'isolement de même que certains problèmes de santé.

IMPACTS SUR LES OPÉRATIONS

Les vagues de chaleur ont aussi des incidences sur les opérations et les services municipaux. Une demande accrue pour certains services exige d'une administration municipale qu'elle ajuste ses activités pour répondre aux besoins des citoyens. C'est ainsi qu'on pourra avoir besoin de plus d'effectifs, de revoir certaines pratiques ou d'ajuster des budgets.

À titre d'exemple, les périodes de grandes chaleurs mènent à une augmentation de la demande pour les piscines, les patageoires et les jeux d'eau. Cette demande a une influence sur l'organisation de l'offre de services, mais également sur l'entretien des équipements. Il a été observé que le surachalandage des piscines a parfois amené les systèmes de qualité de l'eau à la limite de leur capacité et, dans certains cas, à la fermeture temporaire des installations. Les lieux publics climatisés tels que les bibliothèques et les centres communautaires sont aussi très populaires auprès de la population qui demande la prolongation des heures d'ouverture de ces espaces pour se rafraîchir. Dans le même ordre d'idées, en raison de leur effet comparable à un îlot de fraîcheur, les parcs sont plus fréquentés en soirée, et même la nuit, lors des périodes de canicules. On note par le fait même une augmentation du nombre d'interventions et un besoin accru d'effectifs pour offrir les services dans le respect des règles de

sécurité, entretenir les infrastructures et mettre en application, le cas échéant, les mesures d'urgence.

Parmi les impacts directs de la chaleur sur les opérations, il est évident que la chaleur peut ralentir ou même restreindre les nombreux travaux extérieurs planifiés pendant la saison chaude, perturbant ainsi les échéanciers de travail.

En termes de services à la population, bien que la capacité de répondre à la demande ne semble pas menacée, on note en temps de canicule une augmentation de la demande en eau. Le temps de réserve en réseau est plus court dans ces moments plus critiques, fragilisant ainsi le système en cas de problème. La présence accrue de cyanobactéries dans l'eau requérant un traitement à l'ozone, lequel n'est pas disponible dans toutes les usines, ainsi qu'une dégradation plus rapide du chlore dans le réseau augmentent les besoins en chloration et les coûts d'exploitation associés.

Finalement, les grandes canicules, surtout lorsqu'elles sont combinées à une période de sécheresse, favorisent la présence d'odeur dans les regards d'égout et les poubelles publiques, ce qui accroît le nombre de plaintes provenant des citoyens.



Achalandage à la piscine du parc Laurier, Le Plateau-Mont-Royal
Crédit : © Marco Campanozzi, La Presse



Face aux risques liés aux changements climatiques, la Société de transport de Montréal (STM) prend différentes mesures afin de limiter la vulnérabilité de son réseau, assurer la sécurité de la clientèle et maintenir son service en cas d'intempéries.

Les épisodes de vagues de chaleur influent sur la température ressentie dans le métro. Les quelque 80 postes de ventilation mécanique ainsi que les puits de ventilation naturelle permettent de renouveler l'air du réseau de métro. Ils régularisent la température ambiante et apportent de l'air frais à la clientèle, en effectuant l'échange d'air entre le réseau du métro et l'extérieur. Pendant la saison estivale, la ventilation permet d'extraire une partie de la chaleur générée par les voitures de métro, au freinage et à l'accélération.

En complément, la STM travaille à diminuer les sources d'apport de chaleur dans le réseau du métro. Le principal apport de chaleur étant associé au fonctionnement des voitures de métro, les nouveaux trains Azur ont été conçus pour réduire la quantité de chaleur rejetée dans le réseau. Par ailleurs, la ventilation à bord des nouveaux trains Azur sera optimisée afin d'améliorer le confort de la clientèle.

Afin de lutter contre les îlots de chaleur, la STM intègre autant que possible des mesures de verdissement dans ses projets de construction ou rénovation. Ainsi, 25 % de la toiture du centre de transport Stinson est végétale, soit 8 000 m² ou l'équivalent d'un terrain et demi de football, ce qui en fait un des plus grands toits verts du Québec, sinon le plus grand. Le reste du toit est couvert d'une surface blanche et réfléchissante. Des aires de stationnement végétalisées, plus de 500 arbres, arbustes, plantes diverses et quelque 22 000 m² gazonnés complètent l'aménagement. Le toit de la station de métro Champ-de-Mars a aussi été végétalisé lors des récents travaux de rénovation.

L'UCMU (Unité de Coordination des Mesures d'Urgence) de la STM coordonne l'ensemble des actions en vue de la résolution des situations d'urgence et en particulier celles liées aux conditions climatiques extrêmes, et ce, en lien avec les centres opérationnels et les bureaux de mesures d'urgence de la Ville et de l'agglomération.

La STM est également une ressource pour les populations vulnérables lors des épisodes de canicule. Partenaire des plans de mesures d'urgence de la Ville de Montréal et de la sécurité civile de l'agglomération, le service de transport adapté et de bus peut être mobilisé pour transporter les personnes vulnérables vers des sites climatisés.

Contribution de la STM



Crédit : © Société de transport de Montréal

ANALYSE DE VULNÉRABILITÉ

Une fois que les impacts engendrés par les vagues de chaleur sont connus, il est possible d'effectuer une analyse de la vulnérabilité de l'agglomération de Montréal pour cet aléa. Comme plusieurs de ces impacts touchent des groupes de personnes qui habitent des lieux particuliers de l'agglomération et des infrastructures dont l'emplacement est connu, il est possible d'effectuer une analyse géographique de la vulnérabilité, ce qui a d'ailleurs été fait. La méthodologie employée est détaillée à l'Annexe A.

Cette section présente les zones de l'agglomération touchées par l'aléa, ainsi que les sensibilités environnementale, territoriale et sociale, que ces sensibilités soient cartographiables ou non. Pour terminer, les cartes obtenues par l'analyse géographique sont présentées et discutées dans la section Vulnérabilité aux vagues de chaleur à la page 81.

ZONES TOUCHÉES PAR L'ALÉA (SENSIBILITÉ PHYSIQUE)

Les zones de l'agglomération où la chaleur se fait le plus sentir sont les îlots de chaleur intra-urbains (ICIU, voir l'encadré pour plus d'information à la page 71). Ils sont montrés sur la Carte 6.4 à la page 83. Plusieurs facteurs contribuent à la formation des ICIU^{22, 27, 37, 81} :

- **Les matériaux.** La capacité de réflexion des rayons du soleil varie d'un matériau à l'autre. Les rayons qui ne sont pas reflétés sont absorbés et ils sont emmagasinés sous forme de chaleur. Les zones urbanisées contiennent de nombreux matériaux qui absorbent beaucoup de chaleur pendant la journée (briques, pierres, asphalte, goudron, etc.). Une fois la nuit venue, ces matériaux émettent une partie de la chaleur accumulée sous forme de rayonnement infrarouge. C'est pourquoi la température demeure élevée la nuit dans les îlots de chaleur intra-urbains lors des vagues de chaleur.
- **La végétation.** La présence d'arbres permet, s'ils sont bien positionnés, de bloquer une partie des rayons solaires et de les empêcher d'atteindre des surfaces où ils seraient absorbés. De plus, les plantes, tout comme les humains, transpirent. Lors de ce processus, une partie de l'eau liquide qu'elles contiennent passe à l'état gazeux. Pour que l'eau puisse changer ainsi de phase, elle a besoin d'absorber de l'énergie de l'air ambiant, ce qui le rafraîchit au passage.
- **L'imperméabilisation du sol.** En période de vague de chaleur, une partie de l'eau contenue dans le sol s'évapore. Comme pour la transpiration des plantes, cette évaporation se fait en absorbant de l'énergie de l'air ambiant, ce qui provoque un rafraîchissement.
- **Les activités humaines.** Plusieurs activités humaines émettent de la chaleur, notamment la climatisation, les transports et certaines activités industrielles.
- **La morphologie urbaine.** Les matériaux ayant accumulé de la chaleur pendant la journée l'émettent sous forme de rayonnement infrarouge une fois la nuit venue. Si ce rayonnement frappe un obstacle (un autre édifice, un arbre, etc.), il rebondit sur celui-ci et retourne frapper la surface d'origine qui en réabsorbe une partie. Des aspects de la morphologie urbaine comme la présence de grands édifices ou de rues étroites contribuent à la formation d'ICIU.



LA CONNAISSANCE DU PATRIMOINE ARBORICOLE

La connaissance du patrimoine arboricole s'est grandement améliorée au cours des dernières années pour les arbres situés sur le domaine public. En effet, la découverte de l'agrile du frêne en 2011 sur l'île de Montréal, et la constatation des ravages qu'il cause depuis, a fait prendre conscience de l'importance d'avoir un inventaire des arbres urbains complet et à jour. Aujourd'hui, la majorité des arbres de rue du territoire montréalais sont géoréférencés.

Une carte répertoriant les 254 444 arbres publics de la Ville de Montréal est disponible sur le site Web suivant : www.quebio.ca/fr/arbresmtl.

SENSIBILITÉ ENVIRONNEMENTALE

La Carte 6.1 (voir à la page 82) montre la sensibilité environnementale aux vagues de chaleur de l'agglomération de Montréal.

Comme mentionné dans la section Impacts environnementaux (page 71), les vagues de chaleur ont des effets importants sur les organismes vivants, notamment sur les végétaux. Les arbres et la végétation situés dans les ICIU sont particulièrement sensibles aux impacts des changements climatiques. L'analyse cartographique a tenu compte des arbres situés dans les ICIU.

Les milieux aquatiques sont aussi sensibles à la chaleur. L'analyse cartographique a aussi tenu compte de la présence de cours d'eau situés dans les ICIU.

En raison des données disponibles limitées, il n'a pas été possible de prendre en compte d'autres facteurs de sensibilité environnementale.

SENSIBILITÉ TERRITORIALE

La Carte 6.2 (voir à la page 82) montre la sensibilité territoriale aux vagues de chaleur de l'agglomération de Montréal.

Comme décrit à la section Impacts sur le bâti (page 70), peu d'infrastructures sont sensibles aux vagues de chaleur. Celles qui ont été prises en compte dans l'analyse géographique sont décrites ci-dessous. L'analyse de sensibilité territoriale tient compte de la présence de ces infrastructures sur le territoire, et parfois de leur densité, car des données géographiques sur leurs caractéristiques plus détaillées n'étaient pas disponibles.

- **Le réseau routier.** Le pavage des chaussées peut se ramollir à cause de la chaleur et former des ornières.
- **Les voies ferrées.** Des températures très chaudes peuvent dilater le métal des rails et provoquer leur torsion.

SENSIBILITÉ SOCIALE

La Carte 6.3 (voir page 83) montre la sensibilité sociale aux vagues de chaleur de l'agglomération de Montréal.

De façon générale, tout le monde peut avoir des troubles de santé lors d'une vague de chaleur, surtout si celle-ci se produit au début de l'été, alors que le corps n'est pas encore habitué à la chaleur.⁸² Cependant, comme décrit à la section Impacts socio-économiques (page 75), plusieurs groupes de personnes sont particulièrement sensibles aux impacts des vagues de chaleur, dont les enfants de 0 à 15 ans, les personnes âgées de 65 ans et plus, les personnes vivant seules, les personnes matériellement défavorisées et les immigrants récents ou les personnes ne parlant ni le français ni l'anglais. Les impacts pris en compte dans l'analyse géographique sont les suivants :

- problèmes de santé causés par la pollution atmosphérique;

- problèmes de santé causés par le pollen;
- maladies causées par la contamination des eaux de baignade;
- problèmes de santé liés à une mauvaise thermorégulation;
- augmentation du taux de mortalité;
- pertes économiques.

Certains impacts affectant certains des groupes de personnes n'ont pas été pris en compte dans l'analyse géographique parce que les données à ce sujet sont insuffisantes, comme le lieu où vivent les personnes souffrant de problèmes respiratoires (elles sont sensibles à la dégradation de la qualité de l'air pouvant survenir lors d'une vague de chaleur), ou parce que la répartition de ce groupe de personnes sur le territoire de l'île de Montréal est relativement constante, comme pour les personnes pratiquant des activités aquatiques (elles sont plus sensibles aux maladies causées par la contamination des eaux de baignade).



Ruelle dans l'arrondissement de Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension
Crédit : © Vincenzo D'Alto

VULNÉRABILITÉ AUX VAGUES DE CHALEUR

La vulnérabilité de l'agglomération de Montréal aux vagues de chaleur est obtenue (voir la Carte 6.5) en additionnant les sensibilités environnementale, territoriale et sociale, et en les multipliant par la sensibilité physique, c'est-à-dire en appliquant les sensibilités territoriale et sociale seulement aux ICIU. Cette représentation cartographique de la vulnérabilité aux vagues de chaleur est basée sur des choix de facteurs de sensibilités déterminés selon la méthodologie de l'analyse géographique des vulnérabilités décrite à l'Annexe A.

Les secteurs industriels, commerciaux ou très peuplés sont des endroits propices à la formation d'ICIU, car une bonne partie de leur surface est faite de matériaux absorbant le rayonnement du soleil, leur sol est souvent imperméable et la végétation y est peu abondante. Les habitations des zones densément peuplées (triplex, multiplex et immeubles à plusieurs logements) sont souvent contiguës et ont peu de marge de recul par rapport à la rue ou d'espace de cour arrière. Cela maximise les surfaces imperméables et limite les espaces végétalisés, en plus d'être une morphologie qui entrave la dissipation de la chaleur accumulée par les matériaux. Les arrondissements et les villes reconstituées de l'ouest de l'île sont moins propices à la formation d'ICIU (Carte 6.4), car leur densité est généralement moins élevée et le type d'habitation le plus courant est la maison unifamiliale entourée d'une cour. Certaines zones du centre et de l'est de l'île qui partagent ces caractéristiques sont aussi situées en dehors des ICIU, comme certains secteurs de Rivière-des-Prairies–Pointe-aux-Trembles et de Rosemont–La Petite-Patrie.

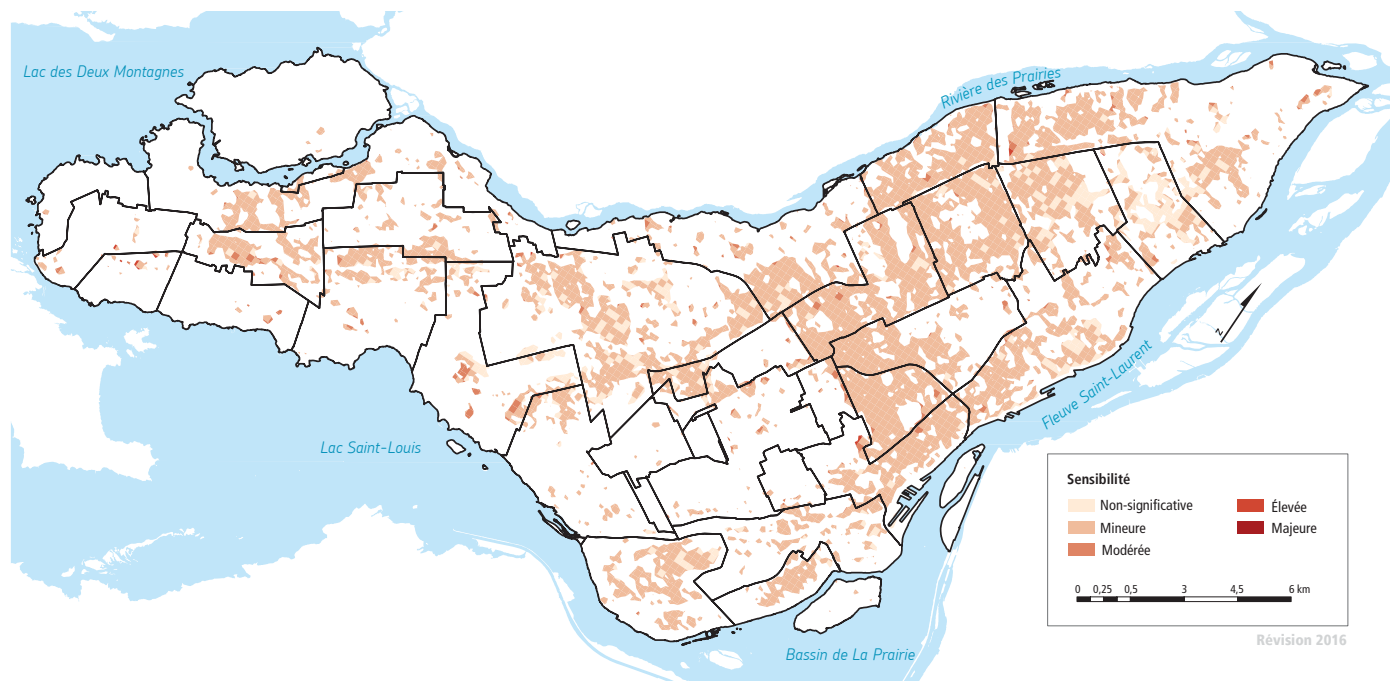
Comme le montre la Carte 6.1, la sensibilité environnementale de la majorité des secteurs situés en zone d'ICIU est mineure. Les autres secteurs ont une sensibilité non significative.

La grande majorité du territoire de l'agglomération présente une sensibilité territoriale mineure ou non significative (Carte 6.2). Les rares secteurs ayant une sensibilité élevée ou majeure sont des endroits avec beaucoup de voies ferrées (p. ex. gare de triage), l'infrastructure jugée la plus sensible à la chaleur par les experts consultés par le Service de l'environnement.

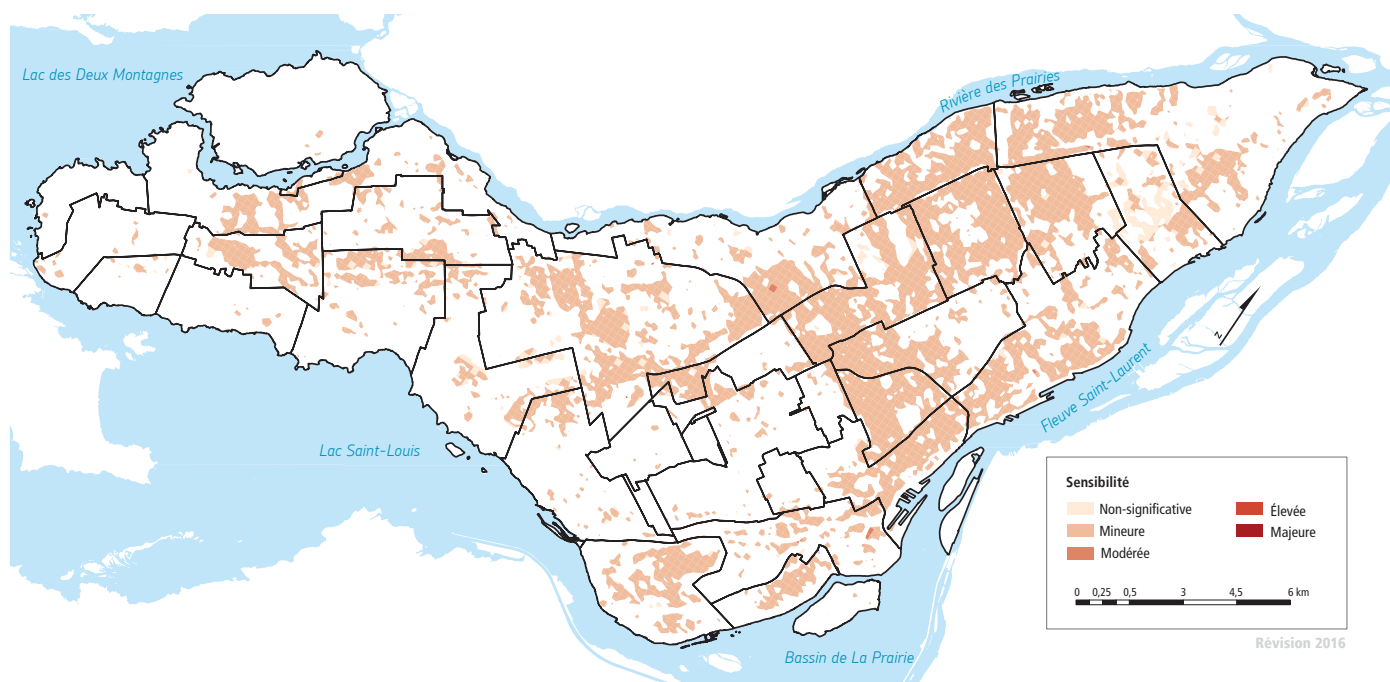
Contrairement aux sensibilités environnementale et territoriale, la sensibilité sociale de l'agglomération est plus importante, comme il est possible de le voir sur la Carte 6.3. En effet, de nombreux secteurs de l'île ont une sensibilité sociale modérée ou élevée, et quelques secteurs ont une sensibilité sociale majeure. Les arrondissements de Ville-Marie, Mercier–Hochelaga-Maisonneuve, Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension et Montréal-Nord ont des populations particulièrement sensibles : personnes matériellement défavorisées, personnes vivant seules, personnes âgées et personnes ne parlant ni le français ni l'anglais.

La Carte 6.5 montre que la majorité de l'agglomération présente une vulnérabilité nulle (car en dehors des zones d'ICIU), non significative ou mineure. Aucun secteur de l'île n'a une vulnérabilité majeure et seulement quelques-uns en ont une élevée. Les secteurs ayant une vulnérabilité modérée sont ceux dont la sensibilité sociale est plus importante.

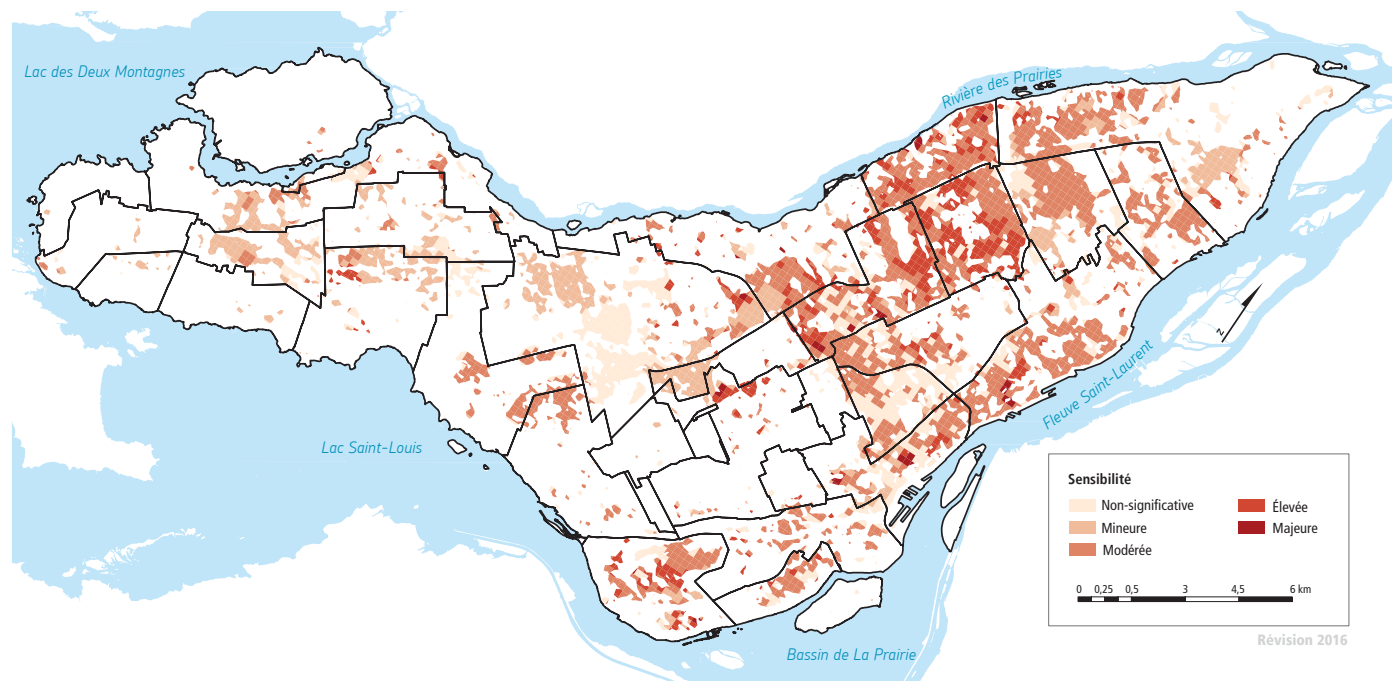
CARTE 6.1
SENSIBILITÉ ENVIRONNEMENTALE DANS LES SECTEURS DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL
EXPOSÉS AUX ÎLOTS DE CHALEUR INTRA-URBAINS



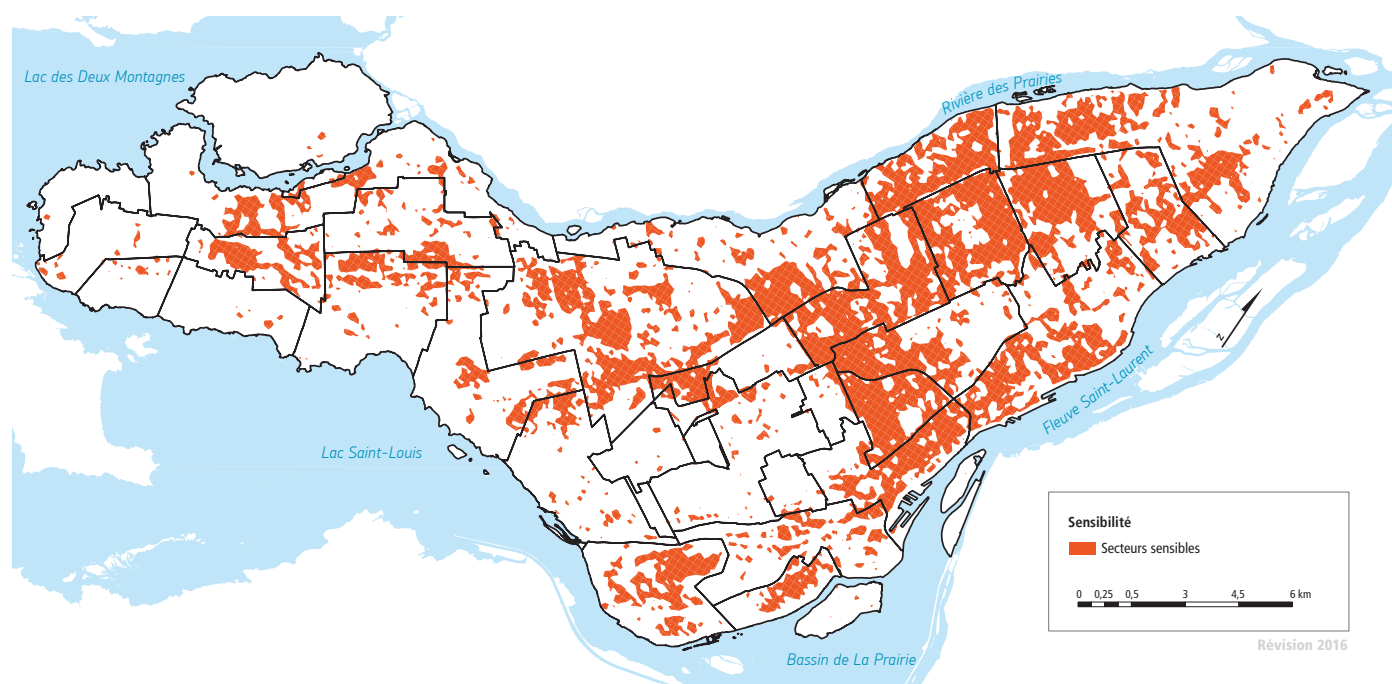
CARTE 6.2
SENSIBILITÉ TERRITORIALE DANS LES SECTEURS DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL
EXPOSÉS AUX ÎLOTS DE CHALEUR INTRA-URBAINS



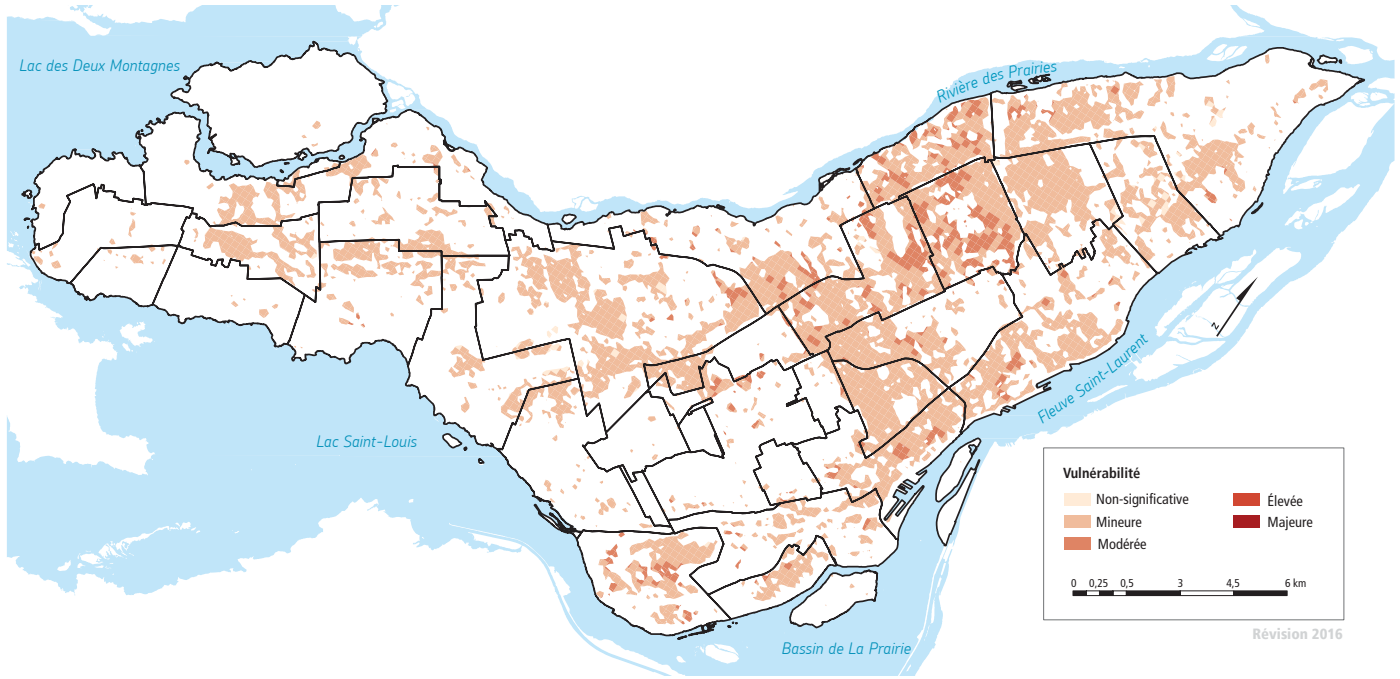
CARTE 6.3
SENSIBILITÉ SOCIALE DANS LES SECTEURS DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL
EXPOSÉS AUX ÎLOTS DE CHALEUR INTRA-URBAINS



CARTE 6.4
ÎLOTS DE CHALEUR INTRA-URBAINS DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL



CARTE 6.5
VULNÉRABILITÉ AUX VAGUES DE CHALEUR DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL





TEMPÊTES DESTRUCTRICES

L'aléa tempêtes destructrices regroupe plusieurs types de tempêtes : les tempêtes de vent, de grêle, de neige abondante et de pluie verglaçante. Ce regroupement a été effectué en tenant compte surtout des impacts dévastateurs que peuvent entraîner ces événements.

Au cours de la période 1901-2000, 351 tempêtes destructrices ont traversé le Canada, dont 31 ont touché le Québec.⁸⁵ Les études scientifiques sur ce type d'événements climatiques extrêmes sont cependant à ce jour encore assez limitées, essentiellement en raison du manque de données de qualité. Au Québec, entre 1953 et 2006, il semblerait qu'il y ait une tendance à la baisse de la vitesse moyenne annuelle des vents. Par ailleurs, l'activité cyclonique, qui génère des tempêtes, a connu une tendance à la hausse de 1985 à 1995 et semble à la baisse depuis.¹²²



© Shutterstock

DÉFINITIONS

Pluie verglaçante : Précipitation liquide dont la température est inférieure à 0 °C et qui gèle en entrant en contact avec le sol ou d'autres objets (arbres, fils électriques, etc.). Le verglas peut rendre les surfaces très glissantes pour les piétons et les automobilistes, et provoquer des accidents ainsi que la chute de fils électriques.¹⁰⁵

Neige abondante : La neige est une vapeur atmosphérique gelée en cristaux de glace qui tombent en flocons légers sur la terre.⁵⁴ On parle de tempête lorsqu'une masse d'air très froid s'éloigne des régions polaires et cause d'abondantes chutes de neige, surtout si ces chutes sont accompagnées de vents violents.⁸⁵ Dans ce chapitre, on considère comme neige abondante une chute de neige de plus de 30 cm en une journée, ce qui correspond au Niveau 1 des niveaux de mobilisation de l'Organisation de sécurité civile de l'agglomération de Montréal, qui assure notamment le déneigement.

Grêle : Précipitation sous forme de granules de glace d'un diamètre égal ou supérieur à 5 mm. La grêle se forme au centre des orages et les grêlons peuvent ramasser de l'eau durant leur descente, devenant plus gros, plus lourds et plus dangereux. La taille des grêlons peut varier de celle d'un petit pois à celle d'une cerise. On en a même vu d'aussi gros qu'un pamplémousse. Au Canada, les chutes de grêlons se produisent surtout l'été lorsque l'activité orageuse atteint son point culminant. Les dommages causés par les tempêtes de grêle peuvent être importants, notamment sur les voitures et les maisons.¹⁶⁹

Vent : Le vent est le déplacement de l'air engendré, entre autres, par la rotation terrestre et les différences de pression atmosphérique. Ces inhomogénéités de la pression découlent du fait que la température n'est pas uniforme horizontalement.¹²²

ÉVOLUTION CLIMATIQUE

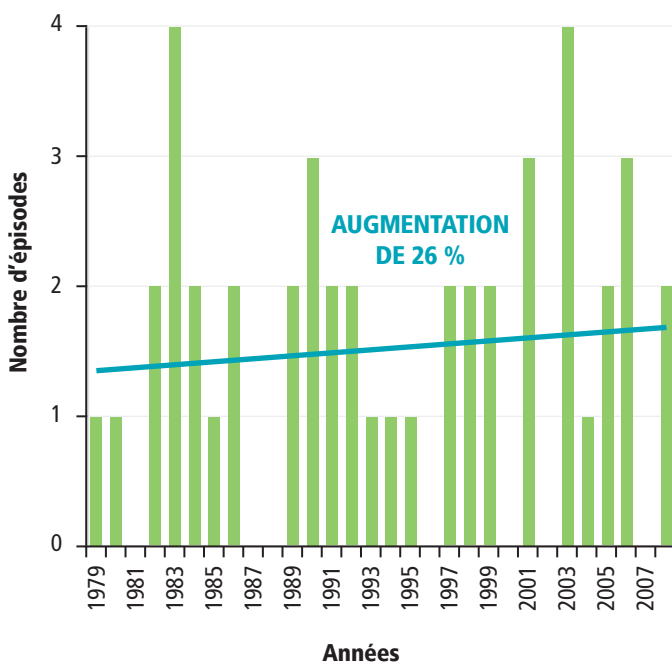
PÉRIODE HISTORIQUE

Les données météorologiques actuellement disponibles pour Montréal ne permettent pas d'évaluer l'évolution des vitesses de vents ou des épisodes de grêle au cours des dernières décennies. On répertorie néanmoins quelques événements particulièrement violents, dont la plupart se qualifient comme tempêtes destructrices, au cours des 30 dernières années : un épisode de vent de plus de 100 km/h le 19 juillet 2013 et quatre épisodes de grêle regroupés sur les années 1986 et 1987 avec notamment des grêlons jusqu'à 8 cm de diamètre (voir Tableau 7.1).

En ce qui concerne les événements de pluies verglaçantes, une équipe de chercheurs de l'Université McGill a récemment rassemblé des données de 1979 à 2008¹³⁰ qui montrent une augmentation d'environ 26 % du nombre d'événements sur l'agglomération de Montréal (voir Figure 7.1). Parmi les événements marquants à Montréal (voir Tableau 7.1), on

FIGURE 7.1
ÉVOLUTION DES ÉPISODES DE PLUIE VERGLAÇANTE SUR L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL

Données issues de RESSLER et al. (2012)¹³⁰.



se rappelle de l'épisode de verglas particulièrement intense du 5 janvier 1998 avec 5 à 80 mm de pluies verglaçantes. Cet événement a dépassé largement le secteur de Montréal puisqu'il s'étendait des Maritimes jusqu'aux vallées de l'Outaouais et du Saint-Laurent. Il s'agit du 2^e désastre le plus coûteux de toute l'histoire du Canada avec 28 décès, 945 blessures, 600 000 personnes évacuées^{85, 56} et 5,4 milliards de dollars en dommages.¹³¹

TABLEAU 7.1
QUELQUES ÉVÉNEMENTS MARQUANTS DE TEMPÊTES DESTRUCTRICES SUR L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL

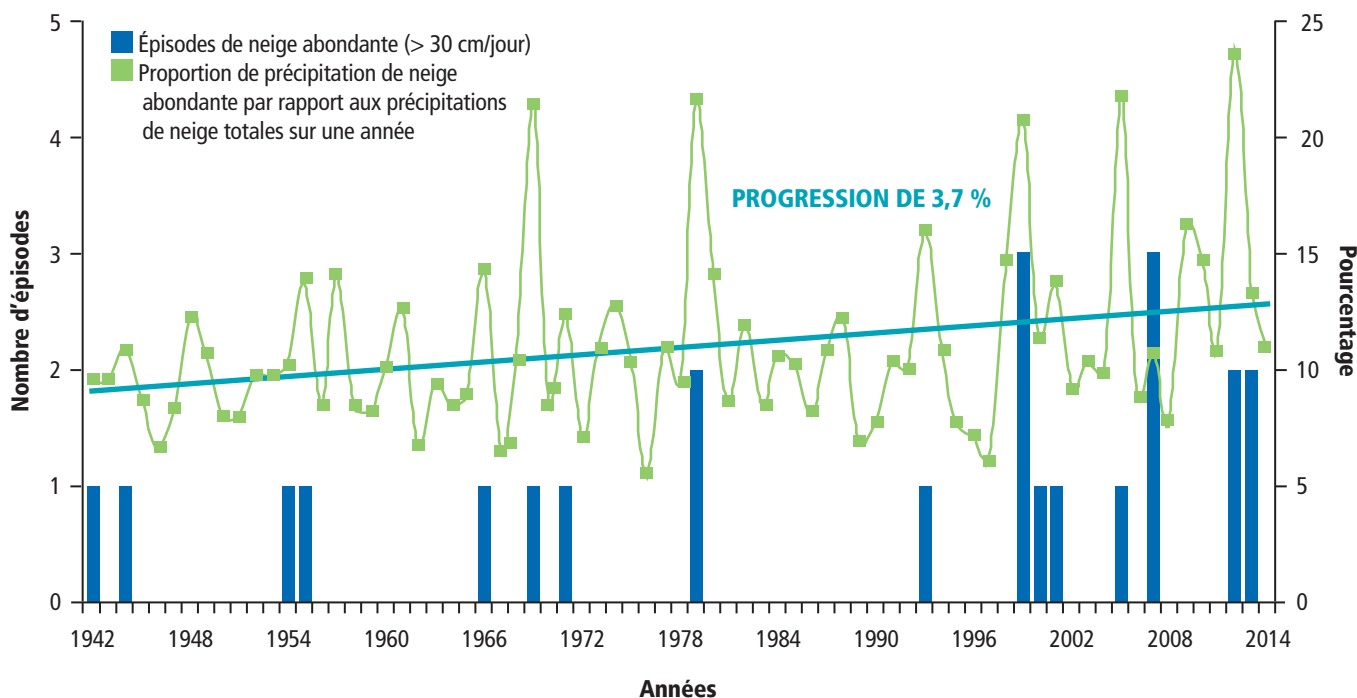
Date	Type de tempête	Précisions
16 novembre 1983	Neige et verglas	20 cm de neige
13 décembre 1983	Verglas	Non disponible
3 décembre 1984	Neige	21 cm de neige
29 mai 1986	Grêle	Grêlons jusqu'à 8 cm de diamètre
29 juin 1986	Grêle	Grêlons de 0,5 à 1,5 cm de diamètre
20-22 novembre 1986	Neige	30 cm de neige
22-23 janvier 1987	Neige	30 cm de neige
29 mai 1987	Grêle	Grêlons de 1 à 1,2 cm de diamètre
18 juillet 1987	Grêle	Non disponible
12-13 février 1988	Neige	20 cm de neige
5 janvier 1994	Neige	25 cm de neige
5 janvier 1998	Verglas	Selon les sources, 5 à 80 mm de pluies verglaçantes
18 janvier 2012	Vents	Non disponible
27 décembre 2012	Neige	45 cm de neige en moins de 24 h
19 juillet 2013	Vents	Vents de plus de 100 km/h

Le nombre d'épisodes de neige abondante a augmenté au cours des 70 dernières années (voir Figure 7.2). On peut citer notamment la tempête de neige du 27 décembre 2012 au cours de laquelle il est tombé 45 cm en moins de 24 heures (voir Tableau 7.1). Par ailleurs, la proportion de ces événements de neige abondante sur les précipitations de neige annuelles a également augmenté (voir Figure 7.2, courbe verte). Ceci pourrait paraître paradoxal puisqu'on sait, en parallèle, que la quantité de précipitations de neige a diminué au cours des dernières années à Montréal (voir chapitre sur les pluies abondantes). En fait, lors des dernières années, on a assisté à une répartition des chutes de neige plus concentrées sur quelques événements extrêmes.

Que ce soit pour les pluies verglaçantes ou les épisodes de neige abondante à Montréal, aucun lien n'a encore été établi scientifiquement avec le changement climatique en cours. Il faudra attendre la constitution d'une base de données historiques plus longue et plus homogène sur le territoire pour pouvoir établir ou non un lien avec le changement climatique.

FIGURE 7.2
ÉVOLUTION DES ÉPISODES DE NEIGE ABONDANTE (> 30 CM/JOUR) SUR L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL

Données issues de la station météorologique de l'aéroport international Montréal-Trudeau.



PROJECTIONS CLIMATIQUES

Comme pour les données historiques, les projections climatiques présentent de grandes incertitudes en ce qui concerne l'évolution future des tempêtes destructrices dans un contexte de réchauffement climatique. On note toutefois une réduction des vents en été pour la période 2079-2099 par rapport à 1979-1999 et une faible augmentation des vents en hiver.¹²² Les projections climatiques qui suivent le scénario le plus émetteur en gaz à effet de serre suggèrent par ailleurs une diminution de l'activité cyclonique, génératrice de tempêtes, sur toutes les grandes trajectoires de dépressions affectant le Québec pour la période 2081-2100 comparativement à 1980-1999.¹²² Cependant, il reste une incertitude sur l'évolution des cyclones dits « post-tropicaux ». Ces cyclones sont en fait les restes d'ouragans tropicaux qui peuvent parvenir jusqu'au Québec.

La fréquence des ouragans tropicaux les plus intenses devrait augmenter dans le futur, mais il n'est pas encore possible d'établir si la fréquence et l'intensité des cyclones post-tropicaux qui causent des tempêtes destructrices au Québec changeront dans les prochaines décennies. Enfin, les projections ne sont pas capables à ce jour de dire si le nombre, la durée et l'intensité des épisodes de verglas changeront au Québec dans les décennies à venir.¹²²

Malgré les incertitudes sur le devenir des tempêtes destructrices à Montréal, les impacts considérables qui y sont associés nécessitent une réflexion et des mesures adaptées pour que l'agglomération se prépare au mieux pour y faire face dans le futur.

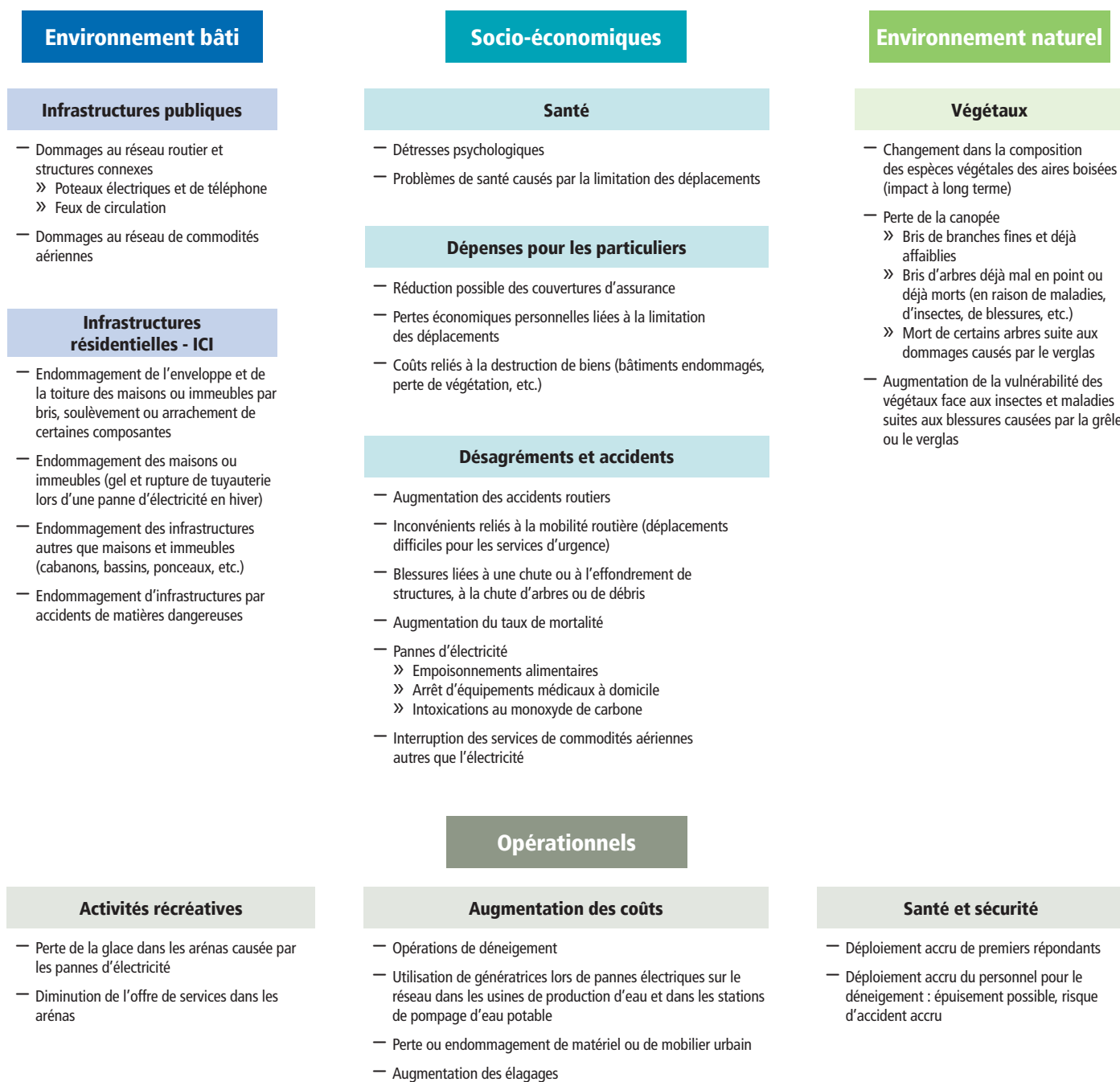


Crédit : © Yves Provencher, Journal Métro

IMPACTS

Les pages suivantes passent en revue les principaux impacts reliés aux épisodes de forts vents, de grêle, de neige abondante et de verglas, lesquels présentent des risques pour les infrastructures, les bâtiments, la végétation et les citoyens sur tout le territoire de l'agglomération montréalaise.

FIGURE 7.3
EXEMPLES D'IMPACTS POTENTIELS DE L'AUGMENTATION DE LA FRÉQUENCE D'ÉPISODES DE FORTS VENTS, DE GRÊLE, DE NEIGE ABONDANTE ET DE VERGLAS SUR L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL



DOMMAGES ASSOCIÉS AUX TEMPÊTES DESTRUCTRICES

Les forts vents, l'accumulation de verglas, la grêle et les événements de neige abondante ont en commun d'infliger aux infrastructures et à la végétation des déformations, une usure accélérée et des bris. L'ampleur des dégâts dépend de la force de la tempête (vitesse du vent, épaisseur d'accumulation de verglas ou de neige, taille des grêlons). Pour la vitesse du vent et l'accumulation de verglas, la gradation des impacts a déjà été évaluée (respectivement aux Tableaux 7.2 et 7.3).

TABLEAU 7.2
IMPACTS TYPES SELON LA VITESSE DU VENT

Vitesse du vent	Impacts types
70-90 km/h	Petites branches cassées, petits objets éparés projetés, possibles pannes de courant
90-100 km/h	Branches d'arbre cassées, ploiements occasionnels d'arbres, affiches plus faibles endommagées, pannes de courant
100-120 km/h	Grosses branches d'arbre cassées, ploiement de certains arbres, bardeaux et pièces de recouvrement de maisons endommagés, pannes de courant
120-140 km/h	Nombreux arbres ployés ou déracinés, nombreuses enseignes endommagées ou détruites, carreaux de verre d'immeubles en hauteur cassés, pannes de courant étendues
140 km/h +	Grandes surfaces de forêt arrachées, dommages importants aux toitures et revêtements extérieurs des maisons, certains toits arrachés ou gravement endommagés, possibles pannes de courant étendues

Source : ENVIRONNEMENT CANADA. « Vents », *Dangers et impacts*, [en ligne], mise à jour le 18 juillet 2013. [www.ec.gc.ca/ouragans-hurricanes/default.asp?lang=Fr&n=502E94BA-1] (Page consultée le 10 juin 2015).

TABLEAU 7.3
INDEX DES DOMMAGES ASSOCIÉS AUX ARBRES ET AUX STRUCTURES SUITE À DES ÉPISODES DE VERGLAS

Adapté de Hauer, Dawson et Werner (2006)⁷⁷.

Accumulation de verglas	Type de dommages
	Routes glissantes
	Faible accumulation de glace sur les arbres
	Pannes d'électricité (réseau de distribution) et des systèmes de télécommunication causées par des bris d'arbres
	Ploiement de certains arbres (p. ex. bouleaux)
	Bris de branches – Arbres vulnérables (p. ex. peupliers)
	Pannes d'électricité causées par le galop* des câbles électriques des lignes à haute tension
	Bris des branches – Arbres résistants (p. ex. chênes)
	Pannes d'électricité (réseau de distribution) et des systèmes de télécommunication non causées par des bris d'arbres
	Bris des branches – Conifères résistants (p. ex. sapins)
	Pannes d'électricité sur le réseau de lignes à haute tension non causées par le bris des arbres
Effondrement de pylônes et de tours de communication	

Note : Les dommages aux arbres et aux structures augmenteront si l'épisode de verglas est accompagné de vents violents.

* Selon le grand dictionnaire terminologique de l'Office québécois de la langue française, un galop est « une oscillation d'un câble électrique de faible fréquence, mais de grande amplitude, causée par des vents d'intensité moyenne ou forte, qui apparaît généralement à la suite de la formation d'une légère couche dissymétrique de givre ou de verglas.

IMPACTS SUR LE BÂTI

Dans l'agglomération de Montréal, les dégâts causés par les tempêtes destructrices se manifestent principalement par des chutes d'arbres ou de branches d'arbres, par des bris de toiture ou d'autres composantes de l'enveloppe des bâtiments. Les importantes rafales peuvent non seulement compromettre l'intégrité des bâtiments, mais elles peuvent également causer de sérieux dommages autour de ceux-ci, étant donné les débris qui volent et percutent fenêtres, vitrines et façades en plus d'être un danger pour les piétons. Ces impacts sont d'ailleurs souvent exacerbés dans les secteurs où les constructions sont plus denses. D'autres infrastructures que les maisons et les immeubles peuvent aussi être endommagées, comme les cabanons, les bassins ou les ponceaux. D'une part, les vents peuvent arracher ou soulever certaines composantes d'une maison, comme le toit. D'autre part, la neige abondante ainsi que le verglas peuvent amener une surcharge sur la structure du toit et causer des bris.

Par ailleurs, lorsque des pannes d'électricité surviennent pendant l'hiver, les conduites d'eau des bâtiments peuvent geler et même éclater. En effet, quand le bâtiment n'est pas chauffé, l'eau gèle et augmente son volume, provoquant ainsi la rupture des tuyaux et les dégâts d'eau dans les bâtiments.

Les poteaux électriques et de téléphone (et de manière plus générale, les commodités aériennes) peuvent également être endommagés, soit par l'accumulation de verglas, comme en 1998, soit par la chute d'arbres ou d'autres débris lourds. Les dommages causés aux feux ou aux panneaux de circulation peuvent quant à eux gravement entraver la circulation routière.

Enfin, lorsque les sites industriels sont touchés par de violentes tempêtes, les infrastructures peuvent être endommagées par la libération de matières dangereuses.

TEMPÊTE DE NEIGE DU 27 DÉCEMBRE 2012

La tempête de neige qui s'est abattue sur Montréal et ses environs le 27 décembre 2012 a enseveli la ville sous près de 45 cm de neige, établissant ainsi un record de la plus grosse bordée de neige à Montréal. La tempête a occasionné des conditions routières extrêmement difficiles entraînant le blocage de plusieurs sections sur les autoroutes métropolitaines, un ralentissement important du service de transport collectif et quelques pannes d'électricité.

Extrait du site « La Sécurité civile à Montréal » de la Ville de Montréal. [ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=7637,81923612&_dad=portal&_schema=PORTAL#hi_temp_neige_2012] (Page consultée le 15 juin 2015).



Crédit : © Claude Robillard, Flickr (CC BY-NC 2.0)



Crédit : © Matias Garabedian, Flickr (CC BY-SA 2.0)

IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

Les impacts environnementaux des tempêtes destructrices en milieu urbain touchent surtout la végétation, plus particulièrement les arbres. Elles leur causent des dommages pouvant avoir de graves répercussions telles que leur mort.

VÉGÉTAUX

Blessures aux arbres et mortalité des arbres

Lorsque la neige ou le verglas s'accumulent et sont accompagnés de vents violents, les arbres peuvent être déracinés ou leurs troncs cassés. Ceci entraîne donc une perte directe d'une partie de la forêt urbaine. Parfois, les dommages sont moins graves et seules des branches ou la partie supérieure de la cime sont endommagées. Certains arbres peuvent survivre aux dommages ainsi causés, mais leur structure en est souvent affaiblie et déformée.

Augmentation de la vulnérabilité des végétaux face aux insectes et aux maladies suite aux blessures causées par la grêle ou le verglas

En plus d'affecter la croissance normale et la forme des arbres, les blessures infligées aux arbres par le verglas peuvent rendre ces derniers plus vulnérables aux dommages causés par les insectes et les maladies.¹⁴⁰ Par exemple, ces blessures peuvent servir de point d'entrée pour des champignons causant la carie des arbres, c'est-à-dire la décomposition du bois.

Changement dans la composition des espèces végétales des aires boisées

En entraînant la mort de plusieurs arbres en milieux boisés, les tempêtes destructrices sont susceptibles de changer la composition des espèces végétales retrouvées dans ces milieux, comme cela a été observé à certains endroits suite au verglas de 1998.^{44, 132} Ainsi, le verglas pourrait influencer les peuplements forestiers en favorisant les espèces d'arbres plus résistantes à cet aléa.⁸⁶



Le verglas peut causer l'effondrement de branches d'arbres en augmentant leur poids de façon considérable.
Photo : Wikipédia



Des vents violents ont fait tomber une immense branche d'arbre sur un véhicule dans le quartier Hochelaga-Maisonneuve. (01.11.2013)
Crédit : © Patrick Sansfaçon, La Presse

IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

Les impacts d'épisodes de forts vents, de grêle, de neige abondante et de verglas ne causent pas seulement des dommages matériels au cadre bâti, aux infrastructures et à la végétation. Ils touchent directement la population par leurs conséquences sur la vie, la santé et le bon fonctionnement des multiples activités qui se déroulent dans la ville.

SANTÉ

Les dégâts causés par les tempêtes destructrices peuvent générer des détresses psychologiques chez les sinistrés. Par ailleurs, les problèmes de santé peuvent s'aggraver lorsque les personnes souffrantes sont limitées dans leurs déplacements.

DÉPENSES POUR LES PARTICULIERS

Les dommages causés aux résidences peuvent entraîner des coûts reliés à la destruction et l'endommagement de biens (bâtiments ou voitures endommagés, perte de végétation, etc.). Ceci peut être une source de préoccupation pour les compagnies d'assurance qui peuvent réduire les couvertures de risque pour les particuliers.

DÉSAGRÈMENTS ET ACCIDENTS

Les tempêtes destructrices provoquent souvent des coupures d'électricité. En effet, les grands vents peuvent faire osciller violemment les câbles (phénomène du galop) au point de les briser et de déclencher des ruptures sur le réseau. Les pluies verglaçantes peuvent également entraîner la rupture des câbles électriques sous l'effet du poids de la glace accumulée. Lorsque les pannes électriques surviennent l'hiver et qu'elles se prolongent sur plusieurs heures, elles peuvent contraindre les gens à quitter leur domicile en quête de chaleur et d'éclairage. L'épisode de verglas de janvier 1998 en est un bon exemple puisqu'il a engendré une coupure d'électricité chez plus de trois millions de foyers (soit 4,7 millions de personnes ou encore 16 % de la population canadienne) des Maritimes jusqu'aux vallées de l'Outaouais et du Saint-Laurent.⁸⁵

Les coupures d'électricité n'ont pas seulement une incidence sur le chauffage ou l'éclairage, elles peuvent aussi avoir des effets indirects sur la santé, dont les suivants :

- arrêt d'équipements médicaux à domicile;
- empoisonnements alimentaires : les coupures d'électricité empêchent en effet l'utilisation des réfrigérateurs et des congélateurs, ce qui peut altérer la conservation des aliments;
- intoxications au monoxyde de carbone : l'utilisation en intérieur d'appareils de chauffage ou de cuisson conçus pour un usage extérieur (réchauds de camping, barbecues à gaz ou à combustion) engendre des émissions de monoxyde de carbone qui, dans des conditions d'aération insuffisantes, peuvent conduire à des intoxications allant jusqu'à la mort des personnes.

De plus, les coupures d'électricité peuvent entraîner l'endommagement des bâtiments, à cause du gel et la rupture des conduites, comme vu dans la section d'impacts sur le bâti (page 91).

Enfin, de manière plus générale, l'interruption des services de commodités (gaz, communications, etc.), qui peuvent altérer la capacité à répondre aux urgences, fait également partie des impacts indirects associés aux pannes d'électricité.



Crise de verglas de 1998
Crédit : © Denis Labine, Ville de Montréal

Les tempêtes destructrices viennent également perturber les transports. La circulation peut être perturbée par des sorties de route, d'importantes congestions et des accidents si des arbres ou débris se retrouvent au milieu des voies de circulation, entravant aussi les déplacements en cas d'urgence.

Dans l'agglomération de Montréal, les tempêtes destructrices sont également associées à une augmentation des blessures liées aux chutes accidentelles ou à l'effondrement de structures, à la chute d'arbres ou de débris, allant parfois jusqu'à une mort prématurée. Ce cocktail d'impacts ajoute une pression sur les services de santé et d'urgence qui doivent répondre à l'accroissement des demandes.

IMPACTS SUR LES OPÉRATIONS

Les différents experts rencontrés par le Service de l'environnement ont détecté de nombreux impacts liés aux tempêtes destructrices sur les opérations.

DIMINUTION DES ACTIVITÉS RÉCRÉATIVES

Les pannes d'électricité dans les arénes occasionnent une perte de glace, car la température adéquate pour sa stabilisation n'est plus assurée. Les patinoires touchées n'étant plus utilisables, les arénes souffrent d'une diminution de leur offre de services aux citoyens. Par ailleurs, les dégâts engendrés par les intempéries entraînent une augmentation des coûts et de la main-d'œuvre pour les opérations d'entretien.



Face aux risques liés aux changements climatiques, la Société de transport de Montréal (STM) prend différentes mesures afin de limiter la vulnérabilité de son réseau, assurer la sécurité de la clientèle et maintenir son service en cas d'intempéries.

L'alimentation électrique du métro est effectuée par le biais de plusieurs lignes de transport d'Hydro-Québec, ce qui permet de réduire les risques de pannes électriques majeures. Le réseau métro est également équipé de groupes électrogènes afin d'assurer l'alimentation des systèmes et équipements essentiels en cas de panne électrique. Lors de la crise du verglas en 1998, la STM a pu maintenir un service réduit en délestant certaines charges électriques (arrêt des escaliers mécaniques, diminution du nombre de trains) alors qu'une grande partie de la ville de Montréal subissait des coupures électriques importantes.

Au niveau du réseau bus, la livraison du service est adaptée en fonction des entraves, et les clients en sont informés via différents outils de communications. En 2016, le Système d'aide à l'exploitation et information voyageur iBus permettra à la STM de réagir encore plus rapidement lors de ce type d'évènement, tant pour ajuster le service que pour informer la clientèle. De plus, afin de minimiser les impacts sur son service de bus, la STM collabore de près avec la Ville en signalant les axes où le passage des bus devient difficile afin que celle-ci puisse intervenir rapidement. En cas de tempête de neige, le plan de déneigement de la Ville de Montréal priorise les axes utilisés par le réseau de surface de la STM.

L'UCMU (Unité de Coordination des Mesures d'Urgence) de la STM coordonne l'ensemble des actions en vue de la résolution des situations d'urgence et en particulier celles liées aux conditions climatiques extrêmes, et ce en lien avec les centres opérationnels et les bureaux de mesures d'urgence de la Ville et de l'agglomération.

La STM est également partenaire des plans de mesures d'urgence de la Ville de Montréal et de la sécurité civile de l'agglomération. Ainsi, le service de transport adapté et de bus de la STM peut être mobilisé pour déplacer des personnes vulnérables, les personnes des résidences pour aînés par exemple, victimes des conséquences des tempêtes destructrices (manque d'électricité prolongé, déplacements risqués à cause de la neige et du verglas, etc.).

Contribution de la STM



Crédit : © Martin Chamberland, La Presse

AUGMENTATION DES COÛTS

À Montréal, les tempêtes peuvent générer différents types de coûts pour les opérations. Les tempêtes de neige abondante impliquent des opérations de déneigement plus conséquentes, alors que les vents violents qui occasionnent des dommages aux arbres entraînent une augmentation des opérations d'élagage. Les activités de pompage et de production d'eau potable sont également impactées. Plus précisément, les pannes électriques sur le réseau entraînent une utilisation accrue de génératrices, ce qui augmente d'autant les coûts de production. Il se peut également que la capacité de ces génératrices soit limitée dans certains cas. Enfin, les tempêtes peuvent endommager le matériel ou le mobilier urbain, ce qui entraîne des coûts de réparation.

SANTÉ ET SÉCURITÉ

Lors des tempêtes qui se sont abattues sur Montréal dans les années passées, les experts ont relevé un déploiement accru du nombre de premiers répondants et de personnel pour le déneigement ou pour l'épandage de fondants et d'abrasifs qui rendent la chaussée et les trottoirs plus sécuritaires. Cette sollicitation soudaine et soutenue peut engendrer de la fatigue chez les employés lorsque les intempéries sont d'une grande importance. Par exemple, les employés qui travaillent au déneigement sont épuisés lorsque le déneigement s'étire sur plusieurs jours continus, ce qui entraîne des risques pour la santé et des risques d'accident accrus.

ANALYSE DE VULNÉRABILITÉ

Une fois que les impacts engendrés par les tempêtes destructrices sont connus, il est possible d'effectuer une analyse de la vulnérabilité de l'agglomération de Montréal pour cet aléa. Comme plusieurs de ces impacts touchent des groupes de personnes qui habitent des lieux particuliers de l'agglomération et des infrastructures dont l'emplacement est connu, il est possible d'effectuer une analyse géographique de la vulnérabilité, ce qui a d'ailleurs été fait. La méthodologie employée est détaillée dans l'Annexe A.

Cette section présente les zones de l'agglomération touchées par l'aléa, ainsi que les sensibilités territoriale et sociale, que ces sensibilités soient cartographiables ou pas. Pour terminer, les cartes obtenues par l'analyse géographique sont présentées et discutées dans la section Vulnérabilité aux tempêtes destructrices à la page 102.

ZONES TOUCHÉES PAR L'ALÉA (SENSIBILITÉ PHYSIQUE)

On a émis l'hypothèse que la sensibilité physique aux tempêtes destructrices est la même partout dans l'agglomération de Montréal, c'est-à-dire que tous les secteurs sont susceptibles d'être touchés par une tempête. C'est pour cette raison que la Carte 7.3 à la page 104 montrant la sensibilité physique est de couleur uniforme.

On sait cependant que la force ou la direction du vent peuvent être modifiées par des processus locaux (effet entonnoir et effet couloir). Néanmoins, il n'existe à l'heure actuelle aucune étude qui permet de quantifier ces effets sur l'agglomération de Montréal, d'où le choix d'afficher une sensibilité physique identique sur tout le territoire.

SENSIBILITÉ ENVIRONNEMENTALE

En raison de la disponibilité limitée des données et parce que plusieurs paramètres environnementaux ne sont pas cartographiables, la sensibilité environnementale n'a pas été prise en compte dans l'analyse cartographique de la vulnérabilité de l'agglomération de Montréal aux tempêtes destructrices. Cependant, l'environnement naturel est sensible aux impacts des tempêtes, comme discuté dans le texte ci-dessous.



Alignement de frênes dans un quartier industriel
Crédit : © Équipe de lutte intégrée, Ville de Montréal

Manque de diversité des espèces à l'échelle locale

La forêt urbaine est généralement caractérisée par un manque de diversité d'espèces.¹¹⁶ Au Canada, quelques espèces dominantes forment approximativement 50 à 70 % de la forêt dans certaines villes.⁸⁹ À Montréal, environ 74 % des arbres de rue sont représentés par trois genres différents (érables, frênes, tilleuls). Une forêt urbaine homogène est plus vulnérable aux changements climatiques en raison de risques plus élevés de perdre des arbres si un ravageur s'attaque à une espèce en particulier. L'exemple de l'agrile du frêne est éloquent.⁷⁹ À Montréal, cet insecte menace actuellement près de 20 % des arbres publics. Sur certaines parties du territoire, ce pourcentage s'élève à plus de 40 %. Les arbres mal en point (malades, brisés, infestés par un ravageur comme l'agrile du frêne) sont particulièrement susceptibles d'être endommagés lors de tempêtes destructrices.

Caractéristiques structurelles et emplacement des arbres

Certaines caractéristiques structurelles et physiques rendent les arbres plus vulnérables aux dommages causés par les tempêtes destructrices. En voici quelques-unes⁷⁷ :

- arbres hauts;
- branches fines;
- cime étalée;
- cime débalancée;
- arbres mal élagués;
- arbres blessés;

- arbres attaqués par certains insectes ravageurs (p. ex. agrile du frêne) ou malades;
- branches mortes ou brisées;
- arbres morts sur pied;
- arbres situés à la lisière d'un boisé;
- racines compactées;
- enracinement superficiel ou débalancé.

Les Figures 7.4 et 7.5 illustrent certaines des caractéristiques structurelles qui rendent un arbre vulnérable ou résistant aux dommages causés par le verglas.

FIGURE 7.4
CARACTÉRISTIQUES QUI RENDENT LES ARBRES
VULNÉRABLES AUX DOMMAGES CAUSÉS PAR LE VERGLAS

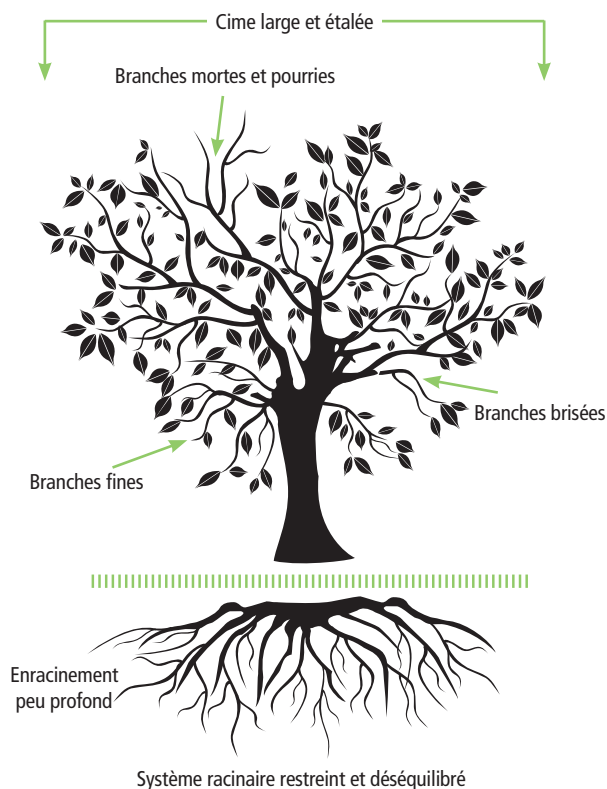
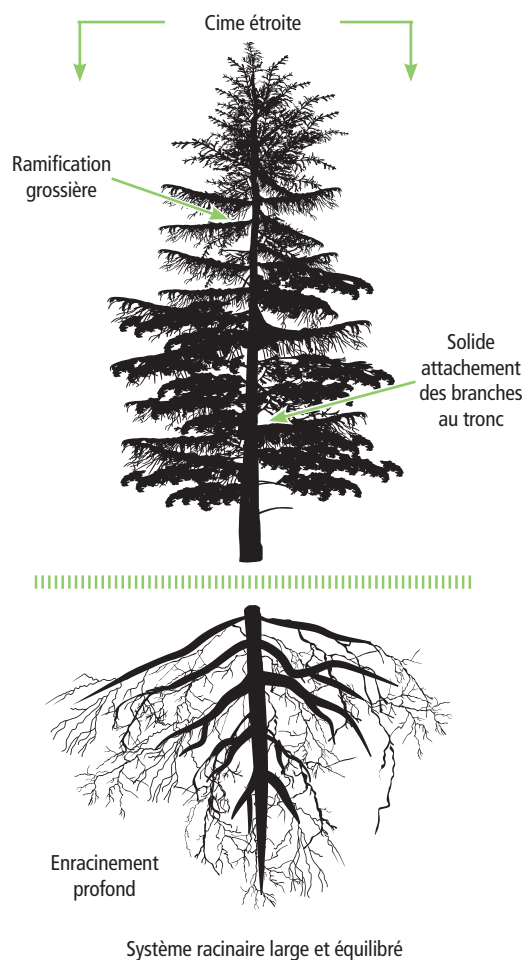


FIGURE 7.5
CARACTÉRISTIQUES QUI RENDENT LES ARBRES
RÉSISTANTS AUX DOMMAGES CAUSÉS PAR LE VERGLAS





Saufleureur se trouvant le long de la promenade Bellerive
Crédit : © Jean Gagné, Flickr

En raison de leurs caractéristiques structurelles et physiologiques, des espèces d'arbres sont plus vulnérables que d'autres aux dommages causés par les tempêtes destructrices. Le tableau suivant présente certaines espèces utilisées en milieu urbain selon leur niveau de résistance aux dommages causés par le verglas.

TABLEAU 7.4
VULNÉRABILITÉ DE DIFFÉRENTES ESPÈCES D'ARBRES UTILISÉES EN MILIEU URBAIN AUX DOMMAGES CAUSÉS PAR LE VERGLAS

Adapté de Hauer, Dawson et Werner (2006)⁷⁷

Sensible	Intermédiaire	Résistant
Bouleau noir	Bouleau à papier	Caryer cordiforme
Cerisier noir	Bouleau gris	Caryer glabre
Chêne noir	Bouleau jaune	Caryer ovale
Érable argenté	Cerisier de Virginie	Catalpa
Février d'Amérique	Chêne châtaignier	Charme de Caroline
Frêne noir	Chêne des marais	Chêne à gros fruits
Micocoulier occidental	Chêne écarlate	Chêne bicolore
Noyer cendré	Chêne rouge d'Amérique	Chêne blanc
Orme d'Amérique	Érable à sucre	Chicot du Canada
Orme de Sibérie	Érable négundo	Épinette blanche
Orme rouge	Érable rouge	Épinette bleue
Peuplier à grandes dents	Frêne d'Amérique	Épinette de Norvège
Peuplier deltoïde	Frêne de Pennsylvanie	Érable d'amour
Peuplier faux-tremble	Hêtre à grandes feuilles	Érable de Norvège
Pin gris	Mélèze d'Amérique	Genévrier de Virginie
Poirier de Chine	Mélèze du Japon	Ginkgo
Robinier	Pin blanc	Hamamélis
Saule	Pin rouge	Marronnier à fleurs jaunes
Tilleul américain	Pin sylvestre	Marronnier glabre
	Sapin de Douglas	Marronnier commun
	Tulipier de Virginie	Mélèze commun
		Noyer noir
		Ostryer
		Pommier
		Pruche du Canada
		Sapin baumier
		Thuya occidental
		Tilleul à petites feuilles
		Tupelo

Depuis peu, la composition de la forêt urbaine de Montréal est relativement bien connue. En effet, la majorité des arrondissements ont procédé à un inventaire des arbres publics de rues. Cet inventaire comporte plusieurs informations, notamment l'espèce, l'emplacement géoréférencé et la condition des arbres. Une carte répertoriant les 254 444 arbres publics de la Ville de Montréal est disponible sur le site Web suivant : www.quebio.ca/fr/arbresmtl.

En connaissant l'emplacement des espèces d'arbres plus fragiles, celui des secteurs fortement affectés par un ravageur comme l'agrile du frêne et les rues où les espèces d'arbre sont peu diversifiées, cela donne une idée des endroits plus sensibles en ce qui concerne l'environnement. Il sera donc très pertinent d'intégrer ces données, lorsque l'inventaire sera complété, lors de la mise à jour de l'analyse de vulnérabilité.



Le manque de diversité à l'échelle locale rend la forêt urbaine plus vulnérable aux impacts néfastes des changements climatiques. La plantation d'une seule espèce sur une partie du territoire comme une partie de rue, telle que l'alignement de tilleuls sur la place Arthur-Buies dans Mercier-Hochelaga-Maisonneuve, est à éviter.
Crédit : © Équipe de lutte intégrée, Ville de Montréal

SENSIBILITÉ TERRITORIALE

La Carte 7.1 (page 103) montre la sensibilité territoriale aux tempêtes destructrices de l'agglomération de Montréal.

Comme décrit à la section Impacts sur le bâti (page 91), plusieurs infrastructures sont sensibles aux tempêtes destructrices. Celles qui ont été prises en compte dans l'analyse géographique sont décrites ci-dessous. L'analyse de sensibilité territoriale tient compte de la présence de ces infrastructures sur le territoire, et parfois de leur densité, car des données géographiques sur leurs caractéristiques plus détaillées n'étaient pas disponibles.

- **Les bâtiments.** Les bâtiments peuvent être endommagés par les vents violents (les toits à pignon particulièrement) et le poids du verglas ou de la neige. En plus de menacer l'intégrité structurale du toit, les accumulations de neige et de glace peuvent aussi entraîner des dégâts d'eau lorsque la neige ou la glace accumulée fond et s'infiltré dans le bâtiment. C'est ce qui peut arriver lorsqu'une barrière de glace se forme en bordure des toits en pente des maisons dont le toit est mal isolé et où le grenier est mal aéré. De plus, lors d'une panne d'électricité en hiver, les conduites d'eau des bâtiments peuvent geler et même éclater.

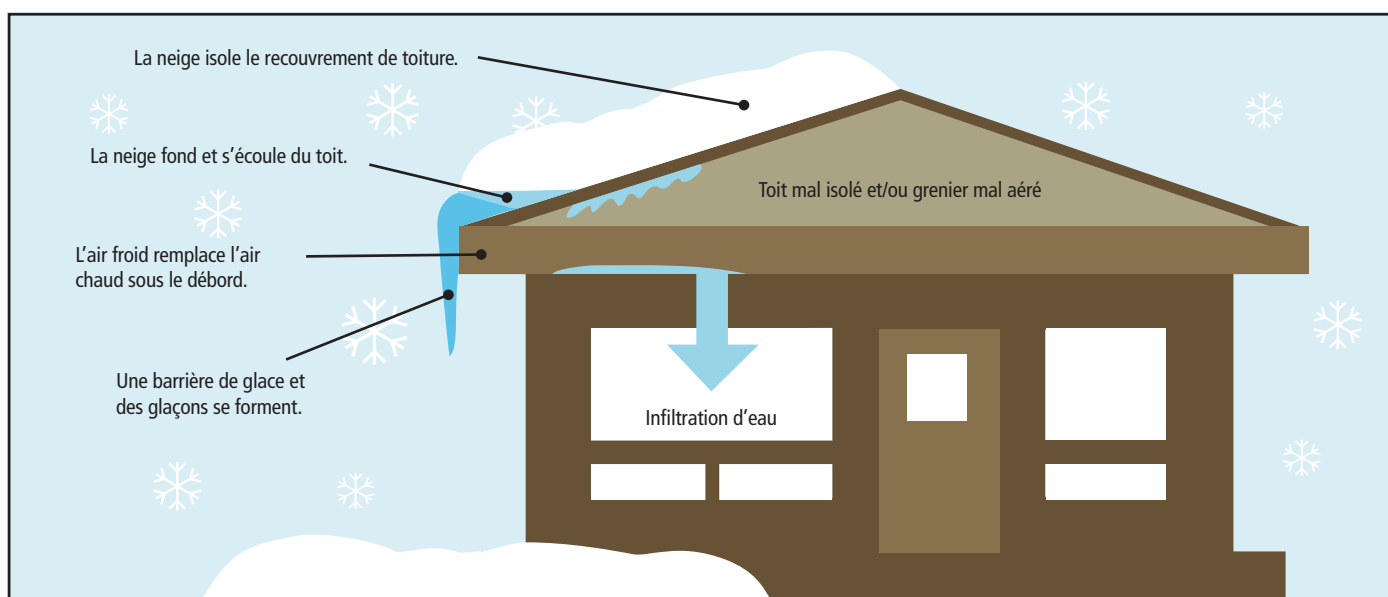
- **L'accès aux sites critiques et aux lieux d'intérêt.**

Lors de tempêtes destructrices, des endroits de première importance peuvent devenir inaccessibles, ce qui est susceptible de causer de nombreux problèmes. Ces endroits sont appelés sites critiques (hôpitaux, postes de police, usines de production d'eau potable, etc.) ou lieux d'intérêt (écoles, stations de métro, entrées et sorties des ponts, etc.).

D'autres infrastructures sont aussi très affectées par les tempêtes. Par exemple, les ponts, les feux de circulation et les panneaux routiers sont sensibles aux forts vents, tandis que les pylônes sont sensibles aux accumulations de glace. Les commodités* aériennes, quant à elles, sont à la fois sensibles aux vents et aux accumulations de glace. Ces infrastructures n'ont pas été prises en compte dans l'analyse géographique, et ce, à cause d'un manque de données précises sur leur emplacement.

* Selon le grand dictionnaire terminologique de l'Office québécois de la langue française, les commodités sont des « Équipements qui apportent à une habitation, un immeuble, un quartier, le confort en rapport avec les modes de vie convenant à notre époque ». Il peut s'agir de l'électricité, du gaz naturel, du téléphone, d'Internet, etc.

FIGURE 7.6
FORMATION D'UNE BARRIÈRE DE GLACE LORSQUE LA CHALEUR S'ÉCHAPPE DU GRENIER OU DE L'INTÉRIEUR DE LA MAISON ET FAIT FONDRE LA NEIGE ACCUMULÉE SUR LE TOIT



SENSIBILITÉ SOCIALE

La Carte 7.2 (page 103) montre la sensibilité sociale aux tempêtes destructrices de l'agglomération de Montréal.

Comme décrit à la section Impacts socio-économiques (page 93), plusieurs personnes sont sensibles aux impacts des tempêtes destructrices, dont les enfants de 0 à 15 ans, les personnes âgées de 65 ans et plus, les personnes vivant seules et les personnes matériellement défavorisées. Les impacts pris en compte dans l'analyse géographique sont les suivants :

- désagréments et accidents liés aux pannes d'électricité;
- désagréments liés à l'interruption des commodités aériennes autres que l'électricité (télécommunication);
- pertes économiques;
- accidents autres que routiers (chutes, débris qui tombent, électrisation et électrocution);
- détresses psychologiques.

Certains impacts affectant certains des groupes de personnes n'ont pas été pris en compte dans l'analyse géographique parce que les données à ce sujet sont insuffisantes. Il en est ainsi de l'aggravation de problèmes de santé à cause des difficultés à se déplacer pour obtenir des soins, ou parce que la répartition de ce groupe de personnes sur le territoire de l'île de Montréal est relativement constante, comme pour les accidents de la route.

LES VENTS ET LE FROID

En hiver, les forts vents qui peuvent survenir pendant une tempête causent un refroidissement éolien, ce qui peut favoriser l'hypothermie. Les jeunes enfants et les personnes âgées sont plus sensibles au froid, même s'ils sont en santé, car la faible masse musculaire, l'incapacité à exprimer qu'on a froid ou la mauvaise perception de la température contribuent au risque d'hypothermie, notamment lors d'une panne électrique de longue durée. Les vents favorisent aussi les engelures graves ainsi que l'hypothermie de personnes exposées longuement aux intempéries comme ceux qui travaillent à l'extérieur ou les sans-abri.

VULNÉRABILITÉ AUX TEMPÊTES DESTRUCTRICES

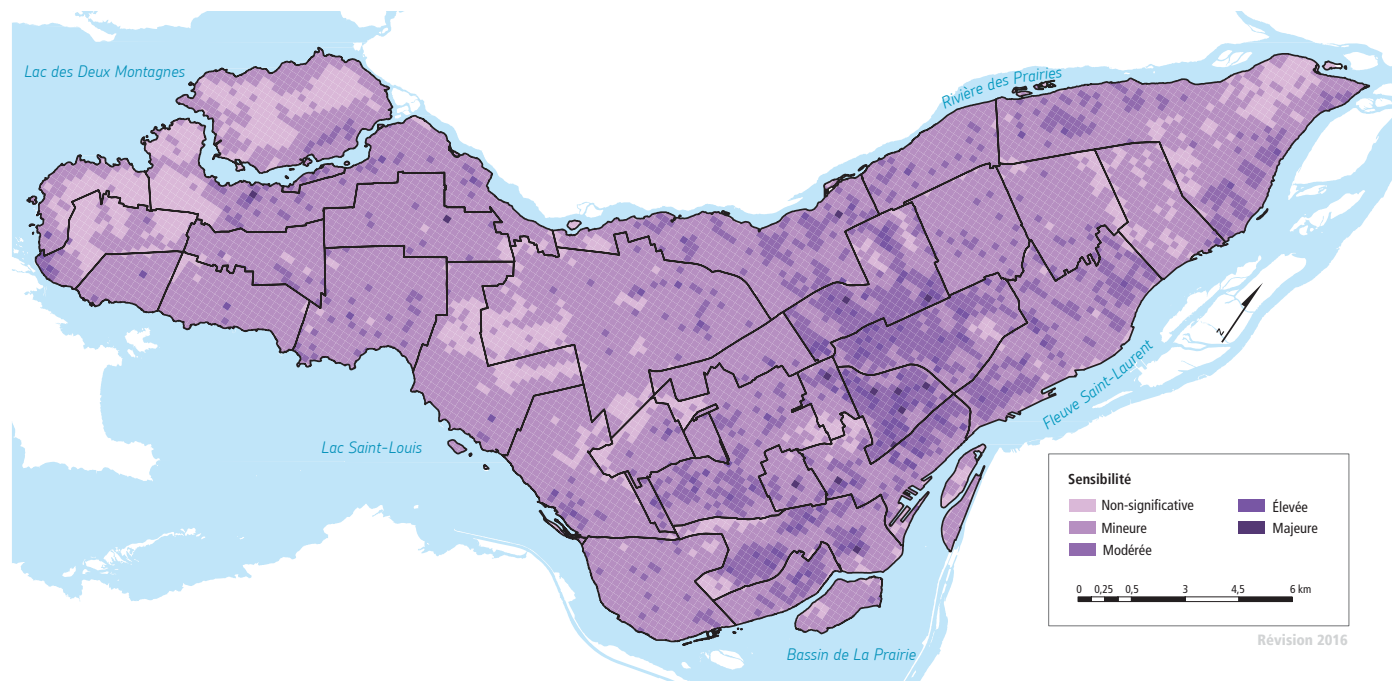
La vulnérabilité de l'agglomération de Montréal aux tempêtes destructrices est obtenue (Carte 7.4) en additionnant les sensibilités territoriale et sociale, et en les multipliant par la sensibilité physique, c'est-à-dire en appliquant les sensibilités territoriale et sociale aussi à tout le territoire, puisque les tempêtes peuvent se produire sur tout le territoire (Carte 7.3). Cette représentation cartographique de la vulnérabilité aux tempêtes destructrices est basée sur des choix de facteurs de sensibilités déterminés selon la méthodologie de l'analyse géographique des vulnérabilités décrite à l'Annexe A.

Étant donné que la sensibilité territoriale utilisée dans l'analyse géographique tient compte de la densité de bâtiments et de la présence de sites critiques et de lieux d'intérêt, ce sont les quartiers les plus densément peuplés qui ressortent comme étant les secteurs dont la sensibilité territoriale est la plus élevée de l'agglomération, comme le montre la Carte 7.1. Il est à noter que la majorité du territoire de l'agglomération a une sensibilité territoriale mineure ou non significative.

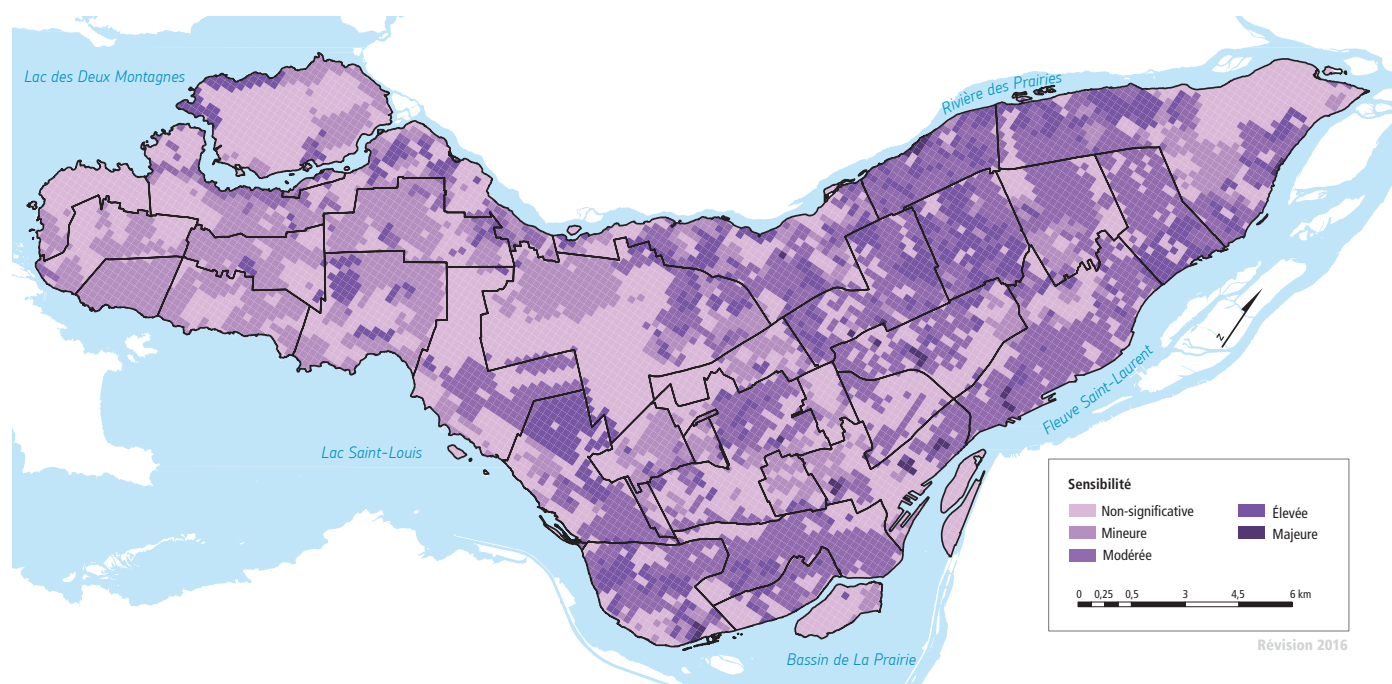
Pour ce qui est de la sensibilité sociale, les trois groupes les plus sensibles sont : les personnes matériellement défavorisées, les personnes vivant seules et les personnes âgées. Or, ces trois facteurs se retrouvent souvent combinés (p. ex. personne défavorisée vivant seule, personne âgée vivant seule, personne âgée défavorisée et même personne âgée défavorisée vivant seule). Par conséquent, les secteurs où vivent des personnes possédant plusieurs de ces caractéristiques présentent une sensibilité sociale particulièrement élevée. Ces secteurs sont présentés sur la Carte 7.2.

La Carte 7.4 montre qu'une bonne partie de l'agglomération présente une vulnérabilité mineure ou non significative aux tempêtes destructrices. Des secteurs plus vulnérables se retrouvent un peu partout sur l'île de Montréal avec une légère concentration dans les quartiers plus densément peuplés, en raison de la sensibilité territoriale qui se concentre elle aussi dans ces quartiers.

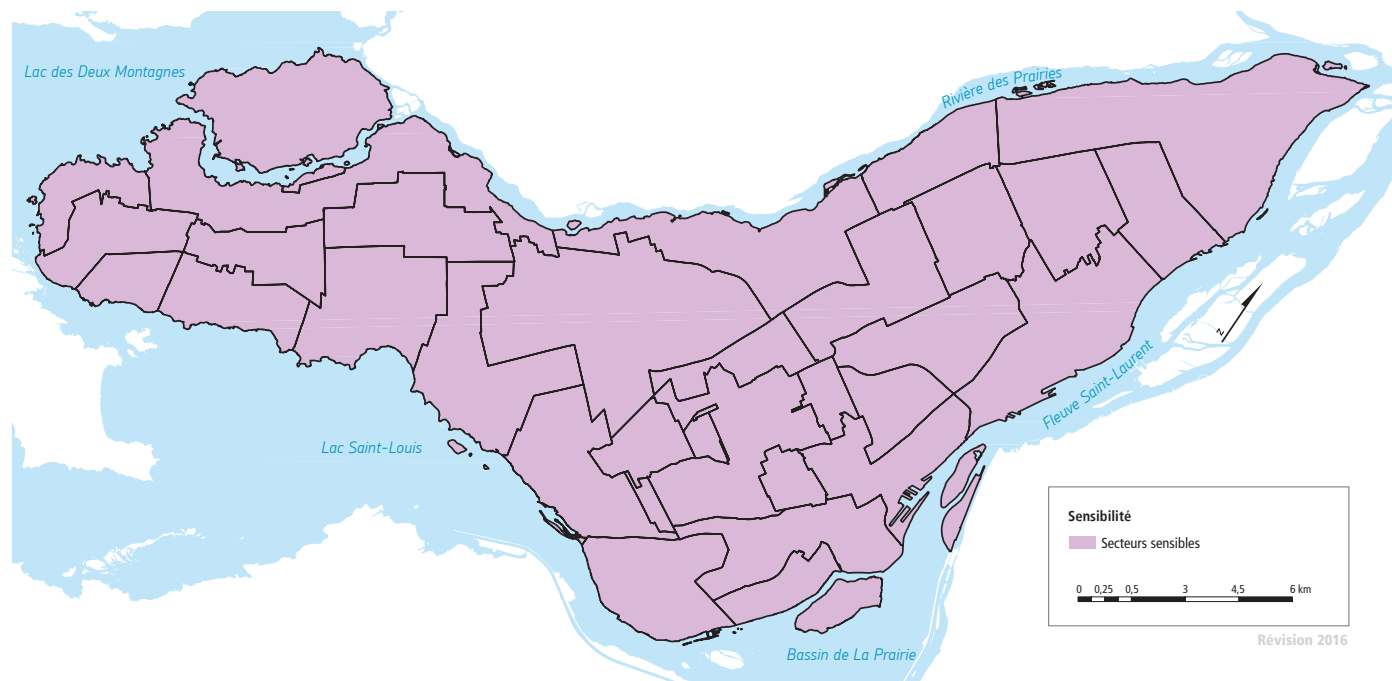
CARTE 7.1
SENSIBILITÉ TERRITORIALE PAR RAPPORT AUX TEMPÊTES DESTRUCTRICES DANS LES SECTEURS
DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL



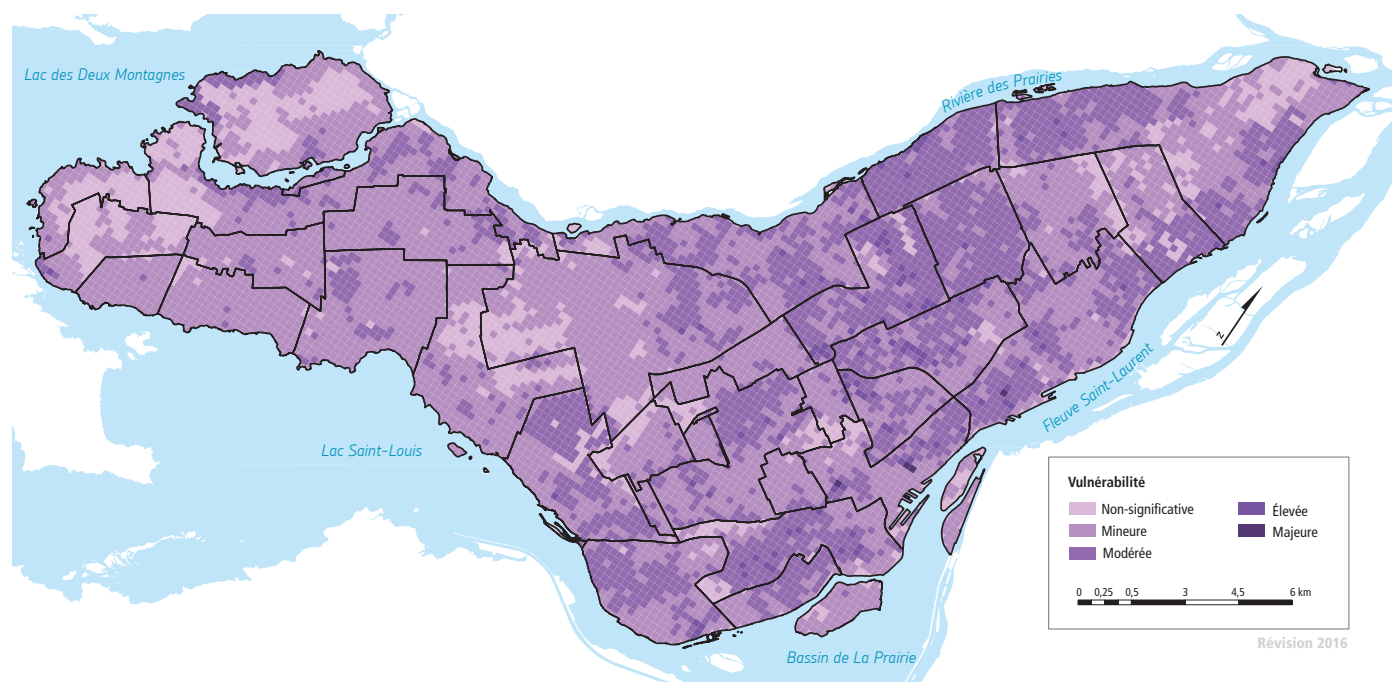
CARTE 7.2
SENSIBILITÉ SOCIALE PAR RAPPORT AUX TEMPÊTES DESTRUCTRICES DANS LES SECTEURS DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL



CARTE 7.3
SECTEURS DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL SENSIBLES AUX TEMPÊTES DESTRUCTRICES



CARTE 7.4
VULNÉRABILITÉ AUX TEMPÊTES DESTRUCTRICES DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL





SÉCHERESSES

Différentes définitions de la sécheresse existent dans la littérature. Elles décrivent chacune une réalité distincte et leur emploi dépend de la problématique considérée. Si l'on s'intéresse au nombre de jours consécutifs sans pluie, on parle de **sécheresse météorologique**. Si l'on s'intéresse à un déficit d'eau dans les sols, on parle alors de **sécheresse des sols** (aussi appelée sécheresse agricole). Quant à la **sécheresse hydrologique**, celle-ci concerne un niveau particulièrement bas des cours d'eau et des nappes phréatiques. Enfin, la **sécheresse socio-économique** intègre l'action de pompage par l'homme sur les ressources en eau. Tous ces types de sécheresse sont bien sûr interreliés, mais il est important de spécifier de quel type de sécheresse on discute lors d'un problème donné pour éviter les confusions.

Dans le cadre de ce plan d'adaptation, la sécheresse des sols est celle dont il est davantage fait mention en raison des impacts plus considérables qu'elle peut entraîner sur le territoire de l'agglomération.



Crédit : © Ville de Montréal

ÉVOLUTION CLIMATIQUE PÉRIODE HISTORIQUE

Au cours des 30 dernières années, aucun épisode de sécheresse d'importance n'a été répertorié dans l'agglomération de Montréal. La dernière grande sécheresse date de l'année 1957, au cours de laquelle il a été enregistré pendant le mois d'août quelque 2,1 millimètres de pluie à Dorval et 0,6 millimètre à la station de l'Université McGill. Ce mois d'août 1957 est considéré comme le plus sec de l'histoire dans la grande région de Montréal.¹⁴⁵ À titre comparatif, de 1900 à 2014, 46 sécheresses ont été répertoriées à l'échelle du Canada, dont cinq dans la province de Québec.¹³⁶

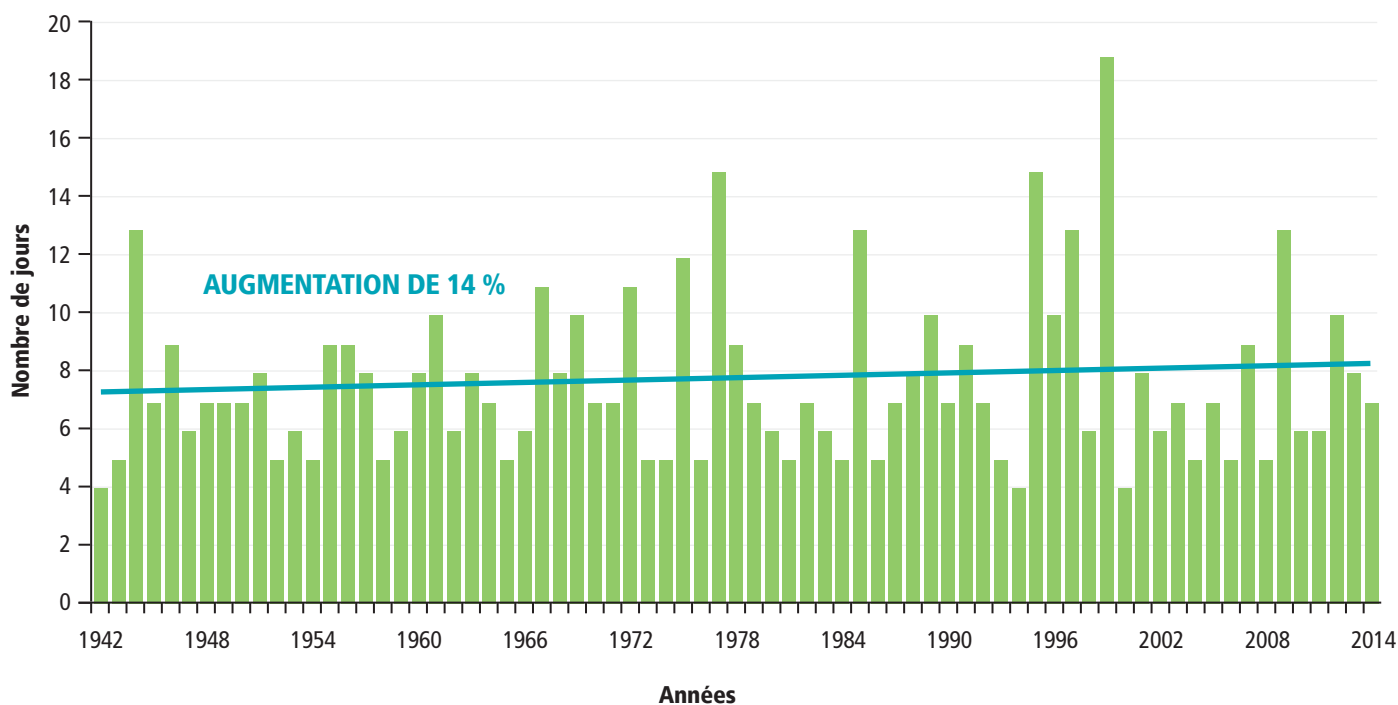
On peut toutefois évaluer si les **sécheresses météorologiques** ont augmenté à Montréal en calculant le nombre de jours consécutifs sans pluie au cours du temps (voir Figure 8.1). On observe une très légère tendance à l'augmentation des épisodes de sécheresse pendant la période estivale avec notamment une sécheresse de 19 jours consécutifs en 1999. Cette tendance à la hausse n'est cependant pas significative et il est encore trop tôt pour l'attribuer aux changements climatiques. De plus, en moyenne pour le sud

du Québec dans son ensemble, les observations montrent une légère tendance à la baisse des indices de sécheresse météorologique.¹²²

Il est plus délicat d'évaluer la **sécheresse des sols**, car les précipitations ne suffisent pas pour la déterminer. En effet, la sécheresse des sols dépend des précipitations, mais aussi de l'évapotranspiration. L'évapotranspiration combine l'évaporation du sol et la transpiration d'eau par les plantes qui recouvrent ce sol. Quand l'évapotranspiration augmente, la sécheresse des sols augmente. L'évapotranspiration est difficile à estimer pour un territoire, car elle dépend notamment du type de sol et de végétation qui s'y trouvent. Au Québec, les études scientifiques ne s'accordent pas sur les tendances historiques observées par rapport aux sécheresses des sols, notamment en raison des différentes méthodes de calcul de l'évapotranspiration. Ce désaccord ne permet donc pas de conclure s'il y a eu augmentation ou diminution de la sécheresse des sols ces dernières années.

FIGURE 8.1
ÉVOLUTION DU NOMBRE MAXIMAL DE JOURS CONSÉCUTIFS SANS PRÉCIPITATION DE MAI À SEPTEMBRE ENTRE 1942 ET 2014

Données issues de la station météorologique de l'aéroport international Montréal-Trudeau.



En ce qui concerne les **sécheresses hydrologiques**, des observations sur le terrain à partir de 56 stations hydrométriques localisées dans le sud du Québec ont permis de détecter une légère tendance à la hausse au cours des 15 dernières années. On a identifié plus particulièrement :

- des étiages plus sévères (11 %) et plus longs (+ 3 jours);
- des crues printanières moins intenses (-8 %);
- une plus grande variabilité des débits des cours d'eau (+22 %).¹²¹

Les variations du régime de précipitations peuvent induire une augmentation ou une diminution des sécheresses hydrologiques. On a vu au chapitre précédent que la quantité de précipitations hivernales sous forme de neige avait diminué au cours des 70 dernières années. Ceci explique en partie que les crues printanières, à la fonte des neiges, soient moins intenses. Par ailleurs, la répartition des précipitations annuelles a évolué ces dernières années, dans le sud du Québec, pour se concentrer davantage sur des épisodes de précipitations abondantes (neige et pluie). Ceci a pour conséquence d'augmenter la variabilité des débits des cours d'eau.

Enfin, les **sécheresses d'origine socio-économique** n'ont pas fait l'objet d'études poussées. Il semble que ces événements soient rares sur l'agglomération de Montréal. Toutefois, on peut citer comme illustration le récent épisode d'eau jaunâtre à Châteauguay (2-3 mai 2015)¹⁴⁹ lié à une forte utilisation d'eau par les habitants, en raison de la fin de semaine particulièrement chaude et ensoleillée.

Pour résumer, les observations historiques actuelles ne permettent pas de conclure à une augmentation significative des sécheresses à Montréal en réponse aux changements climatiques. Malgré ces incertitudes sur les observations, le signal de changement à plus long terme semble un peu plus clair.

PROJECTIONS CLIMATIQUES

Au Québec, à l'horizon 2081-2100, la majorité des projections climatiques s'accorde sur des périodes de sécheresse météorologique plus courtes à l'échelle annuelle et hivernale (décembre à février), mais plus longues pendant la saison estivale (juin à août).¹²² En ce qui concerne les sécheresses des sols, les projections d'anomalies d'humidité du sol indiquent des conditions plus sèches annuellement et encore davantage pour la saison estivale sur l'horizon 2081-2100.¹²²

Au sein du système climatique, il existe de nombreuses rétroactions entre différentes composantes du système. Dans le cas des sécheresses, on peut en citer quelques-unes. Les vagues de chaleur peuvent accentuer les sécheresses des sols. En effet, quand la température augmente, l'évapotranspiration augmente, car le contenu potentiel en humidité de l'air augmente, et donc l'humidité du sol diminue. Les vagues de chaleur sont censées augmenter à Montréal en réponse aux changements climatiques. Ceci pourrait entraîner une intensification des sécheresses des sols.

Paradoxalement, l'augmentation projetée des pluies abondantes pourrait également intensifier les sécheresses des sols. En effet, les pluies intenses n'ont pas le temps de s'infiltrer dans les sols et une grande partie est « perdue » et part dans le ruissellement. Ce qui fait que pour une même quantité d'eau, il vaut mieux avoir des pluies légères et régulières que des pluies abondantes et ponctuelles pour garantir un bon taux d'humidité des sols.

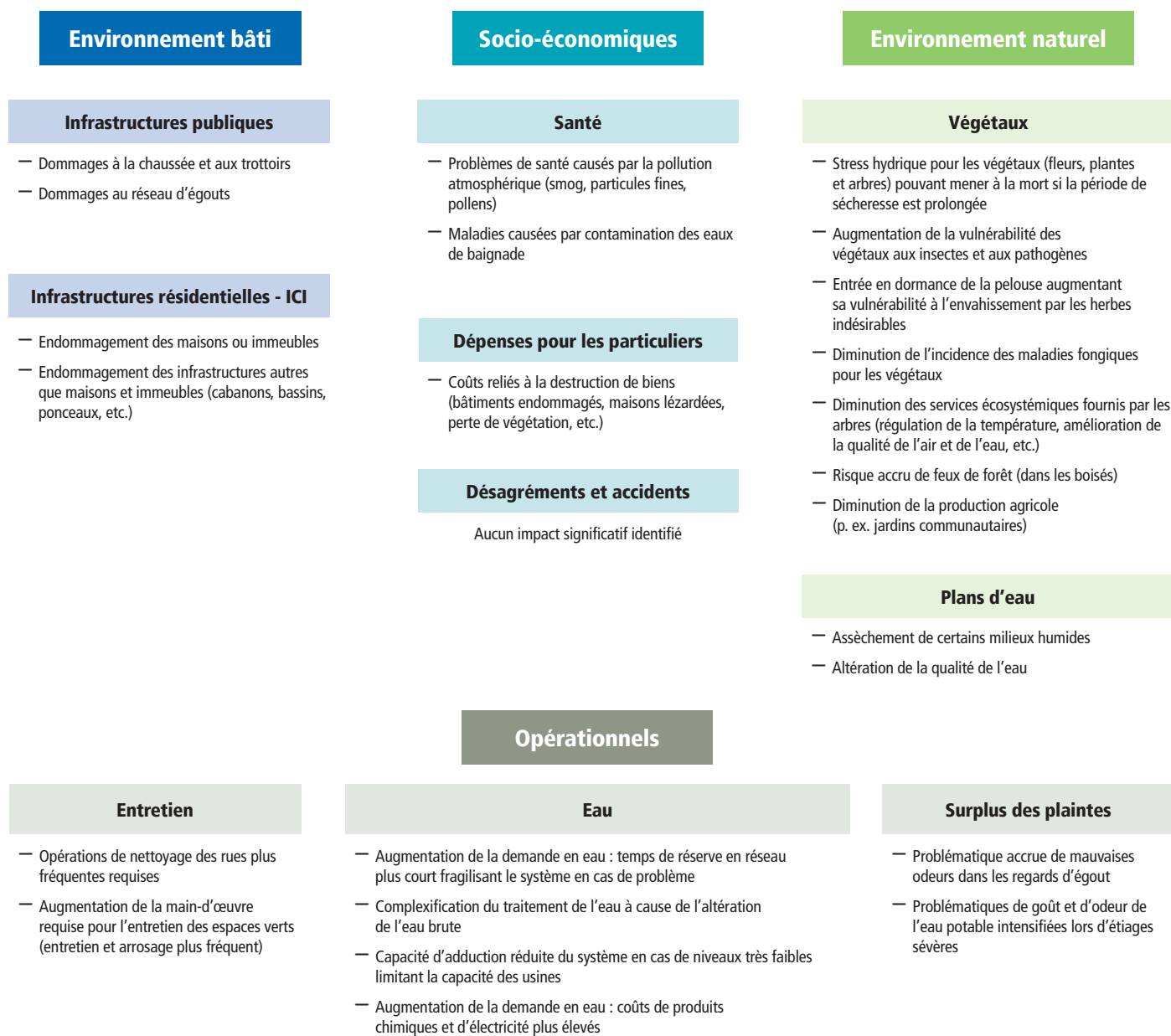
L'augmentation des températures moyennes entraîne des crues printanières plus hâtives et plus faibles sous l'effet conjugué de l'arrivée plus hâtive du printemps et des précipitations sous forme de neige moins abondantes. Cette fonte printanière plus tôt dans l'année associée à un flux d'eau de fonte moins abondant pourrait engendrer une baisse des réserves en eau en fin de période estivale.

L'augmentation des sécheresses est un processus à suivre de près pour pouvoir ajuster la consommation en conséquence et éviter des sécheresses socio-économiques. Cependant, il ne devrait pas y avoir de situation alarmante d'ici 2020. Les projections d'augmentation des sécheresses ne sont vraiment fiables qu'à partir de 2081-2100.

IMPACTS

Les impacts des sécheresses sur le territoire de l'agglomération de Montréal sont surtout reliés à la sécheresse des sols. L'assèchement de certains types de sols cause des dommages sur le milieu bâti, notamment sur les fondations des maisons et des immeubles, des chaussées et des trottoirs. Les impacts sur le milieu bâti causent à leur tour des impacts d'ordre économique reliés aux coûts associés aux réfections des infrastructures endommagées. D'autres impacts ont également été répertoriés dont la dégradation de la qualité de l'air et celle de la qualité des cours d'eau. Ils sont tous illustrés dans la Figure 8.2 et sont décrits dans les pages suivantes.

FIGURE 8.2
EXEMPLES D'IMPACTS POTENTIELS DE L'AUGMENTATION DE LA FRÉQUENCE ET DE LA DURÉE DES PÉRIODES SÉCHERESSE SUR L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL



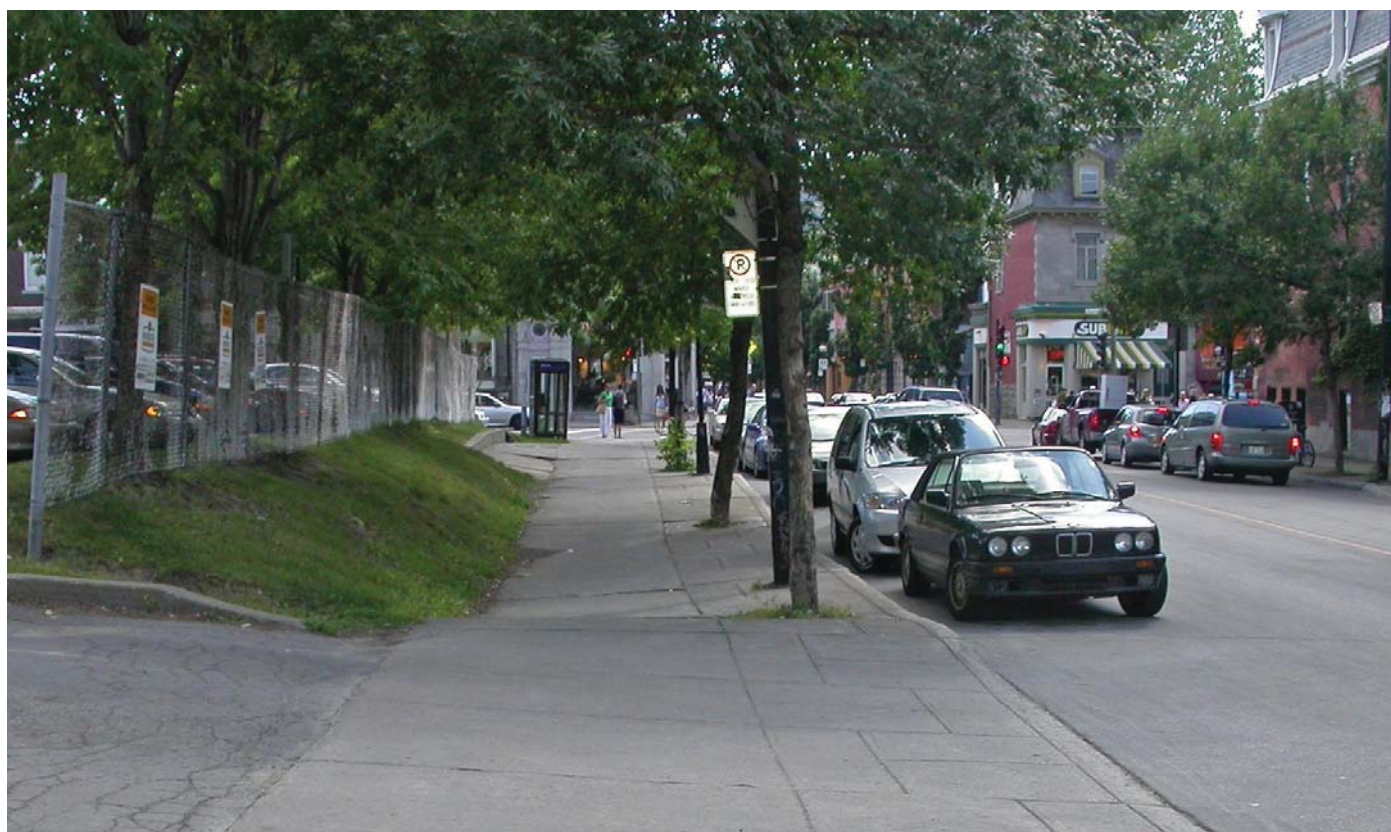
IMPACTS SUR LE BÂTI

Les sécheresses des sols entraînent des dommages aux immeubles et aux infrastructures construits sur les sols argileux. Or, les sols argileux se retrouvent sur une grande partie du territoire l'agglomération de Montréal. La construction des immeubles et des infrastructures sur un sol argileux est donc une pratique courante sur le territoire.

Lorsque les mesures palliatives nécessaires ne sont pas appliquées aux constructions, des affaissements de fondations peuvent survenir quand les sols argileux s'assèchent. En effet, une modification de la teneur en eau d'un sol argileux affecte son volume causant ainsi sa rétraction. Cette rétraction du sol peut causer de sérieux dommages aux bâtiments et aux infrastructures. Ces dommages se traduisent par des fissures qui apparaissent sur les fondations (aussi appelées fondations lézardées) et peuvent progresser vers les murs. Ses fissures sont les principales conséquences d'un affaissement de sol.

Les sécheresses des sols peuvent aussi endommager les trottoirs, les chaussées ainsi que les conduites d'égout qui sont construits sur des sols argileux. L'affaissement de sols cause entre autres des ondulations et des déformations de la chaussée et des trottoirs.

Enfin, les infrastructures vieillissantes déjà fragilisées seront plus sensibles aux affaissements des sols, ce qui pourrait entraîner des bris et d'importants travaux pour les arrondissements et les villes reconstituées.



Déformations observées au niveau du trottoir sud de la rue Roy Est, vue vers l'ouest (30.07.2007)
Crédit : © Division de l'expertise et du soutien technique, Ville de Montréal

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

La sécheresse peut avoir des répercussions importantes sur l'environnement naturel. Dans la section suivante, nous verrons de quelle manière les épisodes de sécheresse affectent différents composants de l'environnement, notamment les végétaux et les plans d'eau.

VÉGÉTAUX

Stress hydrique

La sécheresse est une source de stress hydrique pour les végétaux. Les répercussions néfastes du stress hydrique ont été détaillées dans le chapitre sur les vagues de chaleur. Une période prolongée de sécheresse peut ultimement entraîner la mort de la végétation.^{7, 173}

TABLEAU 8.1
EXEMPLES D'INSECTES RAVAGEURS, DONT LES POPULATIONS ONT ATTEINT DES NIVEAUX HISTORIQUES D'INFESTATION SUITE À UNE SÉCHERESSE, ET LEURS ARBRES HÔTES

Adapté de Mattson et Haack, 1987

Insectes ravageurs			Arbres hôtes
Ordre	Famille	Genre	Genre
Coléoptères	<i>Buprestidae</i>	<i>Agrilus</i>	<i>Betula, Populus, Quercus</i>
	<i>Cerambycidae</i>	<i>Tetropium</i>	<i>Abies</i>
	<i>Scolytidae</i>	<i>Corthylus</i> <i>Dendroctonus</i> <i>Ips</i> <i>Scolytus</i>	<i>Acer</i> <i>Picea, Pinus</i> <i>Picea, Pinus</i> <i>Abies, Carya</i>
Hémiptères	<i>Aphididae</i>	<i>Aphis</i>	<i>Crataegus</i>
	<i>Psyllidae</i>	<i>Cardiaspina</i>	<i>Eucalyptus</i>
Hyménoptères	<i>Dipronidae</i>	<i>Neodiprion</i>	<i>Pinus</i>
Lépidoptères	<i>Geometridae</i>	<i>Bupalus</i>	<i>Pinus</i>
		<i>Lambdina</i>	<i>Abies, Picea</i>
		<i>Selidosema</i>	<i>Pinus</i>
<i>Lymantriidae</i>	<i>Lymantria</i>	<i>Picea, plusieurs feuillus</i>	
<i>Tortricidae</i>	<i>Choristoneura</i>	<i>Abies, Picea, Pinus</i>	
Orthoptères	<i>Acrididae</i>	Plusieurs genres	Plusieurs graminées



Pelouse en dormance en raison de la sécheresse
Crédit : © Équipe de lutte intégrée, Ville de Montréal

Augmentation de la vulnérabilité des végétaux aux insectes et aux pathogènes

Le stress vécu par les végétaux lors d'épisodes de sécheresse peut réduire la vigueur des arbres et augmenter leur vulnérabilité face aux insectes ravageurs et aux pathogènes.^{7, 100, 134} De plus, les changements physiologiques chez les plantes (niveaux de nutriments, diminution des mécanismes de défense, etc.), engendrés par la sécheresse, peuvent rendre ces dernières plus attirantes pour les insectes ravageurs.¹⁰⁰ Le Tableau 8.1 présente des exemples de ravageurs, à travers le monde, dont les populations ont atteint des niveaux historiques d'infestation suite à une sécheresse.

Entrée en dormance de la pelouse

En milieu urbain, plusieurs espaces verts sont constitués de pelouse (terrains privés, terrains sportifs, parcs, terre-pleins, etc.). En période de sécheresse, la pelouse peut brunir. Ce brunissement, dû au manque de pluie, ne signifie pas que la pelouse est morte, mais plutôt qu'elle est entrée en dormance. La dormance est une stratégie adaptative qui permet à une espèce de survivre lorsque les conditions environnementales sont difficiles.¹⁴⁷ Malgré son apparence, le brin d'herbe en dormance est toujours vivant et reverdira dans les semaines suivant un apport d'eau. La dormance du gazon peut durer jusqu'à six semaines sans qu'il n'y ait de dommages à la plante. On recommande d'éviter de tondre ou de piétiner une pelouse en dormance.

Diminution de l'incidence des maladies fongiques

La plupart des champignons causant des maladies fongiques chez les plantes ont besoin d'un certain niveau d'humidité pour croître et survivre. Les épisodes de sécheresse, causés par les changements climatiques, seraient donc défavorables aux développements de maladies fongiques.^{124, 64}

Diminution des biens et services écosystémiques fournis par les arbres

Les sociétés humaines soutirent des bénéfices de la nature. On désigne ces bénéfices sous les termes biens et services écosystémiques.⁵¹ Les arbres et la végétation en général fournissent des services écologiques (nourriture, ressources en bois, régulation de la température, amélioration de la qualité de l'air et de l'eau, support structurel du sol, esthétisme, etc.).¹⁰³ En affectant la végétation, la sécheresse risque de diminuer les services écologiques fournis par cette dernière.⁸

Risque accru de feux de forêt

L'absence prolongée de précipitations sous forme de pluie durant l'été augmente grandement le risque de feux de forêt. L'agglomération de Montréal compte plusieurs boisés naturels sur son territoire. Certains de ces boisés sont régulièrement visités par différents usagers. Bien que les feux à ciel ouvert y soient toujours interdits, certains usagers des boisés, peu soucieux des consignes, y font parfois de petits feux. En période de sécheresse, les risques de feux de forêt sont accrus et une augmentation des moyens de sensibilisation des usagers des parcs et des boisés devrait être privilégiée.

L'agglomération de Montréal peut également être touchée indirectement par l'impact des feux de forêt sévissant ailleurs au Québec. Par exemple, en 2013, une sécheresse intense sévissant depuis plusieurs semaines dans la région de la Baie James (au nord de la province) a contribué à l'apparition de plusieurs feux de forêt. Bien que situés à des centaines de kilomètres de l'agglomération de Montréal, ces feux ont eu des répercussions importantes sur cette dernière.



Crédit : © SOPFEU, Stéphane Chalifour (23.06.2013)

En effet, le 3 juillet 2013, une panne d'électricité majeure, en pleine heure de pointe de fin de journée, a complètement interrompu le service du métro et touché plusieurs immeubles commerciaux. En effet, la chaleur intense, provoquée par les feux de forêt, a entraîné des fluctuations de tension sur les lignes de transport d'électricité située dans la région de la Baie James. Des mécanismes d'urgence, visant à protéger l'équipement, se sont enclenchés, provoquant ainsi la panne vécue à Montréal.

Diminution de la production agricole

La sécheresse a un impact direct, généralement négatif, sur la production agricole. Montréal compte peu de territoires agricoles. En 2013, les terres cultivées représentaient 21 % de la zone agricole permanente, soit près de 410 hectares.¹⁶⁵ La majorité des terres agricoles se situe dans l'ouest de l'île de Montréal. Toutefois, d'autres activités agricoles ont lieu un peu partout à Montréal, notamment dans les jardins communautaires qui sont près d'une centaine sur le territoire montréalais.⁵⁰ La pratique de l'agriculture urbaine risque donc d'être affectée par les épisodes de sécheresse.

PLANS D'EAU

Altération de la qualité de l'eau

Les changements climatiques peuvent avoir des effets importants sur la qualité de l'eau des cours d'eau.¹¹¹ Généralement, la qualité de l'eau tend à diminuer en période de sécheresse.¹⁴⁶ Ce déclin est attribuable à différents facteurs : réchauffement de la température de l'eau, diminution de la concentration d'oxygène dissous, conditions favorables au développement d'efflorescence de cyanobactéries, eutrophisation, augmentation de la concentration de certains polluants et métaux.¹⁴⁶ L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses due aux changements climatiques pourrait donc entraîner une diminution du potentiel écologique et récréatif des plans d'eau.¹⁴⁶

Assèchement de certains milieux humides

En période de sécheresse, le niveau des plans d'eau baisse et certains peuvent même s'assécher complètement. En pareil cas, il est donc probable que l'on observe une augmentation de la mortalité chez certains organismes dont la survie dépend de ces petits points d'eau (grenouilles, libellules, etc.).^{137, 171}



Marécage du parc-nature du Bois-de-Saraguay souffrant d'une déficience chronique de son alimentation en eau
Crédit : © Réseau de suivi du milieu aquatique, Ville de Montréal

IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

Dans le cas des sécheresses, les impacts socio-économiques se résument aux impacts sur la santé et sur les dépenses pour les particuliers. Les impacts sur la santé sont liés à la sécheresse météorologique. Les dépenses pour les particuliers quant à elles découlent des impacts causés sur le milieu bâti.

Les périodes de sécheresse sont souvent combinées aux grandes chaleurs qui affectent les niveaux de polluants atmosphériques. Par temps sec, les poussières et les particules, tout comme les pollens, sont en effet plus facilement transportées et contribuent à la mauvaise qualité de l'air. Or, la présence de polluants et de pollens dans l'air ambiant exacerberait les symptômes des maladies respiratoires et cardiovasculaires, et contribuerait à dégrader l'état de santé des personnes déjà fragilisées.⁴⁰

Comme il a été souligné dans la section des impacts environnementaux (page 110), la qualité des eaux peut aussi être affectée lors des périodes de grande sécheresse. Par temps de grandes chaleurs et de sécheresse, les polluants

qui se retrouvent dans les cours d'eau risquent d'être dilués plus difficilement en raison des débits d'eau qui sont souvent plus faibles. Les baigneurs qui veulent alors se rafraîchir sont susceptibles d'être ainsi contaminés et de tomber malades. Les maladies d'origine hydrique se manifestent généralement par des troubles gastro-intestinaux (nausées, vomissements et diarrhée) de courte durée. Le contact avec la peau ou l'ingestion d'une eau de mauvaise qualité peuvent aussi causer des dermatites, de même que des infections aux yeux, aux oreilles et à la gorge.¹⁰⁶

D'un point de vue économique, les sécheresses peuvent aussi avoir de sérieuses conséquences. Puisque les assurances d'habitation ne couvrent généralement pas les dommages causés sur les maisons par l'affaissement de sols argileux, les propriétaires doivent assumer la totalité de la facture, souvent très coûteuse, des travaux sur les fondations.



© Shutterstock

IMPACTS SUR LES OPÉRATIONS

Les impacts sur les opérations identifiés sur le territoire en lien avec une augmentation de la fréquence et de la durée des périodes sans pluie touchent plus particulièrement les activités de production d'eau potable ainsi que l'entretien des espaces verts et des rues.

En effet, les épisodes de sécheresse estivale qui pourraient s'allonger risquent d'accroître la demande en eau. Les quantités d'eau ainsi consommées pour l'arrosage des pelouses ou des espaces verts amènent une pression sur les équipements de traitement et d'épuration. L'augmentation de la demande en eau pourrait entraîner un temps de réserve en réseau plus court et ainsi fragiliser le système en cas de problème. Cette même augmentation entraînerait nécessairement des surcoûts de production. Par ailleurs, les sécheresses pourraient également limiter la capacité d'adduction du système lorsque les niveaux d'eau sont très faibles, limitant la capacité des usines. Aussi, elle pourrait provoquer des étiages plus sévères causant des problématiques de goût et d'odeurs de l'eau potable.

De plus, les périodes de sécheresse ont d'importants impacts sur toute la végétation comme on l'a vu dans la section des impacts environnementaux. En conséquence, elles nécessitent une plus grande coordination et plus de ressources pour assurer la pérennité des aménagements, des espaces verts et des arbres en rue.

Enfin, en l'absence de pluie sur une période prolongée, l'état de propreté des rues a tendance à se dégrader, ce qui nécessite une augmentation des opérations de nettoyage de rues.



© Shutterstock

ANALYSE DE VULNÉRABILITÉ

Une fois que les impacts engendrés par la sécheresse sont connus, il est possible d'effectuer une analyse de la vulnérabilité de l'agglomération de Montréal pour cet aléa. Comme plusieurs de ces impacts touchent des groupes de personnes qui habitent des lieux particuliers de l'agglomération et des infrastructures dont l'emplacement est connu, il est possible d'effectuer une analyse géographique de la vulnérabilité, ce qui a d'ailleurs été fait. La méthodologie employée est détaillée à l'Annexe A.

Cette section présente les zones de l'agglomération touchées par l'aléa, ainsi que les sensibilités environnementale, territoriale et sociale, que ces sensibilités soient cartographiables ou pas. Pour terminer, les cartes obtenues par l'analyse géographique sont présentées et discutées dans la section Vulnérabilité à la sécheresse à la page 117.

ZONES TOUCHÉES PAR L'ALÉA (SENSIBILITÉ PHYSIQUE)

En cas de sécheresse, la sensibilité physique n'est pas la même en fonction de la sensibilité territoriale et de la sensibilité sociale.

Pour ce qui est de la sensibilité territoriale, seuls les bâtiments situés dans les zones où le sol se contracte lorsqu'il est sec sont à risque. Ces zones représentent la sensibilité physique. Elles sont illustrées à la page 118. Pour qu'un secteur soit propice à la contraction du sol, quelques facteurs entrent en jeu :

- **Le type de sol.** Ce sont les sols argileux qui se contractent lorsqu'ils sont secs. En effet, les argiles de l'est du Canada ont une capacité de rétention d'eau importante. Elles subissent donc une perte de volume considérable en s'asséchant.
- **Le potentiel de rétention d'eau du sol.** Certains types de sols absorbent plus facilement l'eau que d'autres.
- **L'occupation du sol.** Les routes, les stationnements et les bâtiments sont des infrastructures imperméables qui empêchent l'absorption de l'eau de pluie par le sol. Cette eau est plutôt dirigée vers les égouts. Par conséquent, les sols d'un secteur fortement urbanisé sont plus difficiles à réhumidifier puisque peu d'eau les pénètre. D'autre part, l'emmagasinage de la chaleur des surfaces (p. ex. asphalté) concentre la chaleur et favorise l'assèchement des sols.

Pour l'analyse géographique, seul le type de sol a été utilisé pour déterminer la sensibilité physique liée à la sensibilité territoriale.

Pour ce qui est de la sensibilité sociale, celle-ci est liée aux zones touchées par les sécheresses. Or, en temps de sécheresse, l'ensemble de l'agglomération est touché également (sensibilité physique constante). C'est ce qui est illustré par la Carte 8.4 (page 119).

SENSIBILITÉ ENVIRONNEMENTALE

En raison de la disponibilité limitée des données, et parce que plusieurs paramètres environnementaux ne sont pas cartographiables, la sensibilité environnementale n'a pas été prise en compte dans l'analyse cartographique de la vulnérabilité de l'agglomération de Montréal à la sécheresse. Cependant, comme vu dans la section Impacts environnementaux (page 110), la sécheresse peut avoir des impacts importants sur l'environnement naturel, notamment sur les végétaux et les milieux aquatiques. Par contre, les modèles forestiers actuels ont de la difficulté à prédire quels arbres mourront prématurément en raison de la sécheresse et à quel moment cela aura lieu. Toutefois, de récentes avancées laissent entrevoir la possibilité de créer des modèles visant à prédire la mortalité des arbres en forêts qui serait due à la sécheresse. De tels modèles sont actuellement testés aux États-Unis en jumelant à la fois des données prises sur le terrain et des données provenant de relevés aériens et satellites.⁸ Il serait intéressant d'adapter ces modèles pour les forêts urbaines.

Certaines espèces d'arbres et de plantes sont reconnues pour leur résistance à la sécheresse^{8, 23}, alors que d'autres, au contraire, y sont vulnérables. Un futur Plan d'adaptation pourrait tenter de cartographier les secteurs où les végétaux sont les plus vulnérables à la sécheresse en utilisant, par exemple, les données d'inventaires des arbres des arrondissements.

SENSIBILITÉ TERRITORIALE

La Carte 8.1 (page 117) montre la sensibilité territoriale à la sécheresse de l'agglomération de Montréal.

Comme décrit à la section Impacts sur le bâti (page 109), les infrastructures ne sont pas directement sensibles à la sécheresse. Par contre, les bâtiments et les trottoirs sont sensibles à la contraction des sols lorsqu'ils s'assèchent. Montréal est particulièrement sensible à ce phénomène, puisqu'une bonne partie de ses sols sont argileux (voir la Carte 8.2 à la page 118). Toutefois, le seul facteur à avoir été pris en compte dans l'analyse géographique de la sensibilité territoriale est la densité de bâtiments.

SENSIBILITÉ SOCIALE

La Carte 8.3 (page 118) montre la sensibilité sociale à la sécheresse de l'agglomération de Montréal.

Comme décrit à la section Impacts socio-économiques (page 113), plusieurs personnes sont sensibles aux impacts de la sécheresse, dont les enfants de 0 à 15 ans, les personnes âgées de 65 ans et plus, les personnes vivant seules et les personnes matériellement défavorisées. Les impacts pris en compte dans l'analyse géographique sont les suivants :

- problèmes de santé causés par le smog et les particules fines;
- problèmes de santé causés par les pollens;
- maladies causées par la contamination des eaux de baignade;
- pertes économiques.

L'impact le plus important est la dégradation de la qualité de l'air. En effet, lors d'une période de sécheresse les concentrations de smog, de particules fines et de pollens ont tendance à augmenter, puisque l'effet de lessivage des contaminants de l'air par la pluie est absent. Les problèmes causés par les mouvements du sol sur les bâtiments entraînent d'importants coûts reliés aux travaux de réparation nécessaires ou des pertes de valeur des immeubles. Finalement, la qualité de l'eau des cours d'eau peut être légèrement dégradée lors d'une sécheresse, ce qui peut causer des maladies chez les amateurs d'activités aquatiques.

VULNÉRABILITÉ AUX SÉCHERESSES

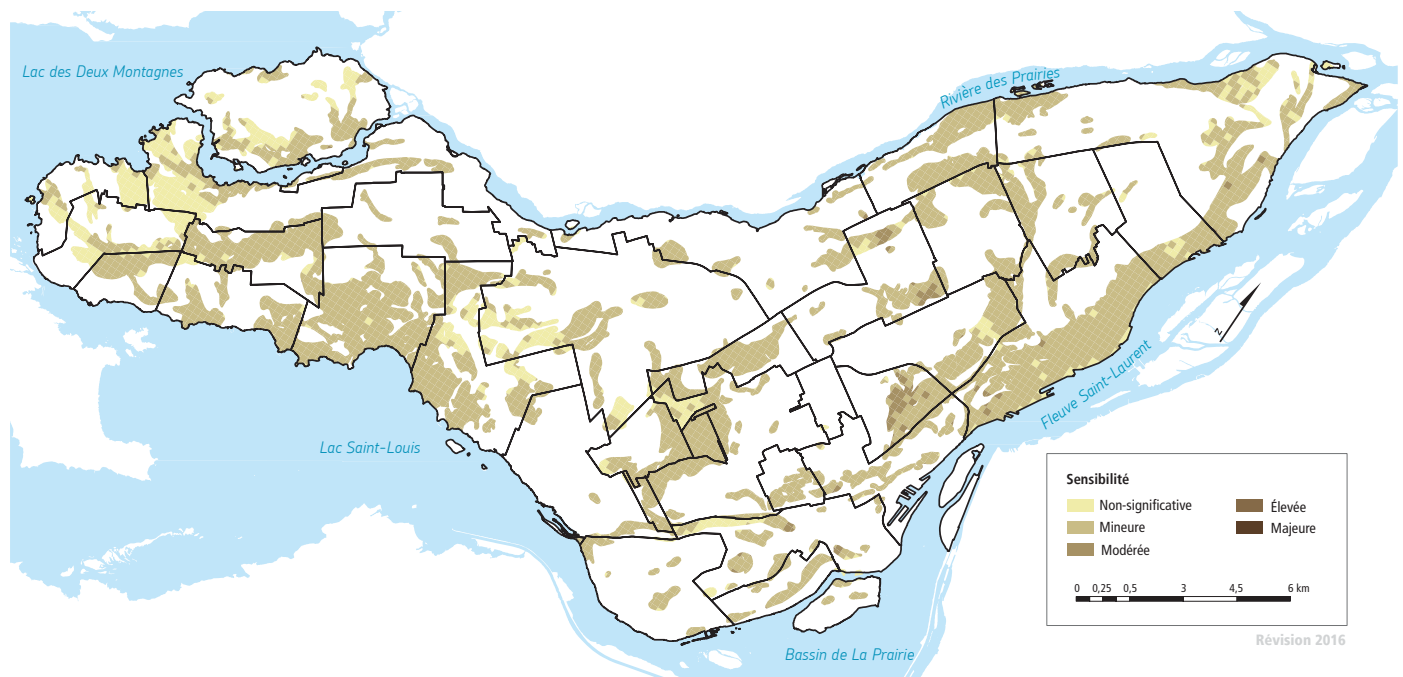
La vulnérabilité de l'agglomération de Montréal à la sécheresse est obtenue (voir Carte 8.5) en multipliant la sensibilité territoriale par la sensibilité physique qui lui est associée (zones de contraction de sols), en multipliant la sensibilité sociale par la sensibilité physique qui lui est associée (zones de l'agglomération touchées par la sécheresse, c'est-à-dire l'ensemble de l'agglomération) et en additionnant ces deux valeurs. Cette représentation cartographique de la vulnérabilité aux sécheresses est basée sur des choix de facteurs de sensibilités déterminés selon la méthodologie de l'analyse géographique des vulnérabilités décrite à l'Annexe A.

La vulnérabilité à la sécheresse varie beaucoup d'un endroit à l'autre de l'agglomération, ce qui peut être expliqué par les facteurs territoriaux ou sociaux.

Comme mentionné dans la sous-section Zones touchées (page 115) par l'aléa (sensibilité physique), la sensibilité territoriale ne touche que les bâtiments situés dans les secteurs dont le sol est argileux (Cartes 8.1 et 8.2). La majorité de ces secteurs ont une sensibilité mineure ou non significative. Seuls quelques endroits ayant une plus forte densité de bâtiments ont une sensibilité territoriale modérée, Le Plateau-Mont-Royal et Villeray-Saint-Michel-Parc-Extension étant les arrondissements en comptant une plus grande concentration.

Les secteurs sensibles à la sécheresse, quant à eux, concernent l'ensemble du territoire montréalais (Carte 8.4). Les personnes matériellement défavorisées sont les plus sensibles aux différents impacts de la sécheresse. Par conséquent, la carte de sensibilité sociale (Carte 8.3) représente surtout les zones défavorisées, quoique certains secteurs présentent une sensibilité élevée pour d'autres raisons, comme la présence de personnes âgées vivant seules.

CARTE 8.1
SENSIBILITÉ TERRITORIALE DANS LES SECTEURS DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL EXPOSÉS À LA CONTRACTION DES SOLS



CARTE 8.2
SECTEURS DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL EXPOSÉS À LA CONTRACTION DE SOLS



CARTE 8.3
Sensibilité sociale par rapport à la sécheresse dans les secteurs de l'agglomération de Montréal



CARTE 8.4
SECTEURS DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL SENSIBLES À LA SÉCHERESSE



CARTE 8.5
VULNÉRABILITÉ À LA SÉCHERESSE DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL





Dans les chapitres précédents, il a été démontré que les changements climatiques modifiaient le cycle hydrologique dans la région de Montréal (avec notamment davantage d'épisodes de pluies abondantes et de sécheresses météorologiques). Cette modification du cycle hydrologique a également un impact sur les crues. On parle de crue lorsque le débit ou le niveau d'une rivière dépasse un seuil critique.

Le risque de crues dans l'agglomération de Montréal concerne principalement les arrondissements et les villes reconstituées qui bordent la rivière des Prairies. En effet, le débit du fleuve Saint-Laurent est régulé en amont par plusieurs barrages hydro-électriques, ce qui diminue considérablement le risque de crues. Quant à elle, la rivière des Prairies est principalement alimentée par le lac des Deux Montagnes et la rivière des Outaouais, la plus longue rivière du Québec qui draine les eaux du bassin versant des Outaouais (d'une surface de 146 000 km²). La rivière des Outaouais est aussi régulée par des barrages, mais seulement sur sa partie nord (soit environ 33 % du bassin versant). Le reste des eaux du bassin des Outaouais s'écoule donc directement dans la rivière des Prairies avec d'importantes variations saisonnières (débits allant de 1 000 m³/s à 8 000 m³/s).¹²¹



ÉVOLUTION CLIMATIQUE

PÉRIODE HISTORIQUE

Les dernières crues marquantes pour l'agglomération de Montréal ont eu lieu en 2004 et en 2008 (voir Tableau 9.1). Les crues dans la rivière des Prairies peuvent être générées par divers processus : fonte du couvert neigeux et des glaces au printemps, formation de frasil principalement en hiver ou formation d'embâcles au printemps et en hiver. Une crue dans un territoire donné est en effet occasionnée soit par une augmentation du débit en amont (pour la rivière des Prairies, il s'agirait d'une augmentation du débit de la rivière des Outaouais), soit par la formation d'un obstacle qui empêche l'eau de s'écouler en aval (comme les embâcles ou l'accumulation de frasil).

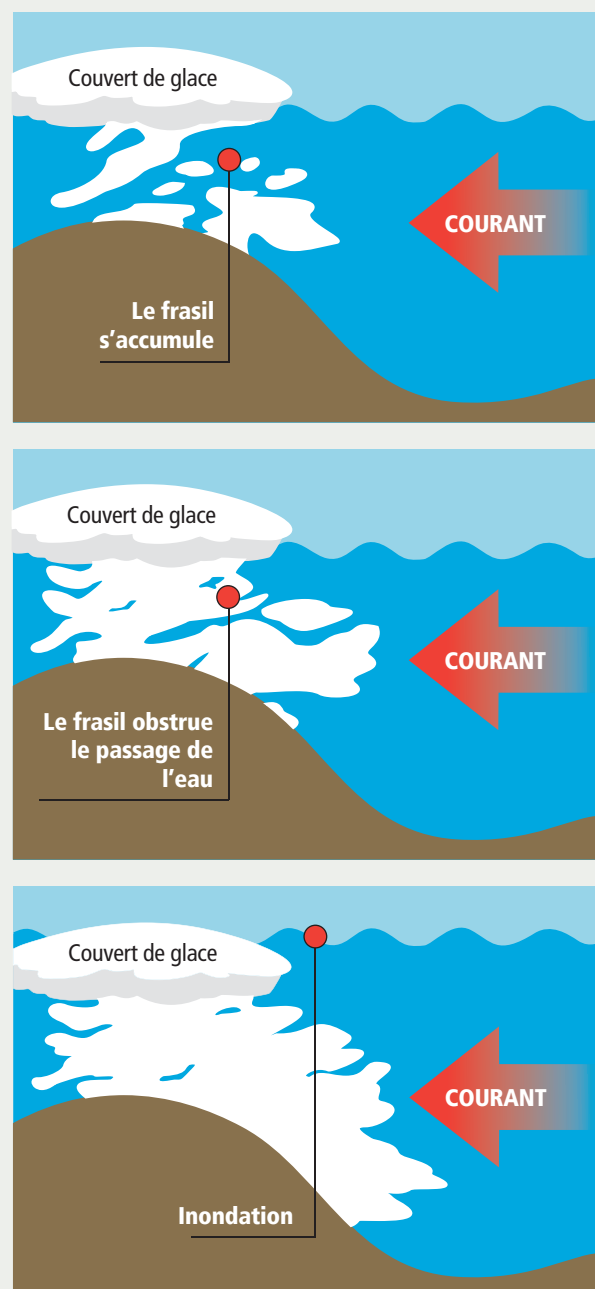
TABLEAU 9.1
FAITS SAILLANTS DES DERNIÈRES CRUES
MARQUANTES DE 2004 ET DE 2008

Date	Précisions
Avril 2004	Accumulation de frasil dans la rivière des Prairies dans le secteur de Pierrefonds qui a occasionné une hausse des niveaux d'eau. Un embâcle* en amont de la rivière a également accentué le phénomène de crue. Quelques maisons ont été inondées.
Avril 2008	Les précipitations de neige abondantes de l'hiver 2007-2008 ainsi que la fonte régulière du couvert de neige dans tout le bassin-versant de l'Outaouais ont entraîné un apport important d'eau dans la rivière des Prairies au printemps 2008. Plusieurs secteurs ont été touchés, dont Ahuntsic-Cartierville, Pierrefonds, L'Île-Bizard, Sainte-Anne-de-Bellevue et Senneville.

*Selon la définition d'Environnement Canada, un embâcle est « une accumulation de glaces de rivière ou de mer, brisées et immobiles en raison de restrictions physiques. Cette accumulation résiste à la pression. »

INONDATION CAUSÉE PAR UNE ACCUMULATION DE FRASIL

Le frasil est formé de fines aiguilles ou plaquettes de glace en suspension dans l'eau.⁵⁵ Lorsque ces aiguilles de glace s'accumulent dans un cours d'eau, elles peuvent en perturber l'écoulement, jusqu'à provoquer une inondation.

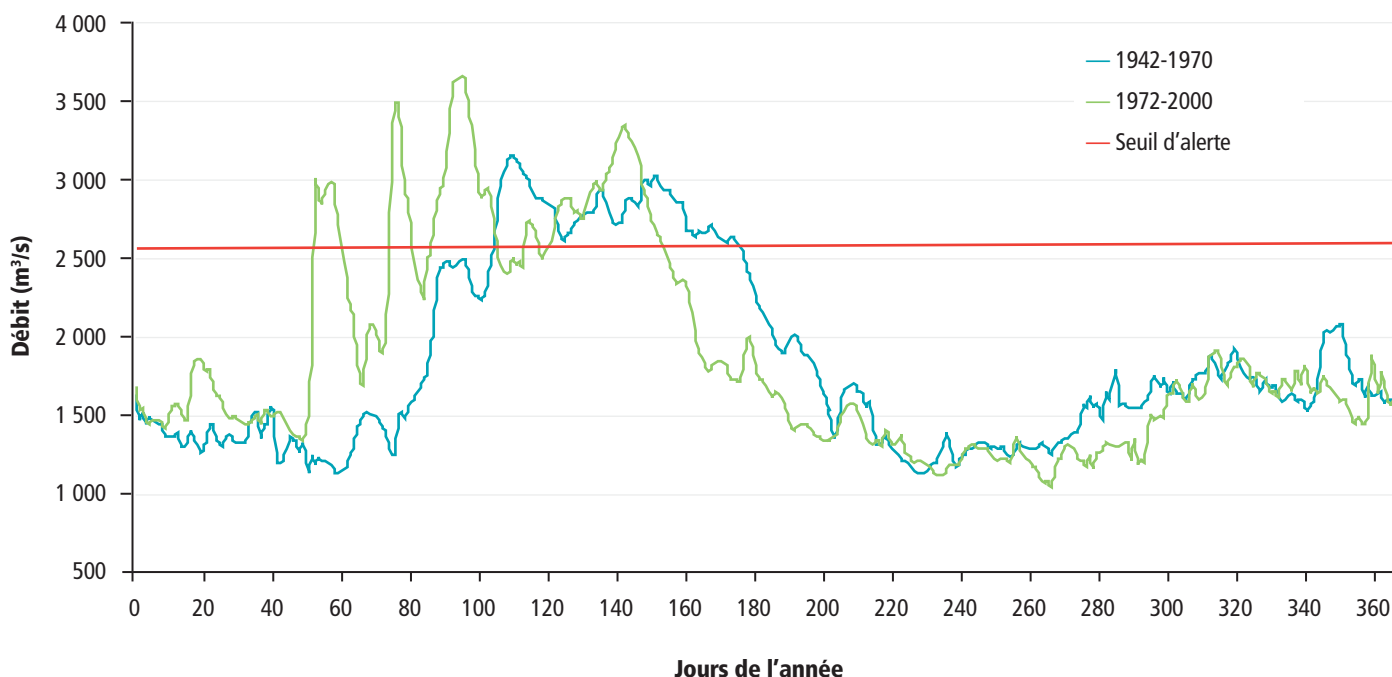


Lorsqu'on considère les débits maximaux dans la rivière des Prairies entre les périodes 1942-1970 et 1972-2000, on constate un décalage des épisodes de crues printanières plus tôt dans l'année (voir Figure 9.1). En particulier, dans la période 1942-1970, il n'y a pas eu d'épisodes de crues « printanières » qui dépassent le seuil de 2 550 m³/s (seuil d'alerte défini par le Centre de sécurité civile) avant le 14 avril alors que dans la période 1972-2000, ce seuil est dépassé dès le 22 février. Par ailleurs, les débits maximaux sur la période 1972-2000 atteignent des niveaux (plus de 3 550 m³/s) jamais atteints pendant la période 1942-1970.

Le raccourcissement de la saison hivernale entraîne un dégel printanier plus hâtif, ce qui explique le décalage plus tôt dans l'année des crues printanières. Par ailleurs, l'augmentation des cycles de gel/dégel pendant l'hiver est révélatrice de périodes de redoux en hiver qui favorisent la formation d'embâcles. En effet, les embâcles se forment lorsque des blocs de glace se détachent suite à un redoux et viennent s'accumuler dans une zone de la rivière, créant un obstacle à l'écoulement. L'agglomération de Montréal était habituée à des embâcles du début avril à la fin mai, mais depuis quelques années, les embâcles sont observés dès les mois de janvier et février.¹⁵⁴ L'augmentation des redoux hivernaux pourrait entraîner également une augmentation des crues pour cause de frasil.²¹

FIGURE 9.1
DÉBIT JOURNALIER MAXIMUM À LA RIVIÈRE DES PRAIRIES

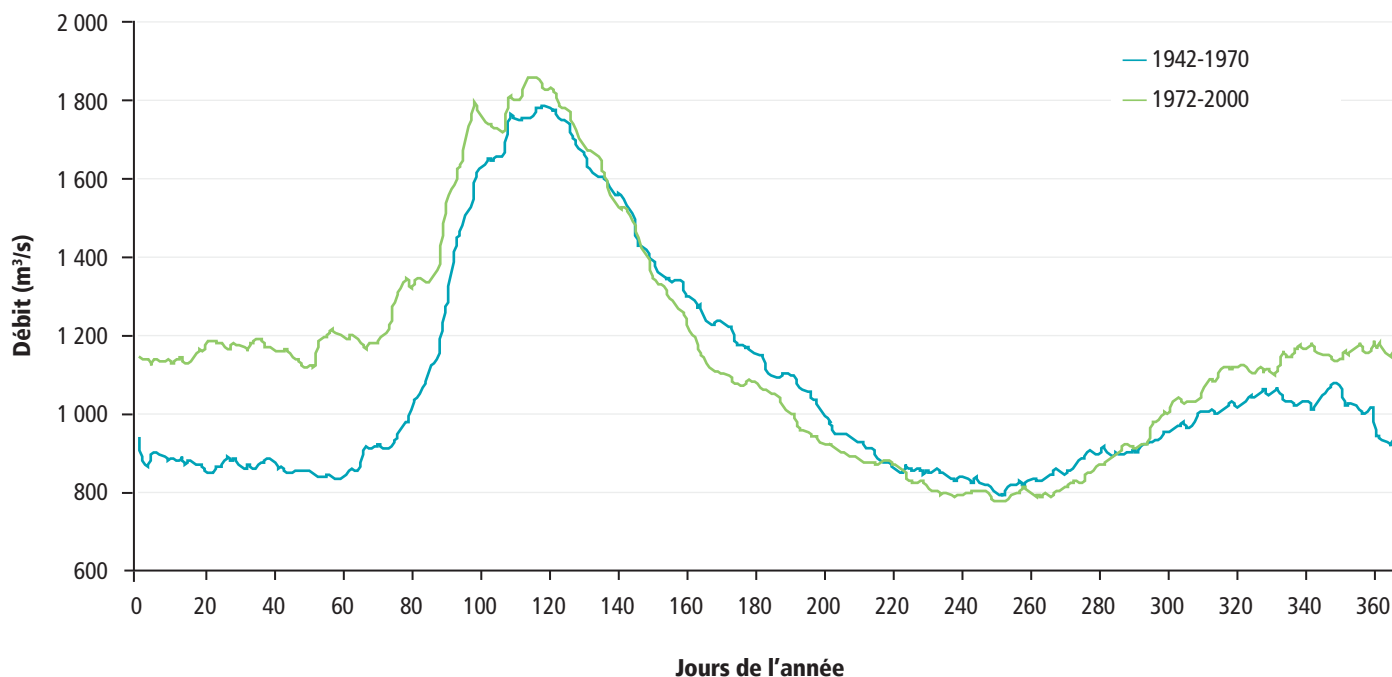
Note : Données issues de la station n°020A004, rapides du Cheval Blanc sur la rivière des Prairies (45°31'6" N, 73°50'33" O).



L'augmentation de la probabilité de crues en hiver est visible également lorsqu'on considère les débits moyens de la rivière des Prairies (voir Figure 9.2). C'est ainsi qu'on observe que sur la période 1972-2000, les débits moyens hivernaux sont plus élevés d'environ 300 m³/s par rapport à la période 1942-1970. Ceci s'explique en partie par l'augmentation des précipitations sous forme de pluie pendant l'hiver en raison de l'augmentation des températures.

FIGURE 9.2
DÉBIT JOURNALIER MOYEN À LA RIVIÈRE DES PRAIRIES

Note : Données issues de la station n°020A004, rapides du Cheval Blanc sur la rivière des Prairies (45°31'6" N, 73°50'33" O).



PROJECTIONS CLIMATIQUES

Les projections climatiques pour le Québec indiquent une augmentation des débits hivernaux moyens des rivières pour l'horizon 2041-2070.¹²² Par ailleurs, d'après une étude du Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ)³⁰, à l'horizon 2050 :

- les crues printanières seront vraisemblablement moins volumineuses au sud du territoire;
- les crues printanières seront fort probablement plus hâtives sur l'ensemble du Québec méridional;
- l'augmentation des débits moyens mensuels serait de l'ordre de 50 % pour les mois de décembre à mars;
- la diminution des débits moyens mensuels de mai à octobre serait de l'ordre de 25 %.

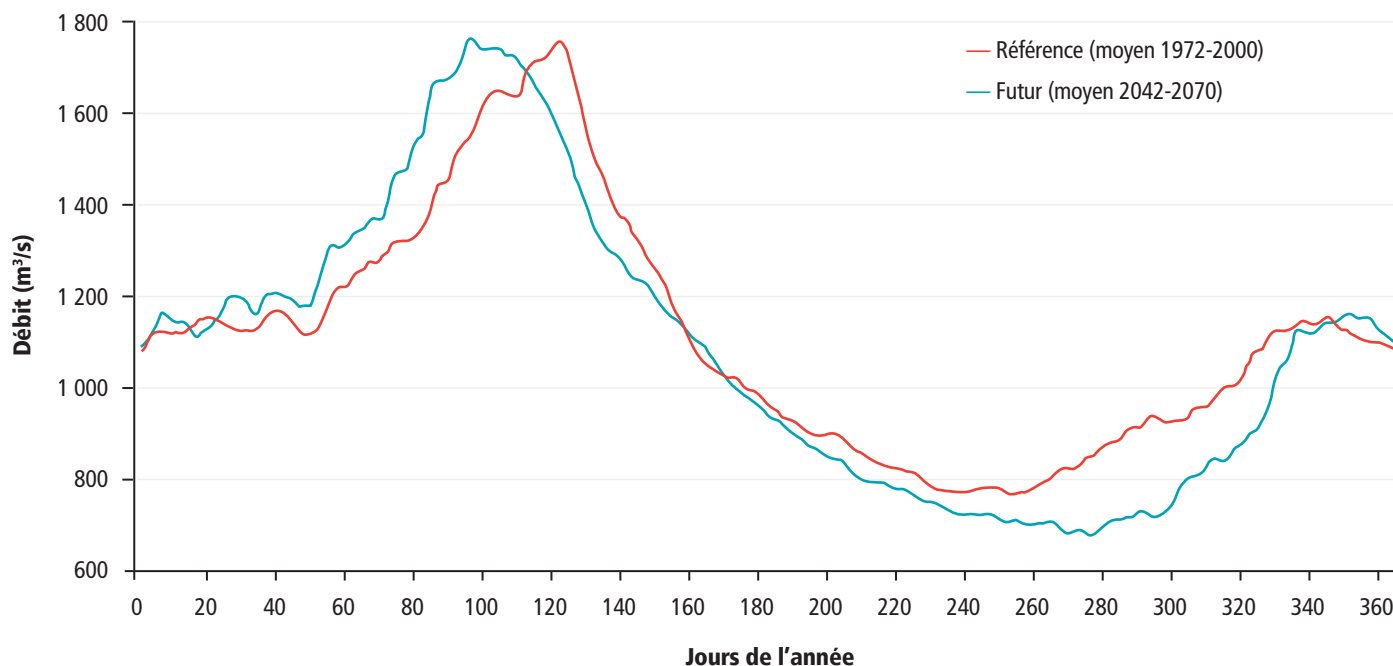
En ce qui concerne la rivière des Prairies, une étude récente⁴⁹ a simulé le débit journalier moyen en 2042-2070 (voir Figure 9.3). On constate que la crue printanière devrait se décaler encore plus tôt dans l'année que pendant la période historique (1972-2000, et par extension 1942-1970 cf. Figure 9.3).

Enfin, selon une étude d'Ouranos¹²¹, les niveaux du Saint-Laurent devraient être réduits dans le secteur de Montréal d'un maximum de 20 cm à 120 cm (selon le scénario climatique utilisé) à l'horizon 2050.

Pour résumer, on peut s'attendre très vraisemblablement à un décalage des crues printanières de la rivière des Prairies toujours plus tôt dans l'année. En revanche, il n'est pas clair si l'intensité des futures crues est plus importante que dans le passé. En effet, les modèles hydrologiques n'ont pas encore la capacité de tenir compte du frazil, ce qui limite leur pouvoir prédictif sur ce type de crue pour l'instant.

FIGURE 9.3
DÉBIT JOURNALIER MOYEN À LA RIVIÈRE DES PRAIRIES – RÉFÉRENCE ET FUTUR

Note : Données simulées issues d'un modèle hydrologique.

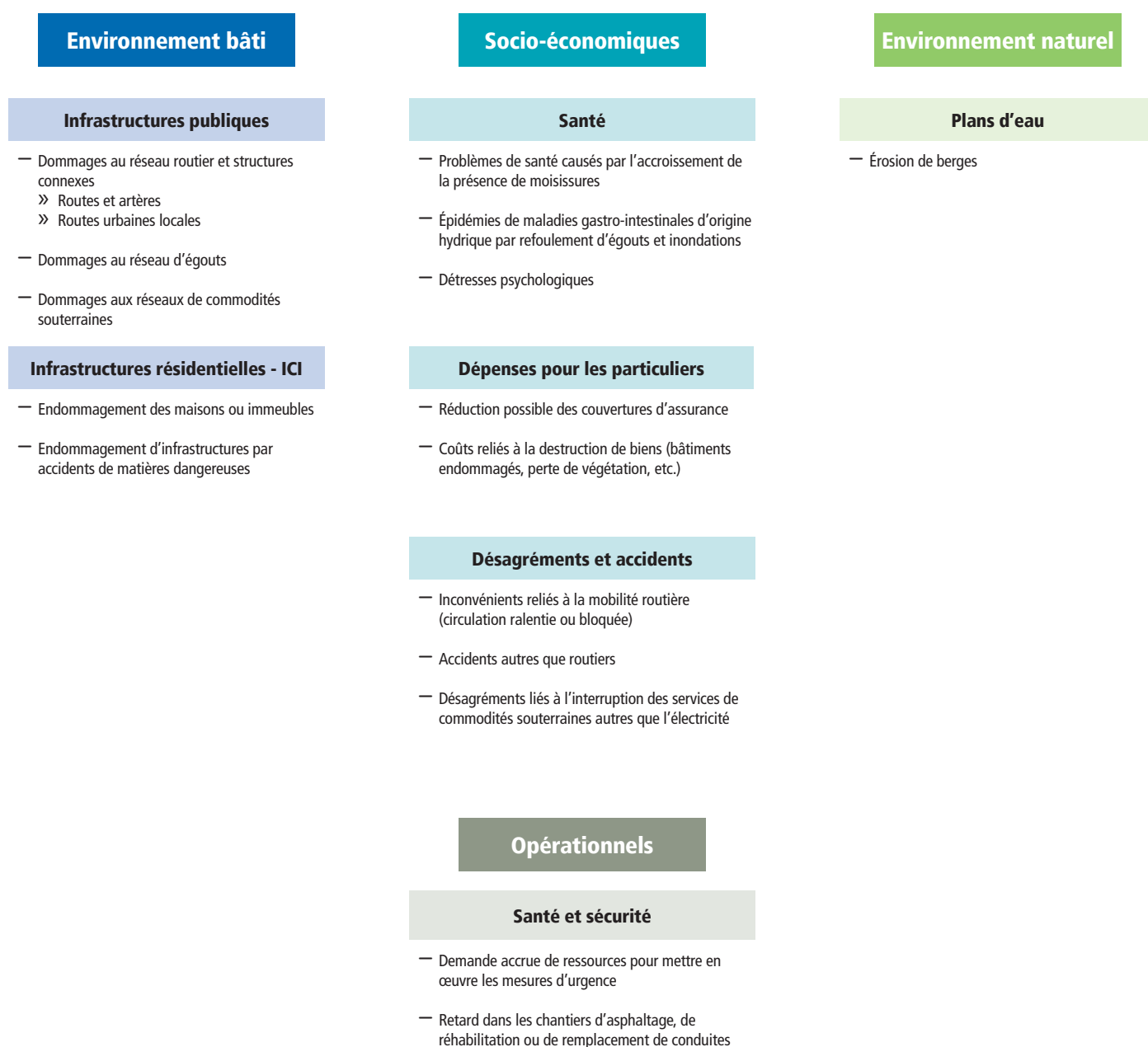


Source : Rapport de Sarah Dorner, *Impacts et adaptations aux changements climatiques des infrastructures municipales en eau de la rivière des Prairies*, Ouranos, mars 2013.

IMPACTS

Les impacts causés par les crues sur l'agglomération de Montréal sont schématisés dans la Figure 9.4. Comme il a déjà été mentionné, ces impacts touchent principalement les arrondissements et villes reconstituées qui bordent la rivière des Prairies. Les impacts ont été divisés en quatre catégories : impacts sur le bâti, environnementaux, socio-économiques et sur les opérations. Les impacts de chaque catégorie sont expliqués dans la suite.

FIGURE 9.4
EXEMPLES D'IMPACTS POTENTIELS DES CRUES SUR L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL



IMPACTS SUR LE BÂTI

Sur l'île de Montréal, les crues affectent particulièrement les arrondissements et les villes reconstituées localisés sur les rives de la rivière des Prairies. Lorsque le débit ou le niveau d'une rivière dépasse un seuil critique, les eaux de la rivière débordent de leur lit en générant des inondations. En milieu urbain, les inondations entraînent des dommages sur l'environnement bâti, notamment aux infrastructures du réseau d'égout, aux réseaux de commodités souterraines et aux édifices localisés dans les plaines inondables. Une plaine (ou une zone) inondable est l'espace occupé par un cours d'eau en période de crue. Elle correspond à l'étendue géographique des secteurs inondés.¹⁰⁸

En période de crue, les réseaux d'égout peuvent se saturer très rapidement, car le volume d'eau du débordement est immense. D'une part, cette saturation sollicite de façon accrue les composantes du réseau d'égout (surtout les bassins de rétention, les conduites pluviales et combinées ainsi que les stations de pompage), ce qui peut entraîner une augmentation des bris. D'autre part, elle entraîne des refoulements d'égouts dans les bâtiments non protégés.

Les sous-sols sont particulièrement à risque d'être inondés, que l'inondation soit due au débordement, ou au refoulement d'égouts. Des facteurs tels que le nivellement inadéquat du

terrain et la présence d'une entrée de garage avec pente descendante vers la maison favorisent les inondations des résidences. Cela cause des dommages, entre autres aux sous-sols aménagés. De plus, les bâtiments inondés risquent davantage de développer un problème de moisissures.

Bien que les crues puissent emporter des ponceaux et même des ponts, ces impacts n'ont pas été observés dans le passé récent à Montréal, toutefois cela permet de voir l'ampleur des impacts que peut causer cet aléa.

Enfin, les inondations causées par les crues peuvent aussi causer des dommages au réseau de commodités souterraines (électricité, téléphone, Internet, etc.) ce qui peut entraîner des pannes. Ces inondations peuvent même occasionner des déversements de matières dangereuses en endommageant les lieux d'entreposage ou de transport de ces matières.

Tel que mentionné précédemment, les crues génèrent des impacts similaires à ceux des pluies abondantes. Par contre, les impacts des crues sont ressentis dans les secteurs spécifiques des arrondissements et des villes reconstituées limitrophes de la rivière des Prairies.

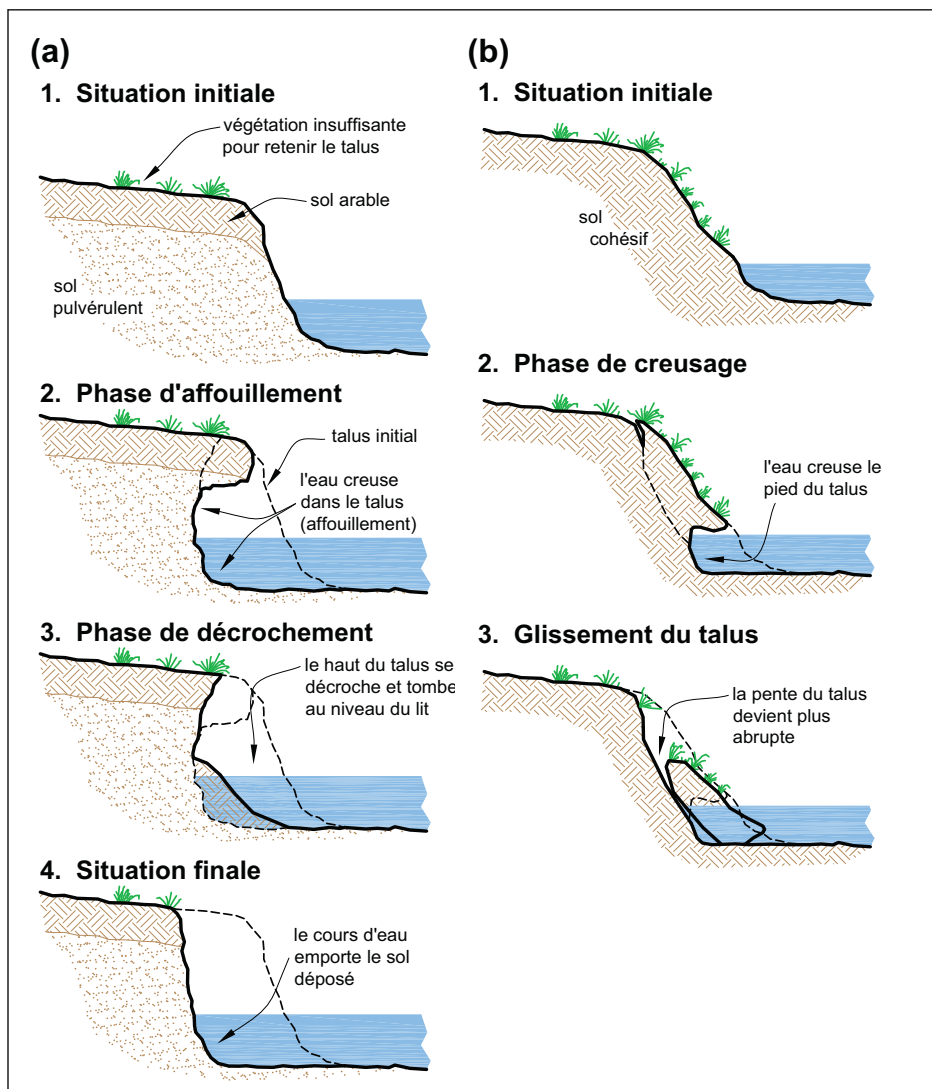


Les glaces de la rivière des Prairies ont défoncé la clôture derrière la résidence Berthiaume-du-Tremblay, arrondissement d'Ahuñsic-Cartierville. (18.04.2014)
Crédit : © Philippe Rachiele – journaldesvoisins.com

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Les principaux impacts environnementaux des crues sont l'érosion et la déstabilisation des berges. Des rives et des berges non végétalisées qui subissent une crue sont susceptibles de s'éroder en entraînant ainsi le sol dans l'eau et en diminuant ainsi la qualité de cette dernière. Le type de sol influencera le processus d'érosion. La figure suivante montre de quelle manière l'érosion d'une berge peu végétalisée se produit en fonction du type de sol qui la compose.

FIGURE 9.5
PROCESSUS D'ÉROSION DE BERGES RENCONTRÉ (A) EN SOL PEU COHÉSIF
ET (B) EN SOL COHÉSIF LORSQUE LA VITESSE DE L'EAU EST IMPORTANTE



Source : Luc Lemieux, MAPAQ, adapté de Bentrup G. et Hoag J. C. (1998)⁹⁹

IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

Les impacts socio-économiques identifiés pour cet aléa ont été divisés en trois catégories : **santé des populations, dépenses pour les particuliers** et **désagréments et accidents**. La plupart d'entre eux découlent des impacts ressentis sur l'environnement bâti.

SANTÉ

Les inondations augmentent :

- la prévalence des problèmes de santé causés par l'accroissement de la présence de moisissures. Les moisissures apparaissent peu après l'inondation. Lorsqu'elles se développent de façon importante, elles peuvent entraîner des problèmes de santé sérieux tels que l'asthme des réactions allergiques provoquant, entre autres, une irritation des yeux, du nez, de la gorge et des sinus;
- la prévalence d'épidémies de maladies gastro-intestinales, liées surtout au contact des personnes avec l'eau de la zone inondée. En effet, l'eau de la zone inondée n'est pas composée que d'eau de la rivière ou du fleuve. Souvent, elle est contaminée par des eaux usées lorsqu'il y a de refoulement d'égouts. Elle peut donc contenir des bactéries et des virus potentiellement nocifs pour la santé;
- la prévalence des détresses psychologiques. Les inondations peuvent causer des pertes affectives ou matérielles importantes, ce qui peut entraîner des troubles psychologiques chez les sinistrés.

DÉPENSES POUR LES PARTICULIERS

Les inondations des édifices génèrent d'importantes pertes économiques. D'une part, elles occasionnent des coûts liés à la destruction et à l'endommagement des biens. En effet, une inondation peut endommager les bâtiments touchés et causer d'importantes pertes matérielles. D'autre part, elles sont une source de préoccupation pour les compagnies d'assurance qui peuvent réduire les couvertures de risque en matière d'inondation. Au cours des dernières années, le Bureau d'assurance du Canada a d'ailleurs constaté qu'environ 50 % des indemnités versées en assurance habitation l'étaient pour des dommages liés à l'eau. De plus, les coûts liés aux catastrophes naturelles augmentent de façon exponentielle depuis les années 60.³⁴

DÉSAGRÉMENTS ET ACCIDENTS

Les inondations sont une cause importante d'accidents, de blessures et de décès. Les inondations en milieu urbain entravent les déplacements, entraînant la fermeture de certains tronçons de rues et des ralentissements de circulation. De plus, les tunnels et les viaducs submergés, en plus de causer des problèmes de circulation, représentent un danger pour la vie des gens qui peuvent rester pris dans leurs véhicules et qui risquent la noyade. Les risques d'électrocution et d'électrisation sont aussi augmentés. Lors d'épisodes de crues, les inondations peuvent aussi causer des dommages au réseau de commodités souterraines, ce qui peut entraîner des pannes plus ou moins dérangeantes, dépendamment de la commodité touchée (électricité, téléphone, Internet, etc.) et de la durée de la panne.

IMPACTS SUR LES OPÉRATIONS

De façon générale, les impacts opérationnels identifiés pour l'agglomération de Montréal en lien avec les crues sont reliés à la mise en place des mesures d'urgence. En effet, la planification de ces mesures fait appel à de nombreux intervenants de différentes entités ce qui peut complexifier la tâche.

Dans un autre ordre d'idées, les inondations peuvent impacter certains chantiers de construction, entre autres, les travaux d'asphaltage et ceux de réhabilitation et de remplacement des conduites. Ceux-ci peuvent être retardés, ce qui peut causer un retard pour les étapes successives du projet.



La rétrocaveuse amphibie « grenouille » est à l'œuvre dans la rivière des Prairies. (27.01.2009)
Crédit : © Ivanoh Demers, La Presse

ANALYSE DE VULNÉRABILITÉ

Une fois que les impacts engendrés par les crues sont connus, il est possible d'effectuer une analyse de la vulnérabilité de l'agglomération de Montréal pour cet aléa. Comme plusieurs de ces impacts touchent des groupes de personnes qui habitent des lieux particuliers de l'agglomération et des infrastructures dont l'emplacement est connu, il est possible d'effectuer une analyse géographique de la vulnérabilité, ce qui a d'ailleurs été fait. La méthodologie employée est détaillée à l'Annexe A.

Cette section présente les zones de l'agglomération touchées par l'aléa, ainsi que les sensibilités environnementale, territoriale et sociale, que ces sensibilités soient cartographiables ou pas. Pour terminer, les cartes obtenues par l'analyse géographique sont présentées et discutées dans la section Vulnérabilité aux crues à la page 132.

ZONES TOUCHÉES PAR L'ALÉA (SENSIBILITÉ PHYSIQUE)

Les zones de l'agglomération susceptibles d'être inondées lorsque la rivière des Prairies déborde de son lit sont montrées en bleu foncé sur la Carte 9.3 (page 134). Pour qu'un secteur soit touché par une inondation en rive, il doit être localisé à l'intérieur de la zone inondable. Pour ce faire, plusieurs facteurs entrent en jeu. Toutefois, le fait d'être à l'extérieur de la zone inondable ne constitue pas une certitude de ne jamais être inondé.³¹

Les zones inondables peuvent être déterminées par les municipalités régionales de comté (MRC) ou les municipalités locales. Dans le cas de la présente analyse, la cartographie utilisée a été réalisée sur la base des cotes de crues à 100 ans relatives à la rivière des Prairies réalisées en 2006 par le Centre d'expertise hydrique du Québec.

SENSIBILITÉ ENVIRONNEMENTALE

En raison de la disponibilité limitée des données, et parce que plusieurs paramètres environnementaux ne sont pas cartographiables, la sensibilité environnementale n'a pas été prise en compte dans l'analyse cartographique de la vulnérabilité de l'agglomération de Montréal aux crues.

Tel que vu dans la section Impacts environnementaux (page 127), les berges non (ou peu) végétalisées, localisées dans les zones d'inondation, sont susceptibles de s'éroder et de se déstabiliser lors des épisodes de crues.

SENSIBILITÉ TERRITORIALE

La Carte 9.1 (page 133) montre la sensibilité territoriale aux crues de l'agglomération de Montréal.

Tel que décrit à la section Impacts sur le bâti (page 126), plusieurs infrastructures sont sensibles aux crues. Celles qui ont été prises en compte dans l'analyse géographique sont décrites ci-contre.

L'analyse de sensibilité territoriale tient compte de la présence de ces infrastructures sur le territoire et, parfois, de leur densité, car des données géographiques sur leurs caractéristiques plus détaillées n'étaient pas disponibles.

- **Les bâtiments.** Les bâtiments, et particulièrement les sous-sols aménagés, peuvent être inondés par les débordements en rive.
- **L'accès aux sites critiques et aux lieux d'intérêt.** Lors de crues, des endroits de première importance peuvent devenir inaccessibles, ce qui est susceptible de causer de nombreux problèmes. Ces endroits sont appelés sites critiques (hôpitaux, postes de police, usines d'eau potable, etc.) ou lieux d'intérêt (écoles, stations de métro, entrées et sorties des ponts, etc.).
- **Le réseau routier.** Les inondations en rive et leur infiltration dans les fondations des routes contribuent à l'usure et au bris de ces infrastructures. Les ponceaux de même que les ponts sont particulièrement sensibles à cet aléa. Ils peuvent même être arrachés lorsque le débit du cours d'eau les traversant devient très fort.
- **Le réseau d'égouts pluviaux et unitaires** (faible sensibilité). La quantité d'eaux usées et leur débit augmentent radicalement dans les réseaux d'égouts pluviaux et unitaires lors des crues, ce qui contribue à l'usure et au bris des conduites, des bassins de rétention et des stations de pompage.

SENSIBILITÉ SOCIALE

La Carte 9.2 (page 133) montre la sensibilité sociale aux crues de l'agglomération de Montréal.

Comme décrit à la section Impacts socio-économiques (page 128), plusieurs personnes sont sensibles aux impacts des crues, dont les femmes, les enfants de 0 à 15 ans, les personnes âgées de 65 ans et plus, les personnes vivant seules et les personnes matériellement défavorisées. Les impacts pris en compte dans l'analyse géographique sont les suivants :

- problèmes de santé causés par la présence de moisissures;
- détresses psychologiques
- maladies gastro-intestinales causées par les refoulement d'égouts et les inondations;
- accidents atures que routiers;
- désagréments liés à l'interruption des commodités souterraines autres que l'électricité (télécommunication, gaz, etc.);
- pertes économiques.

Certains impacts affectant certains des groupes de personnes n'ont pas été pris en compte dans l'analyse géographique parce que les données à ce sujet sont insuffisantes. Il en est ainsi du lieu où vivent les personnes souffrant de problèmes respiratoires (elles sont sensibles aux problèmes de moisissure pouvant survenir après une inondation).

VULNÉRABILITÉ AUX CRUES

La vulnérabilité de l'agglomération de Montréal aux crues est obtenue (voir la Carte 9.4 à la page 134) en additionnant les sensibilités territoriale et sociale, et en les multipliant par la sensibilité physique, c'est-à-dire en appliquant les sensibilités territoriale et sociale aux zones inondables.

Cette représentation cartographique de la vulnérabilité aux crues est basée sur des choix de facteurs de sensibilités déterminés selon la méthodologie de l'analyse géographique des vulnérabilités décrite à l'Annexe A.

Comme expliqué au début du chapitre, les impacts des crues dans l'agglomération de Montréal concernent principalement les arrondissements et les villes reconstituées qui bordent la rivière des Prairies (Pierrefonds-Roxboro, Ahuntsic-Cartierville, Montréal-Nord, Rivière-des-Prairies–Pointe-aux-Trembles et Senneville). Toutefois, l'arrondissement de Saint-Laurent (qui ne borde pas la rivière des Prairies) présente une vulnérabilité non significative et mineure face aux inondations en rive, dans une petite partie de son territoire (voir Carte 9.1).

Toute infrastructure et/ou population localisées à l'intérieur d'une zone inondable représentent une vulnérabilité pour le territoire. L'ampleur de cette vulnérabilité dépend, d'une part, des facteurs de sensibilité territoriale, dont la densité de bâtiments, la présence de sites critiques et de lieux d'intérêt ainsi que de routes; d'autre part, des facteurs de sensibilité sociale, soit les secteurs présentant une forte densité de population, notamment avec la présence de groupes sensibles aux impacts générés par les crues.

La présence de personnes matériellement défavorisées augmente considérablement la sensibilité sociale, puisqu'elles sont les plus touchées par un grand nombre des impacts des crues. Les enfants de 0 à 15 ans, ainsi que les personnes âgées, sont aussi très impactées. Comme une partie importante de ces personnes (âgées) vivent seules (un autre facteur de sensibilité sociale) et sont matériellement défavorisées, elles constituent un groupe particulièrement sensible.

La Carte 9.3 montre que seulement une petite partie des zones inondables présente une vulnérabilité élevée et/ou majeure, la plupart des zones inondables présentant une vulnérabilité mineure et moyenne.

CARTE 9.1
SENSIBILITÉ TERRITORIALE DANS LES SECTEURS DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL EXPOSÉS AUX INONDATIONS EN RIVE



CARTE 9.2
SENSIBILITÉ SOCIALE DANS LES SECTEURS DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL EXPOSÉS AUX INONDATIONS EN RIVE



CARTE 9.3
SECTEURS DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL SENSIBLES AUX INONDATIONS EN RIVE (ZONES INONDABLES)



CARTE 9.4
VULNÉRABILITÉ AUX CRUES DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL



ANNEXES

ANNEXE A : MÉTHODOLOGIE DE L'ANALYSE GÉOGRAPHIQUE DES VULNÉRABILITÉS

Une analyse géographique de la vulnérabilité de Montréal relativement aux changements climatiques a été effectuée pour chacun des aléas climatiques suivants :

- pluies abondantes;
- vagues de chaleur;
- tempêtes destructrices;
- sécheresses;
- crues.

La méthodologie utilisée a été adaptée de celle présentée dans le rapport *Analyser la vulnérabilité sociétale et territoriale aux inondations en milieu urbain dans le contexte des changements climatiques, en prenant comme cas d'étude la Ville de Montréal* produit pour Ouranos.¹¹⁹

L'équation de la vulnérabilité est :

Équation 1

$$V = S_{\text{phys.}} \times (S_{\text{soc.}} + S_{\text{terr.}} + S_{\text{env.}}) - CA$$

La valeur de la capacité d'adaptation n'a pas été évaluée à cause des difficultés méthodologiques liées à une telle opération. Il a donc été considéré que la capacité d'adaptation a une valeur nulle dans l'équation 1, ce qui donne l'équation suivante :

Équation 2

$$V = S_{\text{phys.}} \times (S_{\text{soc.}} + S_{\text{terr.}} + S_{\text{env.}})$$

Nous espérons pouvoir approfondir ce sujet et identifier une façon de quantifier la capacité d'adaptation, de manière à inclure ce paramètre dans l'évaluation de la vulnérabilité dans les prochains plans d'adaptation.

DÉFINITIONS

- CA** **capacité d'adaptation** – la capacité des communautés et des écosystèmes à s'ajuster pour faire face aux changements climatiques afin de minimiser leurs effets négatifs et de tirer profit de leurs avantages (adapté de Ouranos)¹²⁰
- S_{env.}** **sensibilité environnementale** – proportion dans laquelle le milieu naturel est susceptible d'être affecté (positivement ou négativement) par la manifestation d'un aléa climatique (adapté de Ouranos)¹²⁰
- S_{phys.}** **sensibilité physique**, aussi appelée exposition, c'est-à-dire le degré auquel un territoire est touché par des aléas climatiques (adapté de ADEME)¹
- S_{soc.}** **sensibilité sociale** – proportion dans laquelle une collectivité est susceptible d'être affectée par la manifestation d'un aléa climatique (adapté de Ouranos)¹²⁰
- S_{terr.}** **sensibilité territoriale** – proportion dans laquelle les infrastructures sont susceptibles d'être affectées (positivement ou négativement) par la manifestation d'un aléa climatique (adapté de Ouranos)¹²⁰
- V** **vulnérabilité**, c'est-à-dire la propension ou la rédisposition à subir des dommages (adapté du GIEC)⁷³

Les impacts sur l'environnement, quant à eux, n'ont été évalués que pour les vagues de chaleur à cause de la disponibilité limitée des données et parce que plusieurs paramètres environnementaux ne sont pas cartographiables ($S_{env.} = 0$). Malgré cela, il importe de mentionner que les municipalités commencent à s'intéresser aux effets des changements climatiques sur la végétation urbaine.

Certaines forêts urbaines ont fait l'objet d'analyses de vulnérabilités aux changements climatiques.¹⁷⁷ Toutefois, ce genre de démarche demeure marginal. En effet, l'analyse de la vulnérabilité de la forêt urbaine peut être complexe. Malgré cela, les experts recommandent d'effectuer une telle analyse.¹¹⁸ Idéalement, cette analyse doit être faite à l'échelle locale et peut servir de base à la mise en place de mesures d'adaptation locales.¹¹⁸

La vulnérabilité de tous les aléas climatiques a été évaluée avec l'équation 2, sauf pour la sécheresse. En effet, les impacts sociaux d'une sécheresse peuvent se produire sur l'ensemble du territoire de l'agglomération (p. ex. augmentation de la prévalence des problèmes de santé causés par l'augmentation de la quantité de particules fines dans l'air), alors que les impacts sur les infrastructures se font sentir seulement dans les zones où le potentiel de contraction du sol est élevé (p. ex. problèmes de fondations pour les bâtiments). Par conséquent, deux sensibilités physiques ont été utilisées. La première, en lien avec la sensibilité sociale, est constante sur l'ensemble du territoire ($S_{phys.(soc.)} = 1$).

La deuxième, en lien avec la sensibilité territoriale, a une valeur de 1 dans les zones où le potentiel de contraction du sol est élevé, et une valeur de 0 ailleurs ($S_{phys.(terr.)} = [0,1]$). Par conséquent, l'équation utilisée pour évaluer la vulnérabilité en cas de sécheresse est :

Équation 3

$$V = S_{phys.(soc.)} \times S_{soc.} + S_{phys.(terr.)} \times S_{terr.}$$

Puisque $S_{phys.(soc.)} = 1$, l'équation 3 peut être simplifiée de la manière suivante :

Équation 4

$$V = S_{soc.} + S_{phys.} \times S_{terr.}$$

où $S_{phys.}$ correspond à $S_{phys.(terr.)}$. C'est cette dernière équation qui a été utilisée pour évaluer la vulnérabilité par rapport aux sécheresses.

SENSIBILITÉ PHYSIQUE

La sensibilité physique représente les endroits touchés par l'aléa climatique, comme décrit dans le Tableau A.1 à la page 138. Le tableau présente aussi brièvement la méthodologie suivie pour obtenir la sensibilité physique. Celle-ci a une valeur de 1 (zones sensibles) ou de 0 (zones non sensibles).

TABEAU A.1
DESCRIPTION DE LA SENSIBILITÉ PHYSIQUE ET MÉTHODOLOGIE SUIVIE POUR L'OBTENIR PAR ALÉA

Aléa	Description de la sensibilité physique	Méthodologie
Pluies abondantes	Zones où les eaux de ruissellement s'accumuleraient en l'absence d'un réseau d'égout	Un modèle de ruissellement a été élaboré en tenant compte de la topographie, de la présence de végétation, du type de sol et de l'imperméabilisation du sol attribuable, par exemple, au pavage ou à la présence de bâtiments. Le modèle fait abstraction du réseau d'égout puisqu'il est présumé que ce dernier est déjà saturé et qu'il ne peut pas en absorber davantage. Ensuite, le ruissellement d'une pluie d'une durée de 2 heures et d'une période de retour de 100 ans s'abattant simultanément sur tout le territoire montréalais a été modélisé. Les zones où, d'après le modèle, l'eau de ruissellement s'est accumulée ont été considérées comme les zones sensibles. Un facteur de sécurité de 10 m (dans l'axe des x et dans l'axe des y) a été ajouté.
Vagues de chaleur	Îlots de chaleur intra-urbains (ICIU)	À partir d'une image prise par le satellite Landsat 5 le 14 juillet 2011, le Groupe de recherche sur les îlots de chaleur du département de géographie de l'UQAM a produit une carte des températures de surfaces. Cette carte a été utilisée pour calculer la température de surface moyenne pour l'agglomération de Montréal, une fois les îlots de fraîcheur retirés et les températures normalisées (en utilisant le logarithme de la température en degré Kelvin). Les zones identifiées comme des ICIU sont celles dont la température normalisée était supérieure à la moyenne d'un nombre équivalent à la moitié de l'écart-type.
Tempêtes destructrices	Zones touchées par une tempête	Il a été supposé que l'ensemble de l'île de Montréal était touché également par une tempête ($S_{phys.} = 1$ pour toute l'île de Montréal).
Sécheresses	Zones où le potentiel de contraction du sol est élevé (en lien avec la sensibilité territoriale) Zones sensibles aux sécheresses (en lien avec la sensibilité sociale)	Les zones pouvant contenir des argiles ont été identifiées sur la carte Géologie des dépôts meubles de la Commission géologique du Canada (1975). Il a été supposé que la sensibilité sur l'ensemble de l'île de Montréal est constante ($S_{phys.(soc.)} = 1$).
Crues	Zones inondables en cas de crue	Les zones inondables ont été déterminées en utilisant les cotes de crues de récurrence de 100 ans de la rivière des Prairies produites en 2006 par le Centre d'expertise hydrique du Québec. Ces cotes ont été dessinées sur une carte topographique de l'agglomération de Montréal provenant de la Ville de Montréal. Puisque les données d'altitude de cette carte ont une marge d'erreur de 30 cm, un facteur de sécurité de +30 cm a été ajouté aux cotes de crues. Pour terminer, le résultat obtenu a été augmenté pour atteindre l'isoligne d'altitude supérieure. Les isolignes de la carte topographique sont tracées tous les 0,5 m. Par conséquent, le facteur de sécurité ajouté aux cotes de crues varie entre +30 cm et +80 cm.

SENSIBILITÉ SOCIALE

Comme mentionné à la section *Démarche - Évaluation des impacts potentiels des changements climatiques* (voir page 24), des experts ont évalué l'importance relative des impacts pour chacun des aléas en leur attribuant une des notes suivantes : 0 (négligeable), 1 (mineur), 2 (moyen) ou 3 (majeur). Il est important de rappeler que l'importance relative des impacts des différents aléas n'a pas été évaluée, et que, pour cette raison, les niveaux de vulnérabilité de deux aléas ne peuvent pas être comparés entre eux.

De la même manière, des experts du domaine de la santé publique et des impacts sociaux ont été consultés pour déterminer la sensibilité de différents groupes de personnes face aux impacts de chaque aléa climatique étudié en leur attribuant une des notes suivantes : 0 (négligeable), 1 (mineur), 2 (moyen) ou 3 (majeur). Ces valeurs ont ensuite été attribuées aux groupes de personnes pour lesquels des données cartographiées étaient disponibles (données tirées du recensement 2006*).

Par exemple, un impact que les vagues de chaleur peuvent entraîner est de favoriser une augmentation de la concentration des particules fines dans l'air et les épisodes de smog. Les personnes atteintes de maladies cardiorespiratoires sont sensibles à ces conditions. Puisque les données sur les lieux de résidence des personnes atteintes de ces maladies ne sont pas disponibles, celles sur les lieux de résidence des personnes âgées de 65 ans et plus ont été utilisées, puisque chez les personnes âgées, la prévalence des maladies cardiorespiratoires est plus élevée que chez les personnes âgées de moins de 65 ans. Le Tableau A.2 détaille les groupes pour lesquels des données de répartition géographique existent et qui ont été considérés comme de bons indicateurs des groupes sensibles aux différents aléas climatiques. Quant aux tableaux A.3 à A.7, ils détaillent les impacts par aléa climatique et les groupes de personnes qui ont été pris en compte dans l'analyse géographique.

* Depuis 2010, l'obligation de remplir le formulaire long du recensement a été abolie par le gouvernement du Canada. Par conséquent, les données recueillies lors du recensement de 2011 ne peuvent être utilisées, car elles ne sont pas suffisamment fiables.

TABLEAU A.2
GROUPES DE PERSONNES PRIS EN COMPTE DANS L'ANALYSE GÉOGRAPHIQUE DE LA SENSIBILITÉ SOCIALE PAR ALÉA^A

Groupes de personnes	Aléas climatiques					
	Augmentation des températures moyennes	Pluies abondantes	Vagues de chaleur	Tempêtes destructrices	Sécheresses	Crues
Femmes	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui
Enfants de 0 à 15 ans	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Nourrissons et tout-petits (0 à 6 ans)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Personnes âgées de 65 ans et plus	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Personnes vivant seules	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
Personnes matériellement défavorisées ^B	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Immigrants récents ou personnes ne parlant ni le français ni l'anglais	Non	Non	Oui	Non	Non	Non

^A La sensibilité d'un groupe à un aléa varie dépendamment des différents impacts que peut entraîner l'aléa.

^B L'indice de Pampalon et Raymond adapté à Montréal classe le niveau de défavorisation matérielle de 1 (faible) à 7 (élevé). Nous avons considéré les zones où l'indice était égal ou supérieur à 5 comme étant des zones où la population est matériellement défavorisée.

TABLEAU A.3
IMPACTS DES PLUIES ABONDANTES ET GROUPES DE
PERSONNES SENSIBLES PRIS EN COMPTE DANS L'ANALYSE
GÉOGRAPHIQUE DE LA SENSIBILITÉ SOCIALE

Impacts	Groupes de personnes sensibles					
	Femmes	Enfants de 0 à 15 ans	Nourrissons et tout-petits (0 à 6 ans)	Personnes âgées de 65 ans et plus	Personnes vivant seules	Personnes matériellement défavorisées
Problèmes de santé causés par la présence de moisissures	X	X	X	X		X
Maladies causées par la contamination des eaux de baignade		X				
Maladies à transmission vectorielle et zoonoses		X				
Détresses psychologiques						X
Maladies gastro-intestinales causées par les refoulements d'égouts et les inondations	X	X		X		
Accidents autres que routiers		X	X	X	X	
Désagréments liés à l'interruption des commodités autres que l'électricité (télécommunication, gaz, etc.)					X	X
Pertes économiques						X

TABLEAU A.4
IMPACTS DES VAGUES DE CHALEUR ET GROUPES DE
PERSONNES SENSIBLES PRIS EN COMPTE DANS L'ANALYSE
GÉOGRAPHIQUE DE LA SENSIBILITÉ SOCIALE

Impacts	Groupes de personnes sensibles						
	Enfants de 0 à 15 ans	Nourrissons et tout-petits (0 à 6 ans)	Personnes âgées de 65 ans et plus	Personnes vivant seules	Personnes matériellement défavorisées	Immigrants récents ou personnes ne parlant ni le français ni l'anglais	
Problèmes de santé causés par la pollution atmosphérique		X	X	X	X		
Problèmes de santé causés par le pollen					X		
Maladies causées par la contamination des eaux de baignade	X						
Problèmes de santé liés à une mauvaise thermorégulation		X	X	X	X	X	
Augmentation du taux de mortalité		X	X	X	X		
Pertes économiques					X		

TABLEAU A.5
IMPACTS DES TEMPÊTES DESTRUCTRICES ET GROUPES DE
PERSONNES SENSIBLES PRIS EN COMPTE DANS L'ANALYSE
GÉOGRAPHIQUE DE LA SENSIBILITÉ SOCIALE

Impacts	Groupes de personnes sensibles				
	Enfants de 0 à 15 ans	Nourrissons et tout-petits (0 à 6 ans)	Personnes âgées de 65 ans et plus	Personnes vivant seules	Personnes matériellement défavorisées
Désagréments et accidents liés aux pannes d'électricité			X		X
Désagréments liés à l'interruption des commodités aériennes autres que l'électricité (télécommunication)				X	X
Pertes économiques					X
Accidents autres que routiers (chutes, débris qui tombent, électrification et électrocution)	X	X	X	X	
Détresses psychologiques					X

TABLEAU A.6
IMPACTS DES SÉCHERESSES ET GROUPES DE PERSONNES
SENSIBLES PRIS EN COMPTE DANS L'ANALYSE
GÉOGRAPHIQUE DE LA SENSIBILITÉ SOCIALE

Impacts	Groupes de personnes sensibles				
	Enfants de 0 à 15 ans	Nourrissons et tout-petits (0 à 6 ans)	Personnes âgées de 65 ans et plus	Personnes vivant seules	Personnes matériellement défavorisées
Problèmes de santé causés par le smog et les particules fines		X	X	X	X
Problèmes de santé causés par les pollens					X
Maladies causées par la contamination des eaux de baignade	X				
Pertes économiques					X

**TABEAU A.7
IMPACTS DES CRUES ET GROUPES DE PERSONNES
SENSIBLES PRIS EN COMPTE DANS L'ANALYSE
GÉOGRAPHIQUE DE LA SENSIBILITÉ SOCIALE**

Impacts	Groupes de personnes sensibles					
	Femmes	Enfants de 0 à 15 ans	Nourrissons et tout-petits (0 à 6 ans)	Personnes âgées de 65 ans et plus	Personnes vivant seules	Personnes matériellement défavorisées
Problèmes de santé causés par la présence de moisissures	X	X	X	X		X
Détresses psychologiques						X
Maladies gastro-intestinales causées par les refoulements d'égouts et les inondations	X	X		X		
Accidents autres que routiers		X	X	X	X	
Désagréments liés à l'interruption des commodités souterraines autres que l'électricité (télécommunication, gaz, etc.)					X	X
Pertes économiques						X

Pour chacun des groupes de personnes, la distribution de leur proportion dans la population de chacune des aires de diffusion* de l'île de Montréal a été divisée en quintiles (5 groupes composés d'un nombre égal d'effectifs). Il a été jugé que la présence d'un groupe était suffisamment importante pour influencer la sensibilité sociale d'une aire de diffusion lorsque sa proportion dans la population de l'aire de diffusion était située dans le premier ou dans le deuxième quintile. Si sa proportion était située dans le troisième, le quatrième ou le cinquième quintile, l'influence de ce groupe sur la sensibilité sociale de l'aire de diffusion concernée a été considérée négligeable. L'exemple qui suit illustre ce concept.

* Une aire de diffusion est la plus petite région géographique normalisée pour laquelle toutes les données du recensement sont diffusées. Les aires de diffusion couvrent tout le territoire du Canada. Elles regroupent de 400 à 700 personnes. Les aires de diffusion utilisées sont celles du recensement de 2006 (voir la note en page 139 pour des explications sur le choix d'utiliser les données du recensement de 2006 plutôt que celui de 2011).

Exemple : distribution d'un groupe de personnes en quintile

La Figure A.1 représente un territoire fictif rectangulaire divisé en 10 aires de diffusion identifiées par les lettres A à J. Le pourcentage indiqué à l'intérieur de chacune des aires de diffusion correspond à la proportion de personnes qui vivent dans cette aire de diffusion et dont la couleur préférée est le bleu. Les aires de distribution sont divisées en quintiles (2 aires de diffusion par quintile) et sont classées en fonction de la proportion de leur population dont la couleur favorite est le bleu (voir le Tableau A.8). Par conséquent, dans cet exemple, les aires de diffusion, dont la proportion de la population a comme couleur préférée le bleu est suffisamment importante pour être éventuellement prise en compte dans le calcul de sensibilité sociale, sont celles pour lesquelles cette proportion est de 13 % ou plus.

La sensibilité sociale par aléa a été évaluée pour chacune des aires de diffusion de l'agglomération selon la formule suivante :

Équation 5

$$S_{\text{soc.AD}} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J II_i \times SG_{ij}$$

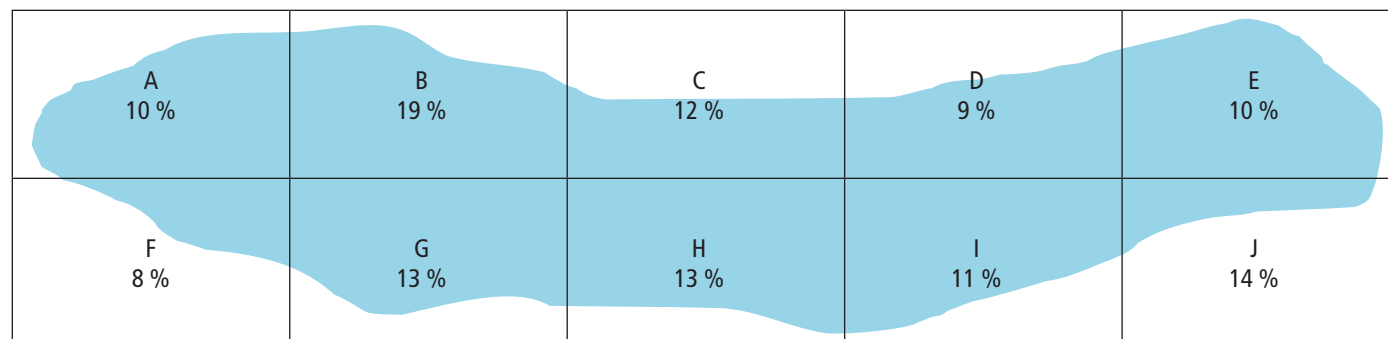
où :

- $S_{\text{soc.AD}}$: sensibilité sociale d'une aire de diffusion;
- II_i : importance de l'impact i ;
- SG_{ij} : sensibilité du groupe de personnes j à l'impact i .

TABLEAU A.8
RÉPARTITION DES AIRES DE DIFFUSION
DU TERRITOIRE FICTIF EN QUINTILES

Quintile	Aire de diffusion	Proportion de la population dont la couleur préférée est le bleu	Aire de diffusion considérée dans le calcul de la sensibilité sociale
1 ^{er}	B	19 %	Oui
1 ^{er}	J	14 %	Oui
2 ^e	G	13 %	Oui
2 ^e	H	13 %	Oui
3 ^e	C	12 %	Non
3 ^e	I	11 %	Non
4 ^e	A	10 %	Non
4 ^e	E	10 %	Non
5 ^e	D	9 %	Non
5 ^e	F	8 %	Non

FIGURE A.1
TERRITOIRE FICTIF DIVISÉ EN 10 AIRES DE DIFFUSION ET PROPORTION DE LEUR POPULATION AYANT
COMME COULEUR PRÉFÉRÉE LE BLEU (EXEMPLE)



Exemple : calcul de la sensibilité sociale pour un aléa fictif sur le territoire d'une aire de diffusion

Deux impacts de l'aléa fictif ont été identifiés (dans ce cas, le *i* de l'équation 5 varie de 1 à 2). Le Tableau A.9 montre l'importance que leur ont attribuée les experts consultés.

Comme le montre le Tableau A.10, cinq groupes de personnes sont sensibles aux impacts de l'aléa fictif. Cependant, seuls trois groupes sont présents dans une proportion suffisante dans l'aire de diffusion étudiée (leur proportion est dans le premier ou le deuxième quintile). Par conséquent, le *j* de l'équation 5 varie de 1 à 3 dans ce cas. Le calcul de la sensibilité sociale pour l'aléa fictif est détaillé dans le Tableau A.11.

Pour tous les aléas sauf la sécheresse, les sensibilités sociale, territoriale et environnementale doivent être additionnées pour calculer la vulnérabilité (voir les équations 1 et 2). Pour y arriver, la maille territoriale utilisée pour les trois sensibilités doit être la même. La maille utilisée pour la sensibilité sociale est l'aire de diffusion, alors que la maille utilisée par les sensibilités territoriale et environnementale est une cellule carrée de 250 m par 250 m (maille généralement plus grande que les aires de diffusion). L'étape suivante pour le calcul de la sensibilité sociale consiste

donc à prendre la valeur du plus haut score des différentes aires de diffusion ($S_{soc.AD}$) présentes sur chacune des cellules de 250 m par 250 m utilisées pour les sensibilités territoriale et environnementale.

TABLEAU A.9
IMPORTANCE DES IMPACTS DE L'ALÉA FICTIF

Impact 1	Impact 2
3	1

TABLEAU A.10
SENSIBILITÉ DE DIFFÉRENTS GROUPES DE PERSONNES AUX IMPACTS DE L'ALÉA FICTIF ET QUINTILE DE LEUR PROPORTION DANS LA POPULATION DE L'AIRE DE DIFFUSION ÉTUDIÉE (DONNÉES FICTIVES)

	Quintile	Impact 1	Impact 2
Groupe A	1 ^{er}	0	3
Groupe B	1 ^{er}	1	1
Groupe C	3 ^e	2	0
Groupe D	5 ^e	3	0
Groupe E	2 ^e	3	2

TABLEAU A.11
CALCUL DE LA SENSIBILITÉ SOCIALE POUR L'ALÉA FICTIF

	Importance de l'impact 1	Sensibilité à l'impact 1	Sensibilité sociale à l'impact 1	Sensibilité sociale à l'impact 1
Groupe 1 (A)	$II_1 = 3$	$SG_{11} = 0$	$II_1 \times SG_{11} = 3 \times 0 = 0$	$\sum_{j=1}^3 II_1 \times SG_{1j} = 0 + 3 + 9 = 12$
Groupe 2 (B)	$II_1 = 3$	$SG_{12} = 1$	$II_1 \times SG_{12} = 3 \times 1 = 3$	
Groupe 3 (E)	$II_1 = 3$	$SG_{13} = 3$	$II_1 \times SG_{13} = 3 \times 3 = 9$	
	Importance de l'impact 2	Sensibilité à l'impact 2	Sensibilité sociale à l'impact 2	Sensibilité sociale à l'impact 2
Groupe 1 (A)	$II_2 = 1$	$SG_{21} = 3$	$II_2 \times SG_{21} = 1 \times 3 = 3$	$\sum_{j=1}^3 II_2 \times SG_{2j} = 3 + 1 + 2 = 6$
Groupe 2 (B)	$II_2 = 1$	$SG_{22} = 1$	$II_2 \times SG_{22} = 1 \times 1 = 1$	
Groupe 3 (E)	$II_2 = 1$	$SG_{23} = 2$	$II_2 \times SG_{23} = 1 \times 2 = 2$	
Sensibilité sociale d'une aire de diffusion pour l'aléa fictif				
$S_{soc.AD} = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^3 II_i \times SG_{ij} = 12 + 6 = 18$				

Finalement, afin d’attribuer le même poids aux différentes sensibilités (car elles ont été considérées d’importance égale), le score de sensibilité sociale de la cellule de 250 m par 250 m est divisé par le score de sensibilité sociale de la cellule ayant obtenu le plus haut score de sensibilité sociale de l’agglomération de Montréal (voir l’équation 6). De cette manière, la cellule ayant obtenu le plus haut score de sensibilité sociale de l’agglomération aura un score de sensibilité sociale normalisé (sensibilité sociale finale ou $S_{soc.}$) de 1, alors que la sensibilité sociale finale des autres cellules variera entre 0 et 1.

Équation 6

$$S_{soc.} = \frac{S_{soc.cell.}}{S_{soc.cell.max}}$$

SENSIBILITÉ TERRITORIALE

Comme pour la sensibilité sociale, l’importance des impacts territoriaux des différents aléas climatiques a été évaluée par des experts sur une échelle allant de 0 (négligeable) à 3 (majeur). Ensuite, une moyenne de l’importance de l’ensemble des impacts d’un aléa a été calculée pour chaque type d’infrastructures.

Les sept types d’infrastructures ayant été pris en compte dans l’analyse sont les suivants.

1. les routes (réseaux);
2. les rails (réseaux);
3. les commodités* souterraines** (réseaux);
4. les conduites d’égout pluvial;
5. les conduites d’égout sanitaire;
6. les conduites d’égout combiné***;
7. les bâtiments;
8. les sites critiques;
9. les lieux d’intérêt.

* Selon le grand dictionnaire terminologique de l’Office québécois de la langue française, les commodités sont des « Équipements qui apportent à une habitation, un immeuble, un quartier, le confort en rapport avec les modes de vie convenant à notre époque ». Il peut s’agir de l’électricité, du gaz naturel, du téléphone, d’Internet, etc.

** Les commodités aériennes peuvent aussi être affectées par les différents aléas climatiques. Cependant, elles n’ont pas été prises en compte pour l’analyse géographique, étant donné le manque de données sur leur localisation.

*** Un égout combiné est un égout contenant à la fois des eaux usées sanitaires et des eaux pluviales ou de ruissellement.

Le Tableau A.12 décrit ce qui a été considéré comme un site critique ou un lieu d’intérêt.

Il est à noter que d’autres types d’infrastructures peuvent présenter une sensibilité aux aléas climatiques, mais ils n’ont pas été pris en compte, étant donné le manque de données sur leur localisation.

TABLEAU A.12
Liste des sites critiques et des lieux d’intérêt

Sites critiques
<ul style="list-style-type: none"> » Ateliers municipaux » Casernes de pompiers » Centres de communication d’urgence » Centres de coordination des mesures d’urgence » Centre de distribution et de traitement de produits sanguins » Centre de sécurité civile de Montréal (agglomération) » Centres d’opération d’urgence (des arrondissements et des villes reconstituées) » Centres hospitaliers » Centre intégré du ministère des Transports du Québec » Centres locaux de santé et de services sociaux » Centres opérationnels du Service de police de la Ville de Montréal » Centres opérationnels d’Urgences-Santé » Clos de voirie » Garages de la Société de transport de Montréal » Poste autoroutier de la Sûreté du Québec » Postes de quartier du Service de police de la Ville de Montréal » Quartier général de la police de Montréal » Quartier général du Service de sécurité incendie de Montréal » Quartier général de la Sûreté du Québec » Sécurité publique (gouvernement du Québec) » Usines de production d’eau potable
Lieux d’intérêt
<ul style="list-style-type: none"> » Écoles » Entrées et sorties des ponts » Garderies » Stations de métro

Pour évaluer les sensibilités territoriale et environnementale, le territoire de l'agglomération de Montréal a été divisé en cellules de 250 m par 250 m. La sensibilité territoriale par aléa a été évaluée pour chacune des cellules selon la formule suivante :

Équation 7

$$S_{\text{ter.cell.}} = R + B + SC + LI$$

où

- $S_{\text{ter.cell.}}$: sensibilité territoriale d'une cellule;
- R : indice des réseaux;
- B : indice des bâtiments;
- SC : indice des sites critiques;
- LI : indice des lieux d'intérêt.

L'indice des réseaux se calcule comme suit :

Équation 8

$$R = \sum_{i=1}^6 \frac{\rho R_i}{\rho R_{i-\max}} \times IIR_i$$

où :

- ρR_i : densité du réseau i dans la cellule;
- $\rho R_{i-\max}$: ρR_i la plus élevée de l'ensemble des cellules;
- IIR_i : importance des impacts de cet aléa pour le réseau i (le Tableau A.13 présente les différentes valeurs de IIR_i).

Le i varie de 1 à 6 puisqu'il y a six types de réseaux sensibles. C'est la densité des réseaux (le ratio de la longueur sur la surface) qui a été utilisée plutôt que la longueur pour éviter que l'indice des réseaux des cellules tronquées (parce qu'une partie de la cellule recouvre un cours d'eau ou dans une zone non touchée par l'aléa, donc où $S_{\text{phys.}} = 0$) soit systématiquement plus bas que celui des cellules complètes. De plus, la densité du réseau a été divisée par la densité la plus élevée de l'ensemble des cellules pour que l'ordre de grandeur des quatre indices de l'équation 7 soit le même.

TABLEAU A.13
IMPORTANCE DES IMPACTS DES ALÉAS CLIMATIQUES SUR LES INFRASTRUCTURES EN RÉSEAU (IIR_i)*

	Routes	Rails	Commodités souterraines	Conduites d'égout pluvial	Conduites d'égout sanitaire	Conduites d'égout combiné
Augmentation des températures moyennes	0	0	0	0	0	0
Pluies abondantes	1,29	0	1,50	2,44	1,13	2,38
Vagues de chaleur	0,99	2,00	0	0	0	0
Tempêtes destructrices	0	0	0	0	0	0
Sécheresses	0	0	0	0	0	0
Crues	1,97	0	0	1,50	0	1,38

* L'importance des impacts ne peut être comparée d'un aléa à l'autre, mais seulement d'une infrastructure à l'autre pour un même aléa.

L'indice des bâtiments se calcule comme suit :

Équation 9

$$B = \frac{\rho B}{\rho B_{\max}} \times IIB$$

où

- ρB : densité des bâtiments dans la cellule;
- ρB_{\max} : ρB la plus élevée de l'ensemble des cellules;
- IIB : importance des impacts de cet aléa pour les bâtiments (le Tableau A.14 présente les différentes valeurs de IIB).

TABLEAU A.14
IMPORTANCE DES IMPACTS DES ALÉAS CLIMATIQUES SUR LES BÂTIMENTS (IIB)*

Augmentation des températures moyennes	0
Pluies abondantes	1,82
Vagues de chaleur	0
Tempêtes destructrices	2,00
Sécheresses	1,07
Crues	1,26

* L'importance des impacts ne peut être comparée d'un aléa à l'autre, mais seulement d'une infrastructure à l'autre pour un même aléa.

Comme dans le cas des réseaux, c'est la densité des bâtiments (nombre de bâtiments sur la surface) qui a été utilisée plutôt que le nombre de bâtiments pour éviter que l'indice des réseaux des cellules tronquées soit systématiquement plus bas que celui des cellules complètes. De plus, la densité des bâtiments a aussi été divisée par la densité la plus élevée de l'ensemble des cellules pour que l'ordre de grandeur des quatre indices de l'équation 7 soit le même.

Lors de pluies abondantes, de tempêtes destructrices et de crues, des endroits de première importance peuvent devenir inaccessibles, ce qui causerait de nombreux problèmes. C'est ce que représentent les indices des sites critiques (SC) et des lieux d'intérêt (LI). Pour les autres aléas climatiques, $SC = 0$ et $LI = 0$.

L'indice des sites critiques se calcule comme suit :

Équation 10

$$SC = \frac{n_{SC}}{n_{SC-\max}}$$

où

- n_{SC} : nombre de sites critiques présents dans la cellule;
- $n_{SC-\max}$: n_{SC} présents dans la cellule comptant le plus grand nombre de sites critiques.

Encore une fois, le nombre de sites critiques est divisé par le nombre de sites critiques présents dans la cellule comptant le plus grand nombre de sites critiques pour que l'ordre de grandeur des quatre indices de l'équation 7 soit le même.

L'accès aux lieux d'intérêt est aussi important, quoique de moindre importance que l'accès aux sites critiques. L'indice des lieux d'intérêt se calcule comme suit :

Équation 11

$$LI = \frac{n_{LI}}{(n_{LI-\max})} \times 0,5$$

où

- n_{LI} : nombre de lieux d'intérêt présents dans la cellule;
- $n_{LI-\max}$: nombre de lieux d'intérêt présents dans la cellule comptant le plus grand nombre de lieux d'intérêt.

Dans ce cas, le nombre de lieux d'intérêt est divisé par le nombre de lieux d'intérêt présents dans la cellule comptant le plus grand nombre de lieux d'intérêt et est multiplié par un facteur de 0,5. Il en est ainsi pour que l'ordre de grandeur des quatre indices de l'équation 7 soit le même, mais aussi pour représenter le fait que l'accès aux lieux d'intérêt est un peu moins important que l'accès aux sites critiques.

Pour terminer, afin d'attribuer le même poids aux différentes sensibilités (car elles ont été considérées d'importance égale), le score de sensibilité territoriale de la cellule est divisé par le score de sensibilité territoriale de la cellule ayant obtenu le plus haut score de sensibilité territoriale de l'agglomération de Montréal (voir l'équation 12). De cette manière, la cellule ayant obtenu le plus haut score de sensibilité territoriale de l'agglomération aura un score de sensibilité territoriale normalisé de 1, alors que la sensibilité territoriale finale des autres cellules variera entre 0 et 1.

Équation 12

$$S_{\text{terr.}} = \frac{S_{\text{terr.cell.}}}{S_{\text{terr.cell.max}}}$$

SENSIBILITÉ ENVIRONNEMENTALE

En raison de la disponibilité limitée des données et parce que plusieurs paramètres environnementaux ne sont pas cartographiables, la sensibilité environnementale a été évaluée seulement pour les vagues de chaleur. Pour les autres aléas climatiques, elle a été considérée comme étant égale à zéro. Elle a été évaluée selon la formule suivante :

Équation 13

$$S_{\text{env.cell.}} = MH + A$$

où :

- $S_{\text{env.cell.}}$: sensibilité environnementale d'une cellule;
- MH : indice des milieux humides;
- A : indice des arbres.

Les milieux humides et les cours d'eau intérieurs (ruisseaux) contiennent des espèces sensibles à la chaleur. Pour représenter cela, une valeur de 1 a été attribuée à MH lorsqu'au moins un milieu humide ou un cours d'eau était présent dans la cellule et que ce milieu humide ou ce cours d'eau était situé dans un îlot de chaleur intra-urbain.

L'indice des arbres, quant à lui, se calcule comme suit :

Équation 14

$$A = \frac{\rho A}{\rho A_{\text{max}}}$$

où :

- ρA : densité d'arbres situés dans un îlot de chaleur intra-urbain dans la cellule;
- ρA_{max} : ρA la plus élevée de l'ensemble des cellules.

C'est la densité d'arbres (nombre d'arbres sur la surface) qui a été utilisée plutôt que le nombre d'arbres pour éviter que la grosseur de l'îlot de chaleur intra-urbain ait un impact sur l'indice (car plus un îlot est grand, plus il y a de chance qu'il contienne un plus grand nombre d'arbres).

Finalement, le score de sensibilité environnementale de la cellule est divisé par le score de sensibilité environnementale de la cellule ayant obtenu le plus haut score de sensibilité environnementale de l'agglomération de Montréal et est multiplié par un facteur 0,5 (voir l'équation 15). De cette manière, la cellule ayant obtenu le plus haut score de sensibilité environnementale de l'agglomération aura un score de sensibilité environnementale normalisé de 0,5, alors que la sensibilité environnementale finale des autres cellules variera entre 0 et 0,5.

Équation 15

$$S_{\text{env.}} = \frac{S_{\text{env.cell.}}}{S_{\text{env.cell.max}}} \times 0,5$$

GRADATION DE LA VULNÉRABILITÉ

Une fois la vulnérabilité pour un aléa calculée avec l'équation 2, chaque cellule de l'agglomération est classée en fonction de son score de vulnérabilité selon l'échelle suivante : vulnérabilité non significative, mineure, modérée, majeure ou élevée. Une vulnérabilité non significative est attribuée à toutes les cellules dont $V = 0$. Les autres cellules sont réparties sur les quatre plages de vulnérabilité significatives en fonction de leur score.

Ces plages de vulnérabilité sont de taille égale δV :

Équation 16

$$\delta_v = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{4}$$

où :

- δV : écart entre les scores de vulnérabilité servant à la gradation des vulnérabilités des cellules;
- V_{\max} : score de vulnérabilité maximale potentielle (vaut 2 pour tous les aléas sauf vagues de chaleur où il vaut 2,5);
- V_{\min} : score de vulnérabilité obtenu par la cellule ayant la vulnérabilité la plus faible.

Le classement des cellules en fonction de leur score de vulnérabilité se fait comme décrit dans le Tableau A.15.

**TABEAU A.15
PLAGES DES SCORES DE VULNÉRABILITÉ PERMETTANT
LEUR CLASSEMENT**

Classement de la vulnérabilité	Plage de vulnérabilité
Non significative	$V = 0$
Mineure	$V = [V_{\min}, V_{\min} + \delta_v]$
Modéré	$V = [V_{\min} + \delta_v, V_{\min} + 2\delta_v]$
Élevée	$V = [V_{\min} + 2\delta_v, V_{\min} + 3\delta_v]$
Majeure	$V = [V_{\min} + 3\delta_v, V_{\max}]$

ANNEXE B : GLOSSAIRE

NOTE: DÉFINITIONS REPRISES DES DOCUMENTS SUIVANTS SAUF OU SI INDIQUÉ AUTREMENT.

OFFICE QUÉBÉCOIS DE LA LANGUE FRANÇAISE. *Le grand dictionnaire terminologique (GDT)*, [en ligne]. [gdt.oqlf.gouv.qc.ca] (Page consultée en septembre 2015).

GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT (2007). *Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse*, [en ligne], contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du GIEC [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et A. Reisinger (publié sous la direction de~)], Genève, Suisse, ..., 103 p. [www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/fr/annexessannexes-2-1.html]. (Page consultée en septembre 2015).

OURANOS. *Vers l'adaptation - Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*, Montréal, Québec, [en ligne], édition 2014. [www.ouranos.ca/fr/synthese2014/doc/Glossaire.pdf] (Page consultée en septembre 2015).

VILLE DE MONTRÉAL (2015). *Plan d'adaptation aux changements climatiques de l'agglomération de Montréal 2015-2020 : Les constats*, Service de l'environnement, Division de la planification et du suivi environnemental, 174 p.

A

ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES : processus par lequel les communautés et les écosystèmes s'ajustent aux changements du climat et aux effets associés, afin de limiter les conséquences négatives et de profiter des bénéfices potentiels. Pour les milieux humains, l'adaptation permet de se préparer aux nouvelles conditions climatiques. Dans les milieux naturels, les populations végétales et animales s'adapteront également, mais de façon réactive, et subiront davantage d'impacts négatifs à court terme. L'adaptation concerne tous les niveaux décisionnels (individuel, local, régional, national, international) et exige une approche globale et très intégrée, car les enjeux touchent plusieurs secteurs et vont souvent au-delà des limites administratives (source : *Élaborer un plan d'adaptation aux changements climatiques. Guide destiné au milieu municipal québécois*, Montréal (Québec), 2010, 48 p. [www.mddelcc.gouv.qc.ca/programmes/climat-municipalites/Plan-adaptation.pdf]).

AIRE DE DIFFUSION : plus petite région géographique normalisée pour laquelle toutes les données du recensement sont diffusées. Les aires de diffusion couvrent tout le territoire du Canada. Elles regroupent de 400 à 700 personnes. Les aires de diffusion utilisées dans le cas présent sont celles du recensement de 2006.

ALBÉDO : fraction du rayonnement solaire réfléchi par une surface ou par un objet, souvent exprimée sous forme de pourcentage. Les surfaces enneigées ont un albédo élevé, les sols un albédo élevé à faible et les surfaces couvertes de végétation et les océans, un albédo faible.

ALÉA CLIMATIQUE : phénomène, manifestation physique ou activité humaine susceptible d'occasionner des pertes de vies humaines ou des blessures, des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques ou une dégradation de l'environnement. Chaque aléa est entre autres caractérisé en un point donné, par une probabilité d'occurrence et une intensité données (source : MINISTÈRE DE LA SÉCURITÉ PUBLIQUE. « Annexe 1 - Glossaire », *Concepts de base en sécurité civile*, 2008, 60 p. [www.securitepublique.gouv.qc.ca/fileadmin/Documents/securite_civile/publications/concepts_base/concepts_base_partie_5.pdf]).

ANTHROPIQUE : résultant de l'action de l'homme ou fait par lui.

ATTÉNUATION : modification et substitution des techniques employées dans le but de réduire les ressources engagées et les émissions par unité de production. Bien que certaines politiques sociales, économiques et technologiques puissent contribuer à réduire les émissions, du point de vue du changement climatique, l'atténuation signifie la mise en œuvre de politiques destinées à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à renforcer les puits.

B

BENTHIQUE (COMMUNAUTÉ) : ensemble des organismes aquatiques qui vivent à proximité du fond des mers, des lacs ou des cours d'eau.

BIODIVERSITÉ : diversité totale de tous les organismes et écosystèmes présents à diverses échelles spatiales, dont celle d'une ville.

BIOPESTICIDES : pesticide fabriqué à partir d'organismes vivants.

BLOOM DE CYANOBACTÉRIES : prolifération d'algues dans un lac, un cours d'eau ou un océan.

C

CANICULE : période minimale de trois jours consécutifs au cours desquels la température atteint ou dépasse 30°C le jour.

CAPACITÉ D'ADAPTATION : capacité des communautés et des écosystèmes à s'ajuster pour faire face aux changements climatiques afin de minimiser leurs effets négatifs et de tirer profit de leurs avantages.

CHALEUR ACCABLANTE : selon Environnement Canada, il y a chaleur accablante lorsque la température de l'air atteint ou dépasse 30 °C et que l'indice humidex atteint ou dépassera 40.

CHALEUR EXTRÊME : expression utilisée par les autorités de santé publique pour désigner une période de trois jours consécutifs où la température maximale atteint ou dépasse 33°C, et la température minimale ne descend pas sous les 20°C, ou lorsque la température ne descend pas sous les 25 °C durant deux nuits consécutives.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES : variation de l'état du climat, qu'on peut déceler par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus. Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels ou à des forçages externes, notamment les modulations des cycles solaires, les éruptions volcaniques ou des changements anthropiques persistants dans la composition de l'atmosphère ou dans l'utilisation des terres. On notera que la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), dans son article premier, définit les changements climatiques comme des « changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables ». La CCNUCC établit ainsi une distinction entre les changements climatiques attribuables aux activités humaines altérant la composition de l'atmosphère et la variabilité du climat imputable à des causes naturelles.

CLIMAT : enregistrement historique et description des conditions météorologiques moyennes quotidiennes et saisonnières propres à une région. Les statistiques sont généralement calculées sur plusieurs décennies. La climatologie, ou l'étude du climat, inclut les données climatologiques, l'analyse des causes des différences dans le climat, et l'application des données climatologiques à la résolution de problèmes spécifiques de conception ou d'exploitation. Elle est différente de la météorologie, qui étudie plutôt les variations instantanées ou à court terme de l'atmosphère à un moment donné (source : ENVIRONNEMENT CANADA. *Climat - Glossaire*, [en ligne]. [climat.meteo.gc.ca/glossary_f.html]).

COBÉNÉFICES : dans le cadre de l'adaptation aux changements climatiques, effets positifs de certaines mesures qui engendrent des impacts positifs indirects sur d'autres aléas climatiques.

COMMODITÉS : équipements qui apportent à une habitation, un immeuble, un quartier, le confort en rapport avec les modes de vie convenant à notre époque. Il peut s'agir de l'électricité, du gaz naturel, du téléphone, d'Internet, etc.

CRUE : montée du niveau de l'eau d'une rivière ou augmentation de son débit nettement au-dessus des niveaux habituels.

CYCLE HYDROLOGIQUE : cycle selon lequel l'eau des océans et l'eau présente à la surface des terres émergées s'évapore, se déplace dans l'atmosphère sous la forme de vapeur d'eau, se condense pour former des nuages, retombe sous forme de pluie ou de neige, est interceptée par les arbres et la végétation, s'écoule par ruissellement à la surface des terres émergées, s'infiltre dans les sols, réalimente les nappes souterraines, se déverse dans les cours d'eau et, pour finir, se jette dans les océans, d'où elle s'évapore de nouveau. Les différents systèmes participant au cycle hydrologique sont habituellement qualifiés de systèmes hydrologiques.

D

DÉBIT : volume de liquide s'écoulant à travers une section transversale d'un cours d'eau par unité de temps. Le débit s'exprime par exemple en l/s ou en m³/s (source : CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC, *Glossaire*, [en ligne], mise à jour le 3 juillet 2013. [www.cehq.gouv.qc.ca/glossaire.htm]).

E

ÉCOSYSTÈME : système d'organismes vivants en interaction les uns avec les autres et avec leur environnement physique. Les limites de ce qu'on peut appeler un écosystème sont arbitraires et dépendent du thème de l'étude ou du cadre dans lequel il est utilisé. Un écosystème peut se limiter à un espace très réduit ou s'étendre à l'ensemble du globe.

EMBÂCLE : accumulation de glaces flottantes contre un obstacle sur un cours d'eau (resserrement ou courbe de la rivière, glace encore gelée). Les glaces retenues créent une sorte de barrage temporaire faisant déborder l'eau en amont (source : CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC, *Glossaire*, [en ligne], mise à jour le 3 juillet 2013. [www.cehq.gouv.qc.ca/glossaire.htm]).

ENVIRONNEMENT BÂTI : comprend l'ensemble des bâtiments (tous secteurs) et les systèmes qui les composent (mécaniques, électriques, etc.); les réseaux de transport (terrestre, maritime, aérien) et les infrastructures périphériques (panneaux d'affichage, etc.); les réseaux de télécommunication et d'énergie (production, transport, distribution); les infrastructures liées à l'eau (accès, traitement, distribution, collecte); de même que les infrastructures spécifiques à certains secteurs industriels (agricoles, miniers, etc.).

ÉROSION : processus d'enlèvement et de transport des sols et des roches sous l'effet des phénomènes atmosphériques, des mouvements en masse et de l'action des cours d'eau, des glaciers, des vagues, du vent et des eaux souterraines.

ÉPISODES DE GEL-DÉGEL : jours de l'année pour lesquels la température minimale est inférieure à 0 °C et la température maximale est supérieure à 0 °C, ce qui implique un passage par 0 °C au cours de la même journée, et donc un épisode de gel ou de dégel (critère utilisé pour les calculs réalisés dans ce Plan d'adaptation).

ESPÈCE ENVAHISSANTE : espèce exotique (étrangère) dont l'introduction ou la propagation menace l'environnement, l'économie, la société et la santé humaine (source : ZOO DE GRANBY. *À la rescousse des espèces menacées - Espèces envahissantes*, [en ligne]. [especemenacees.ca/fr/especes-envahissantes.php]).

ÉTIAGE : niveau minimal atteint par un cours d'eau ou un lac en période sèche (source : CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC, *Glossaire*, [en ligne], mise à jour le 3 juillet 2013. [www.cehq.gouv.qc.ca/glossaire.htm]).

EUTROPHISATION (DES PLANS D'EAU) : enrichissement des eaux par des nutriments, se traduisant par une prolifération des végétaux aquatiques ou des cyanobactéries et par une diminution de la teneur en oxygène des eaux profondes. L'eutrophisation se produit le plus souvent dans les milieux aquatiques où la circulation d'eau est réduite, comme les lacs et les estuaires. Le phosphore et l'azote sont les principaux nutriments responsables de l'eutrophisation.

ÉVAPOTRANSPIRATION : processus combiné d'évaporation à la surface de la Terre et de transpiration de la végétation.

ÉVÉNEMENT CLIMATIQUE EXTRÊME : phénomène rare en un endroit et à un moment de l'année particulier. Même si les définitions du mot rare varient, un phénomène météorologique extrême devrait normalement se produire aussi rarement, sinon plus, que le dixième ou le quatre-vingt-dixième centile de la fonction de densité de probabilité établie à partir des observations. Par définition, les caractéristiques de conditions météorologiques extrêmes peuvent, dans l'absolu, varier d'un lieu à un autre. Lorsque des conditions météorologiques extrêmes se prolongent pendant un certain temps, l'espace d'une saison par exemple, elles peuvent être considérées comme un phénomène climatique extrême, en particulier si elles correspondent à une moyenne ou à un total en lui-même extrême (p. ex. une sécheresse ou de fortes pluies pendant toute une saison).

F

FRASIL : le frasil est formé de fines aiguilles ou plaquettes de glace en suspension dans l'eau. Lorsque ces aiguilles de glace s'accumulent dans un cours d'eau, elles peuvent perturber l'écoulement, jusqu'à provoquer une inondation (source : ENVIRONNEMENT CANADA. *Glossaire des glaces*, [en ligne], mise à jour le 28 mars 2013. [www.ec.gc.ca/glaces-ice/default.asp?lang=Fr&n=501D72C1-1]).

G

GAZ À EFFET DE SERRE (GES) : constituants gazeux de l'atmosphère, tant naturels qu'anthropiques, qui absorbent et émettent un rayonnement à des longueurs d'onde données du spectre du rayonnement terrestre émis par la surface de la Terre, l'atmosphère et les nuages. C'est cette propriété qui est à l'origine de l'effet de serre. La vapeur d'eau (H₂O), le dioxyde de carbone (CO₂), l'oxyde nitreux (N₂O), le méthane (CH₄) et l'ozone (O₃) sont les principaux gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère terrestre. Il existe également des gaz à effet de serre résultant uniquement des activités humaines, tels que les hydrocarbures halogénés et autres substances contenant du chlore et du brome, dont traite le Protocole de Montréal. Outre le CO₂, le N₂O et le CH₄, le Protocole de Kyoto traite, quant à lui, d'autres gaz à effet de serre tels que l'hexafluorure de soufre (SF₆), les hydrofluorocarbones (HFC) et les hydrocarbures perfluorés (PFC).

H

HUMIDEX : indice indiquant le degré de chaleur et d'humidité ressenti par un individu moyen. On l'établit en combinant les valeurs de la température et de l'humidité en un chiffre unique qui représente la température ressentie. Par exemple, un indice Humidex de 40 signifie que, lorsque la température est de 30 degrés et l'air humide, les conditions ressenties sont plus ou moins les mêmes que lorsque la température est de 40 degrés et l'air sec (source : ENVIRONNEMENT CANADA. *Climat - Glossaire*, [en ligne], [climat.meteo.gc.ca/glossary_f.html]).

HYPOTHERMIE : refroidissement du corps humain au-dessous de sa température normale.

HYPERTHERMIE : élévation de la température centrale du corps au-dessus de sa valeur normale.

I

ÎLOT DE CHALEUR INTRA URBAIN (ICIU) : endroit dans un milieu urbain où la température de l'air est plus élevée qu'ailleurs et qui a pour effet d'augmenter localement la chaleur ressentie (source : BUREAU DE NORMALISATION DU QUÉBEC. *Norme BNQ 3019-190/2013, Lutte aux îlots de chaleur urbains - Aménagement des aires de stationnement - Guide à l'intention des concepteurs*, 204 p.).

ÎLOT DE FRAÎCHEUR : lieu ou espace qui contribue à rafraîchir l'air ambiant ou qui assure une protection contre les rayons solaires. Ces lieux peuvent prendre diverses formes telles des parcs, des jardins, des abris, des structures vertes (toits et murs végétalisés), ou encore être des alignements d'arbres en rue procurant des zones ombragées. Ils peuvent également être des espaces avec des bassins d'eau, des fontaines, des piscines, des brumisateurs, etc. Ils sont autant d'éléments constituant des espaces qui assurent une meilleure qualité de vie pour les citoyens exposés aux chaleurs accablantes (source : Service de l'environnement, Ville de Montréal).

IMPACTS (DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES) : effet des changements climatiques sur les systèmes naturels et humains. Dans ce plan, on aborde plus particulièrement les impacts sur le bâti, sur l'environnement, sur les populations, sur les opérations et sur les services municipaux.

IMPERMÉABILISATION DES SOLS : recouvrement permanent d'une parcelle de terre et de son sol par un matériau artificiel imperméable (étanche) tel que l'asphalte ou le béton (source : COMMISSION EUROPÉENNE. *Lignes directrices concernant les meilleures pratiques pour limiter, atténuer ou compenser l'imperméabilisation des sols*, 2012, 62 p. [ec.europa.eu/environment/soil/pdf/guidelines/pub/soil_fr.pdf])

INCIDENCES (DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES) : effets sur les systèmes naturels et humains. Dans le présent plan, le terme est employé principalement pour désigner les effets, sur les systèmes naturels et humains, des phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes et des changements climatiques. Il s'agit en général des effets sur la vie des personnes, les modes de subsistance, la santé, les écosystèmes, le patrimoine économique, social et culturel, les services et les infrastructures, découlant de leurs interactions avec les changements climatiques ou les phénomènes climatiques dangereux qui se produisent au cours d'une période donnée, et de la vulnérabilité de la société ou du système exposé. Dans ce sens, on emploie aussi les termes conséquences ou impacts.

INCERTITUDES : expression du degré d'inconnaissance d'une valeur (l'état futur du système climatique, par exemple). L'incertitude peut être due à un manque d'information ou à un désaccord sur ce qui est connu. Elle peut avoir des origines diverses et résulter ainsi d'erreurs chiffrables dans les données, d'une définition trop imprécise des concepts ou de la terminologie employée ou encore de projections incertaines du comportement humain. L'incertitude peut donc être représentée par des mesures quantitatives (p. ex. un ensemble de valeurs calculées par divers modèles) ou par des énoncés qualitatifs (p. ex. reflétant l'opinion d'un groupe d'experts).

INFRASTRUCTURES VERTES : méthodes alternatives de drainage permettant de ralentir et de stocker l'eau. Les aménagements de ce type, aussi appelés PGO (pratique de gestion optimale), peuvent prendre diverses formes dont - bassin de biorétention, aménagement avec sol absorbant, dépression végétalisée (bassin sec), structure de collecte des eaux des toits, fossé (noue) ou toit végétalisé (source : VILLE DE MONTRÉAL. *Quelles infrastructures vertes pour la gestion des eaux de ruissellement?*, Service de l'eau, Division de la gestion durable de l'eau, janvier 2015, 45 p.).

INONDATION : débordement d'eau qui submerge les terres habituellement sèches la majeure partie de l'année. On distingue deux types d'inondations, soit celles en eau libre sans présence d'embâcle et celles causées par des embâcles. Une inondation en eau libre est causée exclusivement par une augmentation significative de la quantité d'eau dans une rivière et non pas par un refoulement dans un secteur donné. Ce refoulement pourrait notamment être dû à un amoncellement de glaces dans une section de rivière empêchant la libre circulation de l'eau; dans un tel cas, il s'agirait plutôt là d'une inondation causée par des embâcles.

INSECTE RAVAGEUR : (zoologie) insecte nuisible qui endommage gravement ou détruit une culture, une récolte ou un aménagement.

J K L

LIEU D'INTÉRÊT : dans le cadre de ce Plan, les lieux d'intérêt correspondent aux écoles, aux entrées et sorties de ponts, aux garderies et aux stations de métro (voir Tableau A.12).

M

MALADAPTATION : actions qui peuvent conduire à une augmentation du risque de conséquences négatives liées au climat, à une augmentation de la vulnérabilité face aux changements climatiques ou à une diminution du bien-être, actuel ou futur.

MALADIE À TRANSMISSION VECTORIELLE : une maladie est dite à transmission vectorielle lorsque des bactéries, des virus ou des parasites sont transmis par un intermédiaire d'un humain à un autre. Cet intermédiaire, encore appelé vecteur, est généralement un animal, un moustique ou une tique. Le virus du Nil en est un exemple. (source : INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC, « Maladies à transmission vectorielle et zoonoses », *Mon climat, Ma santé*, [en ligne]. [www.monclimatmasante.qc.ca/public/maladies-vectorielles-et-zoonoses.aspx]).

MESURES : dans le cadre de ce Plan, technologies, procédés ou pratiques visant à réduire les impacts des changements climatiques.

MESURES D'URGENCE : ensemble de moyens et de procédures permettant une réponse rapide des équipes d'intervention opérationnelles en cas d'urgence (p. ex. incendie, individu armé, urgence médicale, etc.). Ces mesures comprennent aussi les comportements à observer par les usagers afin d'agir de manière sécuritaire (source : UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL, « Plan de mesures d'urgence », *Direction de la prévention et de la sécurité*, [en ligne]. [www.dps.umontreal.ca/gestion-urgences/mesures-urgences]).

MODÈLES CLIMATIQUES : logiciels informatiques d'une grande complexité qui intègrent des équations mathématiques de physique et de chimie décrivant l'atmosphère, l'océan et les surfaces continentales. Ces équations représentent les principaux échanges d'énergie et de matière qui président aux phénomènes météorologiques, hydrologiques ou biologiques. Ces modèles sont en particulier capables de simuler la vitesse et la direction des vents et des courants marins, mais également l'évolution des températures et des précipitations, ou encore les caractéristiques de différents couverts végétaux.

MORPHOLOGIE URBAINE : étude des formes, des caractéristiques de la ville (voirie, densités, usages) et des phénomènes qui en sont à l'origine : topographie, histoire, influence culturelle, économie, règles d'urbanisme, contexte technologique ou encore énergétique (source : WIKIPÉDIA. *Morphologie urbaine*, [en ligne]. [fr.wikipedia.org/wiki/Morphologie_urbaine#cite_note-Kenworthy_1989-2]).

N O P

PATHOGENE : qualifie ce qui provoque une maladie, en particulier un germe capable de déterminer une infection (source : *Dictionnaire de français Larousse*, [www.larousse.fr/dictionnaires/francais/pathog%C3%A8ne/58638]).

PESTICIDES : toute substance, matière ou micro-organisme destiné à contrôler, détruire, amoindrir, attirer ou repousser directement ou indirectement un organisme nuisible, nocif ou gênant pour l'être humain, la faune, la végétation, les récoltes ou les autres biens, ou destiné à servir de régulateur de croissance de la végétation, à l'exclusion d'un médicament ou d'un vaccin, au sens de la Loi sur les pesticides (Recueil des lois et règlements du Québec, chapitre P-9.3; Règlement sur l'utilisation des pesticides, RVM 04-041).

PHÉNOLOGIE : chronologie des stades de la vie végétale et animale en relation avec le temps et le climat.

PHOTOSYNTHÈSE : processus par lequel les plantes vertes, les algues et certaines bactéries absorbent le dioxyde de carbone de l'air (ou le bicarbonate de l'eau) pour produire des hydrates de carbone et rejettent de l'oxygène. La photosynthèse s'effectue selon des processus qui varient en fonction de la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

PLAN D'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES : outil de planification qui sert à examiner la problématique des changements climatiques dans son ensemble et dans tous les champs d'activité d'une administration municipale, à cerner et à prioriser les principaux risques, à adopter une vision ainsi qu'à prévoir les étapes de mise en œuvre à court, moyen et long terme de mesures d'adaptation aux changements climatiques.

POLLEN : poussière fécondante des fleurs, constituée de spores minuscules et souvent douée de propriétés allergènes, surtout quand elle est aéroportée. Elle produit des antigènes capables de sensibiliser les sujets prédisposés et de provoquer la manifestation de symptômes allergiques.

PRÉVALENCE : (d'une maladie) nombre de cas liés à une maladie spécifique ou à un événement de santé, recensés dans une population déterminée, à un moment donné, et exprimés en pourcentage, sans distinction entre les nouveaux cas et les anciens cas.

PROBABILITÉ : degré de vraisemblance associé à la manifestation d'un aléa d'une intensité donnée (la probabilité d'occurrence peut s'exprimer de façon qualitative ou quantitative) (source : VILLE DE MONTRÉAL, « Lexique », *La sécurité civile à Montréal*, [ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=7637,81984233&_dad=portal&_schema=PORTAL]).

PROJECTION CLIMATIQUE : simulation de la réponse du système climatique à un scénario futur d'émissions ou de concentration de gaz à effet de serre et d'aérosols, obtenue généralement à l'aide de modèles climatiques. Les projections climatiques se distinguent des prévisions climatiques par le fait qu'elles sont fonction des scénarios d'émissions, de concentration ou de forçage radiatif utilisés, qui reposent sur des hypothèses concernant, par exemple, l'évolution socioéconomique et technologique à venir, ces hypothèses pouvant se réaliser ou non.

Q R

RÉSILIENCE : est la capacité d'une population, d'une société, de son système économique et politique ou des infrastructures qui la composent de résister et de surmonter les perturbations importantes et les stress pour retrouver un fonctionnement normal. (source : Craig Applegath, www.resilientcity.org)

RISQUE CLIMATIQUE : combinaison de la probabilité d'occurrence d'un événement climatique et de ses conséquences pouvant en résulter sur les éléments vulnérables d'un milieu donné (source : MINISTÈRE DE LA SÉCURITÉ PUBLIQUE. « Annexe 1 - Glossaire », *Concepts de base en sécurité civile*, 2008, 60 p. [www.securitepublique.gouv.qc.ca/fileadmin/Documents/securite_civile/publications/concepts_base/concepts_base_partie_5.pdf]).

RUISSELLEMENT DE SURFACE : écoulement d'eau sur la surface du sol avant d'atteindre un cours d'eau.

S

SCÉNARIO CLIMATIQUE : représentation vraisemblable et souvent simplifiée du climat futur, fondée sur un ensemble intrinsèquement cohérent de relations climatologiques et établie expressément pour déterminer les conséquences possibles des changements climatiques anthropiques, qui sert souvent à alimenter les modèles d'impact. Les projections climatiques servent fréquemment de matière première aux scénarios climatiques, quoique ces derniers nécessitent généralement des informations supplémentaires, par exemple sur le climat actuel observé. Un scénario du changement climatique correspond à la différence entre un scénario climatique et le climat actuel.

SCÉNARIO D'ÉMISSION : représentation plausible de l'évolution future des émissions de substances susceptibles d'avoir des effets radiatifs (gaz à effet de serre, aérosols, par exemple), fondée sur un ensemble cohérent et homogène d'hypothèses relatives aux éléments moteurs (évolution démographique et socio-économique, progrès technologique, etc.) et à leurs interactions principales. Les scénarios de concentration, découlant des scénarios d'émissions, servent d'entrées dans les modèles climatiques pour le calcul des projections climatiques.

SÉCHERESSE : différentes définitions de la sécheresse existent dans la littérature. Elles décrivent chacune une réalité distincte et leur emploi dépend de la problématique considérée. Si l'on s'intéresse au nombre de jours consécutifs sans pluie, on parle de sécheresse météorologique. Si l'on s'intéresse à un déficit d'eau dans les sols, on parle alors de sécheresse des sols (aussi appelée sécheresse agricole). Quant à la sécheresse hydrologique, celle-ci concerne un niveau particulièrement bas des cours d'eau et des nappes phréatiques. Enfin, la sécheresse socio-économique intègre l'action de pompage par l'homme sur les ressources en eau.

SENSIBILITÉ ENVIRONNEMENTALE : proportion dans laquelle le milieu naturel est susceptible d'être affecté (positivement ou négativement) par la manifestation d'un aléa climatique.

SENSIBILITÉ PHYSIQUE : degré auquel un territoire est touché par des aléas climatiques.

SENSIBILITÉ SOCIALE : proportion dans laquelle une collectivité est susceptible d'être affectée par la manifestation d'un aléa climatique.

SENSIBILITÉ TERRITORIALE : proportion dans laquelle les infrastructures sont susceptibles d'être affectées (positivement ou négativement) par la manifestation d'un aléa climatique.

SERVICES ÉCOLOGIQUES : correspondent aux bienfaits que nous prodigue la nature en référence aux écosystèmes et aux espèces « qui rendent possible et facilitent l'existence humaine ». Ainsi, la biodiversité en est à la source, elle fournit des services écologiques aux citoyens. Il existe plusieurs catégories de services écologiques : services de régulation (régulation du climat, purification de l'air et de l'eau, pollinisation, fertilisation des sols, etc.), services d'approvisionnement (nourriture, fibres, plantes médicinales, etc.) et services socioculturels (récréation et tourisme, éducation, inspiration, patrimoine, spiritualité, etc.) (source : BOUCHER, I. et N. FONTAINE (2010). *La biodiversité et l'urbanisation, Guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable*, ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire, coll. Planification territoriale et développement durable, 178 p. [www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/grands_dossiers/developpement_durable/biodiversite_urbanisation_complet.pdf]).

SITES CRITIQUES : dans le cadre de ce plan, une liste des sites critiques spécifiques à Montréal est donnée dans le Tableau A.12.

STOMATE : structure semblable à des pores à la surface d'une feuille, entourée de deux cellules de garde qui peuvent s'ouvrir et se fermer pour permettre les échanges gazeux (source : FÉDÉRATION CANADIENNE DE LA FAUNE. *Glossaire*, [en ligne]. [cwf-fcf.org/fr/decouvrez-la-faune/ressources/glossaire]).

STRESS HYDRIQUE : (chez les végétaux) stress que subit une plante en raison d'un manque d'eau. Les plantes et les arbres sont soumis à un stress hydrique si l'humidité du sol, donc l'évapotranspiration effective, est inférieure aux besoins potentiels en la matière.

STRESS THERMIQUE : (chez les végétaux) ensemble des modifications de la physiologie des végétaux lorsque la température s'élève ou s'abaisse au-delà des conditions habituelles. Il diffère selon les espèces et la forme et ampleur du changement de température (source : WIKIPÉDIA. *Stress thermique chez les végétaux*, [en ligne]. [fr.wikipedia.org/wiki/Stress_thermique_chez_les_v%C3%A9g%C3%A9taux]).

T

TEMPÉRATURE MOYENNE : définie comme moyenne de la température maximale et de la température minimale à un endroit donné au cours d'un intervalle de temps déterminé (source : ENVIRONNEMENT CANADA. *Climat - Glossaire*, [en ligne], mise à jour le 11 février 2015. [climat.meteo.gc.ca/glossary_f.html]).

U V

VAGUE DE CHALEUR : période de conditions atmosphériques anormalement chaudes et désagréables.

VARIABILITÉ DU CLIMAT : variations de l'état moyen et d'autres variables statistiques (écarts types, extrêmes, etc.) du climat à toutes les échelles spatiales et temporelles au-delà de la variabilité propre à des phénomènes météorologiques particuliers. La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du système climatique (variabilité interne) ou à des variations des forçages externes anthropiques ou naturels (variabilité externe).

VULNÉRABILITÉ : mesure dans laquelle un système est sensible – ou incapable de faire face – aux effets défavorables des changements climatiques, y compris la variabilité du climat et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité varie en fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de l'évolution et de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la sensibilité de ce système et de sa capacité d'adaptation.

W, X, Y, Z

ZONES DE RUSTICITÉ : en 1967, des scientifiques d'Agriculture Canada ont créé une carte des zones de rusticité du Canada d'après des données sur la survie de différentes espèces végétales. Ils ont aussi pris en compte une vaste gamme de facteurs climatiques, dont les températures hivernales minimales, la durée de la période sans gel, les précipitations estivales, les températures maximales, l'enneigement, les pluies de janvier et les vitesses maximales des vents (source : AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE CANADA. *Zones de rusticité des plantes au Canada*, [En ligne]. [sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/climate/hardiness/index.html]).

ZOONOSE : on parle de maladie zoonotique ou de zoonose lorsque celle-ci est transmise directement d'un animal vertébré à l'être humain. C'est le cas du syndrome pulmonaire à hantavirus et de la rage (source : INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC, « Maladies à transmission vectorielle et zoonoses », *Mon climat, Ma santé*, [En ligne]. [www.monclimatmasante.qc.ca/public/maladies-vectorielles-et-zoonoses.aspx]).

ANNEXE C : RÉFÉRENCES

1. ADEME (2012). *Diagnostic de vulnérabilité d'un territoire au changement climatique – Éléments méthodologiques tirés de l'expérience internationale*, [en ligne], 103 p. [www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/diagnostic-vulnerabilite-territoire-changement-climatique-7405.pdf] (Page consultée le 30 juillet 2015).
2. AGENCE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX DE MONTRÉAL (2014). *Chaleur accablante ou extrême 2014 - Plan régional de prévention et de protection, Guide à l'intention des établissements de santé*, [en ligne], 128 p. [collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs2394682].
3. AGENCE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX DE MONTRÉAL (2008). *Prévalence des manifestations allergiques associées à l'herbe à poux chez les enfants de l'île de Montréal*, Direction de santé publique, Montréal, 33 p. Disponible également par Internet à l'adresse : publications.santemontreal.qc.ca/uploads/tx_assmpublications/978-2-89494-746-3.pdf.
4. AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE CANADA. *Zones de rusticité des plantes au Canada*, [en ligne], mise à jour le 18 décembre 2014. [sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/climate/hardiness/index.html] (Page consultée le 16 septembre 2015)
5. AGRICULTURE MONTRÉAL. En chiffres, [en ligne]. [agriculturemontreal.com] (Page consultée le 5 août 2015).
6. ALBRIGHT, T.P., A.M. PIDGEON, C.D. RITTENHOUSE, M.K. CLAYTON, C.H. FLATHER, P.D. CULBERT et V.C. RADELOFF (2011). « Heat waves measured with MODIS land surface temperature data predict changes in avian community structure », *Remote Sensing of Environment*, n° 115(1), p. 245-254.
7. ALLEN, C.D., A.K. MACALADY, H. CHENCHOUNI, D. BACHELET, N. MCDOWELL, M. VENNETIER, T. KITZBERGER, A. RIGLING, D.D. BRESHEARS, E.H. HOGG, P. GONZALEZ, R. FENSHAM, Z. ZHANG, J. CASTRO, N. DEMIDOVA, J.H. LIM, G. ALLARD, S.W. RUNNING, A. SEMERCI. et N. COBB (2010). « A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests », *Forest Ecology and Management*, n° 259(4), p. 660-684.
8. ANDEREGG, W.R., J.M. KANE et L.D. ANDEREGG (2013). « Consequences of widespread tree mortality triggered by drought and temperature stress », *Nature Climate Change*, n° 3(1), p. 30-36.
9. ANDRÉ, P., C. E. DELISLE et J.-P. REVÉRET (2009). *Évaluation des impacts sur l'environnement*, 3^e édition, Presses internationales Polytechnique, 398 p.
10. ANDREWARTHA, H.G. et L.C. BIRCH (1954). *The Distribution and Abundance of Animals*, University of Chicago Press, Chicago.
11. ALTERMATT, F. (2009). « Climatic warming increases voltinism in European butterflies and moths », *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, rspb.20091910.
12. ANGILLETTA, M.J., P.H. NIEWIAROWSKI et C.A. NAVAS (2002). « The evolution of thermal physiology in ectotherms », *Journal of Thermal Biology*, n° 27(4), p. 249-268.
13. AUDET, R., H. CÔTÉ, D. BACHAND et A. MAILHOT (2012). *Atlas agroclimatique du Québec : Évaluation des opportunités et des risques agroclimatiques dans un climat en évolution* (Rapport scientifique final pour Ouranos). Montréal, Québec. [www.ouranos.ca/media/publication/155_RapportAudetetetal2012.pdf].
14. AYRES, M.P. et M.J. LOMBARDELO (2000). « Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens », *Science of the Total Environment*, n° 262(3), p. 263-286.
15. BALE, J. S., G.J. MASTERS, I.D. HODKINSON, C. AWMACK, T.M. BEZEMER, V.K. BROWN, J. BUTTERFIELD, A. BUSE, J.C. COULSON, J. FARRAR, J.G. GOOD, R. HARRINGTON, S. HARTLEY, T. HEFIN JONES, R. LINDROTH, M.C. PRESS, I. SYMRNIODIS, A.D. WATT et J.B. WHITTAKER (2002). « Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores », *Global Change Biology*, n° 8(1), 1-1.
16. BANNERMAN, J.A., D.R. GILLESPIE et B.D. ROITBERG (2011). « The impacts of extreme and fluctuating temperatures on trait-mediated indirect aphid-parasitoid interactions », *Ecological Entomology*, n° 36(4), p. 490-498.
17. BERGERON, L., G. VIGEANT et J. LACROIX (1997). *Impacts et adaptation à la variabilité et au changement du climat au Québec. Tome V de l'Étude pan-canadienne sur les impacts et l'adaptation au climat*, [en ligne], collaboration entre Environnement Canada et l'Association de climatologie du Québec, 270 pages. [publications.gc.ca/collections/Collection/En56-119-3-1997F.pdf].
18. BLOIS, S., L. BOISVERT-MARSH, R. SCHMUCKI, C.A. LOVAT, C. BYUN, P. GOMEZ-GARCIA, R. OTFINOWSKI, E. GROENEVELD et C. LAVOIE (2013). *Outils pour évaluer les risques d'invasion biologique dans un contexte de changements climatiques*. Université McGill. Montréal, Québec. 80 p. + annexes.

19. BOILY, M.E. (2012). *L'agriculture périurbaine et urbaine du Québec : État de situation et perspectives*, MAPAQ., octobre 2012, 30 p.
20. BOLAND, G. J., M.S. MELZER, A. HOPKIN, V. HIGGINS, et A. NASSUTH (2004). « Climate change and plant diseases in Ontario », *Canadian Journal of Plant Pathology*, n° 26(3), p. 335-350.
21. BOURQUE, A. et G. SIMONET (2007). « Québec », *Vivre avec les changements climatiques au Canada*, D. S. Lemmen, F. J. Warren, J. Lacroix et E. Bush (éditeurs), Ressources naturelles Canada, Ottawa (Ontario), 2008, p. 171-226.
22. BOTHUN, G. *Urban Heat Islands and Their Relation to Urban Ecology*, [en ligne], Department of Physics, University of Oregon. [<http://homework.uoregon.edu/pub/class/uh1.html>] (Page consultée le 23 juillet 2015).
23. BRÉDA, N., R. HUC, A. GRANIER et E. DREYER (2006). « Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and longterm consequences », *Annals of Forest Science*, n° 63 (6), p. 625- 644.
24. BRETON, M.C., M. GARNEAU, I. FORTIER, F. GUAY et J. LOUIS (2006). « Relationship between climate, pollen concentrations of Ambrosia and medical consultations for allergic rhinitis in Montreal, 1994–2002 », *Science of the Total Environment*, n° 370(1), p. 39-50. Disponible également sur Internet à : gizmo.geotop.uqam.ca/garneauM/Breton_et_al_STE_2006.pdf.
25. BRODEUR, J., G. BOIVIN, G. BOURGEOIS, C. CLOUTIER, J. DOYON, P. GRENIER et A. È. GAGNON (2013). *Impacts des changements climatiques sur le synchronisme entre les ravageurs et leurs ennemis naturels : conséquences sur la lutte biologique en milieu agricole au Québec*, Rapport final projet Ouranos, (5500005-103).
26. BROWN, J.H., J.F. GILLOOLY, A.P. ALLEN, V.M. SAVAGE, et G.B. WEST (2004). « Toward a metabolic theory of ecology », *Ecology*, n° 85, p. 1771-1789.
27. BUREAU DE NORMALISATION DU QUÉBEC (2013). *Norme BNQ 3019-190/2013, Lutte aux îlots de chaleur urbains - Aménagement des aires de stationnement - Guide à l'intention des concepteurs*, 204 p.
28. BURKLE, L. A. et R. ALARCÓN (2011). « The future of plant–pollinator diversity: understanding interaction networks across time, space, and global change », *American Journal of Botany*, n° 98(3), p. 528-538.
29. CBC NEWS OTTAWA. *Trains delayed as heat warps railroad tracks*, [en ligne], mise à jour le 29 mai 2012. [www.cbc.ca/news/canada/ottawa/trains-delayed-as-heat-warps-railroad-tracks-1.1182748] (Page consultée le 24 juillet).
30. CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC (2013). *Atlas hydroclimatique du Québec méridional – Impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050*, Québec, 51 p.
31. CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC. *Zones inondables - Informations générales*, [en ligne]. [www.cehq.gouv.qc.ca/zones-inond] (Page consultée le 23 juillet 2015).
32. COAKLEY, S.M., H. SCHERM et S. CHAKRABORTY (1999). « Climate change and plant disease management », *Annual review of phytopathology*, n° 37(1), p. 399-426.
33. CHAKRABORTY, S., A.V. TIEDEMANN et P.S. TENG (2000). « Climate change: potential impact on plant diseases », *Environmental Pollution*, n° 108(3), p. 317-326.
34. CHADIRDJIAN, Jack (2010). *Impacts des changements climatiques sur l'assurance de dommages*, [en ligne], Bureau d'assurance du Canada, 52 p. [aaiard.com/06_2010/Chadirdjian.pdf] (Page consultée le 15 juillet 2015).
35. CHOWN, S.L. et J.S. TERBLANCHE (2006). « Physiological diversity in insects: ecological and evolutionary contexts », *Advances in insect physiology*, n° 33, p. 50-152.
36. CLIMAT QUÉBEC. *Bilan d'événements météo*, [en ligne]. [www.climat-quebec.qc.ca/home.php?id=summary_weather_events&mpn=climate_mon].
37. COLLECTIVITESVIABLES.ORG. *Îlots de chaleur urbain*, [en ligne]. [collectivitesviables.org/articles/ilots-de-chaleur-urbains] (Page consultée le 23 juillet 2015).
38. COMMISSION DE TOPONYMIE DU QUÉBEC. *Archipel d'Hochelaga*, [en ligne], mise à jour en août 2015. [www.toponymie.gouv.qc.ca/ct/ToposWeb/fiche.aspx?no_seq=146061] (Consulté en août 2015).

39. COMMUNAUTÉ MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL (2010). *Portrait statistique des activités et du territoire agricole de la Communauté métropolitaine de Montréal, Rapport final du Comité consultatif agricole – Édition 2010*, 44 p. Disponible également par Internet à l'adresse : cmm.qc.ca/fileadmin/user_upload/documents/20110208_cca_portrait_statistique.pdf.
40. COMMUNAUTÉ URBAINE DE MONTRÉAL. « Le centre de sécurité civile : un acte de civilisation dans une société complexe », *Bulletin de liaison du Centre de sécurité civile de la CUM*, [en ligne], vol. 4, no. 2, juin 1998. [ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/centre_secu_civile_fr/media/documents/lien9842.pdf].
41. CONFALONIERI, U., B. MENNE, R. AKHTAR, K.L. EBI, M. HAUENGUE, R.S. KOVATS, B. REVICH et A. WOODWARD (2007). « Human health », *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, [en ligne], contribution du Groupe de travail II au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson, Eds.], Cambridge University Press, Cambridge, G.-B., p. 391-431. Disponible également par Internet à l'adresse : www.ipcc.ch/report/ar4/wg2/.
42. DALE, A.G. et S. D. FRANK (2014a). « The effects of urban warming on herbivore abundance and street tree condition », *PLoS one*, n° 9(7), e102996.
43. DALE, A.G. et S.D. Frank (2014b). « Urban warming trumps natural enemy regulation of herbivorous pests », *Ecological Applications*, n° 24(7), p. 1596-1607.
44. DALE, V.H., L.A. JOYCE, S. MCNULTY, R.P. NEILSON, M.P. AYRES, M.D. FLANNIGAN, P.J. HANSON, L.C. IRLAND, A.E. LUGO, C.J. PETERSON, D. SIMBERLOFF, F.J. SWANSON, B.J. STOCKS et M.B. WOTTON (2001). « Climate change and forest disturbances: climate change can affect forests by altering the frequency, intensity, duration, and timing of fire, drought, introduced species, insect and pathogen outbreaks, hurricanes, windstorms, ice storms, or landslides », *BioScience*, n° 51(9), p. 723-734.
45. DENIS, D., J.S. PIERRE, J. VAN BAAREN et J.J. VAN ALPHEN (2011). « How temperature and habitat quality affect parasitoid lifetime reproductive success - a simulation study », *Ecological Modelling*, n° 222(9), p. 1604-1613.
46. DIXON, A. F. G. (2012). *Aphid Ecology: an Optimization Approach*, Springer Science et Business Media.
47. DONAT, M.G., L.V. ALEXANDER, H. YANG, I. DURRE, R. VOSE, R.J.H. DUNN, ... et S. KITCHING (2013). « Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset », *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, n° 118(5), p. 2098-2118.
48. DORNER, S. (2014) *Adaptations aux changements climatiques des infrastructures municipales*, [en ligne], conférencière au Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines, 2 décembre 2014, Palais des Congrès, Montréal. [ceriu.qc.ca/publications/adaptations-aux-changements-climatiques-des-infrastructures-municipales].
49. DORNER, S. (2013). Impacts et adaptations aux changements climatiques des infrastructures municipales en eau de la rivière des Prairies, Rapport Ouranos, mars 2013, 175 p.
50. DUCHEMIN, E., F. WEGMULLER et A.M. LEGAULT (2008). « Urban agriculture: multi-dimensional tools for social development in poor neighbourhoods », *Field Actions Science Reports - The journal of field actions*, 1. [factsreports.revues.org/113].
51. DUPRAS, J., J.P. REVÉRET et J. HE (2013). *L'évaluation économique des biens et services écosystémiques dans un contexte de changements climatiques : Un guide méthodologique pour une augmentation de la capacité à prendre des décisions d'adaptation*. OURANOS. [www.ouranos.ca/media/publication/273_RapportReveret2013.pdf].
52. ELLWOOD, E.R., S.A. TEMPLE, R.B. PRIMACK, N.L. BRADLEY et C.C DAVIS (2013). « Record-breaking early flowering in the eastern United States », *PLOS one*, n° 8(1), e53788.
53. ENVIRONNEMENT CANADA. « Chaos à Montréal – 1987 », *Les inondations au Canada - Québec*, [en ligne], mise à jour le 2 décembre 2010. [www.ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=Fr&n=C0122DA3-1#Section2] (Page consultée le 15 juillet 2015).
54. ENVIRONNEMENT CANADA. *Glossaire*, [en ligne]. [www.ec.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=7EBE5C5A-1] (Page consultée en juin 2015).
55. ENVIRONNEMENT CANADA. *Glossaire des glaces*, [en ligne], mise à jour le 28 mars 2013. [www.ec.gc.ca/glaces-ice/default.asp?lang=Fr&n=501D72C1-1] (Page consultée le 7 juillet 2015).
56. ENVIRONNEMENT CANADA. « Des inondations en ville », *Les dix événements météorologiques les plus marquants au Canada en 2012*, [en ligne], mise à jour le 21 juin 2013. [www.ec.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=Fr&n=D05E090A-1].

57. ENVIRONNEMENT CANADA. *Les dix événements marquants au Canada en 2013*, [en ligne], mise à jour le 17 avril 2014. [www.ec.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=Fr&n=5BA5EAF-1&offset=2&toc=hide] (Page consultée le 31 août 2015).
58. ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA. *Risques de printemps et d'été*, [en ligne], mise à jour le 30 août 2016. [www.ec.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=Fr&n=04A1BF3B-1].
59. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*, [en ligne], 2008. [www.epa.gov/heatisland/resources/compendium.htm] (Page consultée le 22 juillet 2015).
60. FERROUILLET, C., L. LAMBERT et F. MILORD (2012). *Consultation sur l'état actuel de la surveillance des zoonoses au Québec et son adéquation avec les changements climatiques et écologiques*, Institut national de santé publique du Québec, 169 p. [www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1541_ConsulEtatActSurvZoonoQcAdeqChangClimEcolo.pdf].
61. FLEXAS, J., J. BOTA, F. LORETO, G. CORNIC et T.D. SHARKEY (2004). « Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants », *Plant Biology*, n° 6, p.269–279.
62. FONDATION DU GRAND MONTRÉAL (2010). « Environnement », *Bilan de santé de la région métropolitaine de Montréal*, [en ligne]. [www.fgmtl.org/fr/signesvitau2010/environnement.php] (Page consultée en août 2015).
63. FUHRER, J. (2003). « Agroecosystem responses to combinations of elevated CO₂, ozone, and global climate change », *Agriculture, Ecosystems & Environment*, n° 97(1), p. 1-20.
64. GAGNON, A.È., M. ROY et A. ROY (2013a). *Impacts directs et indirects des changements climatiques sur les ennemis des cultures*, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, OURANOS.
65. GAGNON, A.È., G. ARSENAULT-LABRECQUE, G. BOURGEOIS, L. BOURDAGES, P. GRENIER et M. ROY (2013b). *Études de cas pour faciliter une gestion efficace des ennemis des cultures dans le contexte de l'augmentation des risques phytosanitaires liés aux changements climatiques*. Rapport final projet # 550004-PXI pour OURANOS.
66. GARNEAU, M., M.-C. BRETON, F. GUAY, I. FORTIER, M.-F. SOTTILE et D. CHAUMONT (2006). *Hausse des concentrations des particules organiques (pollens) causée par le changement climatique et ses conséquences potentielles sur les maladies respiratoires des populations vulnérables en milieu urbain, Fonds d'action pour le changement climatique (FACC), sous composante Impacts et Adaptation*. Disponible également sur Internet à : www.ouranos.ca/media/publication/34_Rapport_Garneau_sante_2006.pdf.
67. GARRETT, K.A., S.P. DENDY, E.E. FRANK, M.N. ROUSE et S.E. TRAVERS (2006). « Climate change effects on plant disease: genomes to ecosystems », *Annual Review of Phytopathology*, n° 44, p. 489-509.
68. GILLESPIE, D.R., A. NASREEN, C.E. MOFFAT, P. CLARKE et B.D. ROITBERG (2012). « Effects of simulated heat waves on an experimental community of pepper plants, green peach aphids and two parasitoid species », *Oikos*, n° 121(1), p. 149-159.
69. GOUVERNEMENT DU CANADA. *EAU - Données en libre accès*, [en ligne], mise à jour le 13 août 2015. [eau.ec.gc.ca/] (Page consultée en août 2015).
70. GOUVERNEMENT DU CANADA. *Climat - Données en libre accès*, [en ligne], mise à jour le 11 février 2015. [climat.meteo.gc.ca/] (Page consultée en août 2015).
71. GOUVERNEMENT DU CANADA. *Tenue et résistance des trottoirs en béton*, [en ligne], Conseil national de recherches Canada, mise à jour le 20 juin 2002. [www.nrc-cnrc.gc.ca/ctu-sc/fr/ctu_sc_n53] (Page consultée le 9 juillet 2015).
72. GRAND RÉPERTOIRE DU PATRIMOINE BÂTI DE MONTRÉAL. *Base de données sur le patrimoine*, [en ligne], données mises à jour le 20 novembre 2007. [patrimoine.ville.montreal.qc.ca/inventaire/fiche_zone.php?id=1199] (Page consultée en août 2015).
73. GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT (2014). *Changements climatiques 2014: Incidences, adaptation et vulnérabilité – Résumé à l'intention des décideurs*, [en ligne], contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation GIEC [sous la direction de Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea et L.L. White], Organisation météorologique mondiale, Genève (Suisse), 34 p. (publié en anglais, en arabe, en chinois, en espagnol, en français et en russe). [www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_fr.pdf] (Page consultée le 30 juillet 2015).

74. GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, [en ligne], contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC [sous la direction de Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P.M. Midgley], Cambridge University Press, Cambridge (Grande-Bretagne) et New York (États-Unis), 1535 p. [https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/index_fr.shtml].
75. GUIDE DE L'HABITATION. Géographie élémentaire de l'île de Montréal, [en ligne] [www.guidehabitation.ca/blogue/lile-de-montreal-en-bref/] (Page consultée en août 2015).
76. HARRINGTON, R., S.J. CLARK, S.J. WELHAM, P.J. VERRIER, C.H. DENHOLM, M. HULLE, D. MAURICE, M.D. ROUNSEVELL et N. COCU (2007). « Environmental change and the phenology of European aphids », *Global Change Biology*, n° 13(8), p. 1550-1564.
77. HAUER, R.J., J.O. DAWSON et L.P. WERNER (2006). *Trees and Ice Storms: The Development of Ice Storm-Resistant Urban Tree Populations*, deuxième édition, Université de l'Illinois Urbana-Champaign, Illinois, 20 p.
78. HEGLAND, S.J., A. NIELSEN, A. LÁZARO, A.L. BJERKNES et Ø. TOTLAND. (2009). « How does climate warming affect plant-pollinator interactions? », *Ecology Letters*, n° 12 (2), p. 184-195.
79. HERMS, D.A. et D.G. MCCULLOUGH (2014). « Emerald ash borer invasion of North America: history, biology, ecology, impacts, and management », *Annual Review of Entomology*, n° 59, p. 13-30.
80. INGÉNIEURS CANADA (2008). *Adaptation au changement climatique - Première évaluation nationale de la vulnérabilité de l'ingénierie des infrastructures publiques au Canada*, [en ligne], 76 p. [www.pievc.ca/sites/default/files/adapting_to_climate_change_report_final_fr.pdf].
81. INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC. « Îlots de chaleur - Qu'est-ce qu'un îlot de chaleur urbain? », *Mon climat, ma santé*, [en ligne]. [www.monclimatmasante.qc.ca/%C3%AEilots-de-chaleur.aspx] (Page consultée le 23 juillet 2015).
82. INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC. *Médicaments des systèmes cardiovasculaire et rénal et canicules : rapport et recommandations*, [en ligne], 2012, 235 p. [www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1446_MedSystemesCardiovascuRenalCanicules.pdf] (Page consultée le 24 juillet 2015).
83. INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC. *Mesures individuelles et collectives pour prévenir la transmission du Virus du Nil occidental : Éléments pour un plan global d'intervention*, [en ligne], 2005, 84 p. [www.inspq.qc.ca/pdf/publications/403-PlanGlobalInterventionVNO.pdf].
84. INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC. Proposition d'indicateurs aux fins de la vigie et de surveillance des troubles de santé liés aux précipitations hivernales et aux avalanches, [en ligne], Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, juillet 2010, 97 p. [www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1160_PropIndicPrecipitationsHivernales.pdf] (Page consultée en juin 2015).
85. INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC. Proposition d'indicateurs aux fins de la vigie et de surveillance des troubles de santé liés aux précipitations non hivernales, aux inondations, aux glissements de terrain et à la sécheresse, [en ligne], Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, décembre 2010, 103 p. [www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1240_PropoIndicPrecipNonHivernales.pdf].
86. IRLAND, L.C. (2000). « Ice storms and forest impacts », *Science of the Total Environment*, n° 262(3), p. 231-242.
87. JENERETTE, G.D., S.L. HARLAN, W.L. STEFANOV et C.A. MARTIN (2011). « Ecosystem services and urban heat riskscape moderation: water, green spaces, and social inequality in Phoenix, USA », *Ecological Applications*, n° 21(7), p. 2637-2651.
88. JOEHNK, K.D., J.E.F. HUISMAN, J. SHARPLES, B. SOMMEIJER, P.M. VISSER et J.M. STROOM (2008). « Summer heatwaves promote blooms of harmful cyanobacteria », *Global change biology*, n° 14(3), p. 495-512.
89. KENNEY, W.A. et C. IDZIAK (2000). « The state of Canada's municipal forests - 1996 to 1998 », *Forest Chronicle*, n° 76(2), p. 231-234.
90. KREYLING, J. (2010). « Winter climate change: a critical factor for temperate vegetation performance », *Ecology*, n° 91(7), p. 1939-1948.
91. L'ATLAS CANADIEN EN LIGNE. *Écart de température - La où le temps commence*. [www.canadiangeographic.ca/atlas/themes.aspx?id=weather&sub=weather_basics_begins&lang=Fr] (Consulté le 15 juin 2015).

92. LA PRESSE. *Orages violents à Montréal : inondations, voitures coincées et pannes d'électricité*, [en ligne], 29 mai 2012. [www.lapresse.ca/actualites/national/201205/29/01-4529782-orages-violents-a-montreal-inondations-voitures-coincees-et-pannes-delectricite.php] (Page consultée le 21 juillet 2015).
93. LA PRESSE. *Bienvenue à Montréal-les-Bains*, [en ligne], article de Gabriel Béland, mise à jour le 12 juillet 2011. [www.lapresse.ca/actualites/regional/montreal/201107/10/01-4416729-bienvenue-a-montreal-les-bains.php] (Page consultée en octobre 2014)
94. LE DEVOIR. *Nous avons grand besoin d'un « plan vert Coderre »*, [en ligne], article de Sylvia Oljemark, le 19 juin 2014. [www.ledevoir.com/environnement/actualites-sur-l-environnement/411336/nous-avons-grand-besoin-d-un-plan-vert-coderre] (Page consultée en août 2015).
95. LES FERMES LUFA. *Notre histoire*, [en ligne], novembre 2014. [lufa.com/fr/our-story.html] (Page consultée en août 2015).
96. LES PONTS JACQUES CARTIER ET CHAMPLAIN INCORPORÉE. *La Société – Notre réseau*, [en ligne]. [pjcci.ca/ponts-et-structures/pont-jacques-cartier/introduction] (Page consultée en août 2015).
97. LEVI, T., F. KEESING, K. OGGENFUSS et R.S. OSTFELD (2015). « Accelerated phenology of blacklegged ticks under climate warming », *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, n° 370(1665), 20130556.
98. LINDROTH, R.L., K.A. KLEIN, J.D. HEMMING et A.M. FEUKER (1997). « Variation in temperature and dietary nitrogen affect performance of the gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) », *Physiological Entomology*, n° 22(1), p. 55-64.
99. MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC ET AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE CANADA. *Fiche technique - Diagnostic et solutions des problèmes d'érosion des berges de cours d'eau*, mise à jour en août 2008, 14 pp.
100. MATTSON, W.J. et R.A. HAACK (1987). « The role of drought in outbreaks of plant-eating insects », *BioScience*, n° 37 (2), p. 110-118.
101. MCKENNEY, D.W., M.F. HUTCHINSON, J.L. KESTEVEN et L.A. VENIER (2001). « Canada's plant hardiness zones revisited using modern climate interpolation techniques », *Canadian Journal of Plant Science*, n° 81(1), p. 129-143.
102. MEINEKE, E.K., R.R. DUNN, J.O. SEXTON et S.D. FRANK (2013). « Urban warming drives insect pest abundance on street trees », *PLoS one*, n° 8(3), e59687.
103. MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Island Press, Washington, DC, 155 pp. [www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf].
104. MILLIEN, V. (2013). *Effets combinés de la fragmentation de l'habitat et des changements climatiques sur les espèces invasives : micromammifères hôtes et tique vectrice de la bactérie responsable de l'extension de la maladie de Lyme au Québec*, Rapport final présenté à OURANOS.
105. MINISTÈRE DE LA SÉCURITÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC. *Approche et principe en sécurité civile*, [en ligne], mars 2007, 70 p. [www.securitepublique.gouv.qc.ca/fileadmin/Documents/securite_civile/publications/approche_principes/approche_principes.pdf] (Page consultée en juin 2015).
106. MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICE SOCIAUX. *Eaux récréatives*, [en ligne]. [www.msss.gouv.qc.ca/sujets/santepub/environnement/index.php?eaux_recreatives] (Page consultée le 4 juin 2015).
107. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MDDEFP) et le MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES, DES RÉGIONS ET DE L'OCCUPATION DU TERRITOIRE (MAMROT) (2010). *Guide de gestion des eaux*, [en ligne], mise à jour le 14 mars 2014, 386 p. [www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/pluviales/guide.htm] (Page consultée le 15 juillet 2015).
108. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (2015). *Guide d'interprétation, Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*, Direction des politiques de l'eau, 131 p.
109. MONTRÉAL INTERNATIONAL (2013). *Le Grand Montréal. Le pouvoir de vous faire réussir - Facteurs d'attractivité 2013-2014*, 47 p.
110. MUNARI, C. (2011). « Effects of the 2003 European heatwave on the benthic community of a severe transitional ecosystem (Comacchio Saltworks, Italy) », *Marine pollution bulletin*, n° 62 (12), p. 2761-2770.

111. MURDOCH, P.S., J.S. BARON et T.L. MILLER (2000). « Potential effects of climate change on surface-water quality in North America », *Journal of the American Water Resources Association*, n° 36, p. 347-366.
112. MUSOLIN, D. L. (2007). « Insects in a warmer world: ecological, physiological and life-history responses of true bugs (Heteroptera) to climate change », *Global Change Biology*, n° 13(8), p. 1565-1585.
113. NGOM, R. et P. GOSSSELIN (2014). « Development of a remote sensing-based method to map likelihood of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) presence in urban areas », *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, n° 7(1), p. 126-139.
114. NORMANDIN E., N. VERECKEN, C. BUDDLE et V. FOURNIER (En préparation). « Taxonomic and functional diversity of bees in two urban settings », sera soumis à *PeerJ*.
115. NORRIS, R. J., J. MEMMOTT ET D. J. LOVELL (2002). « The effect of rainfall on the survivorship and establishment of a biocontrol agent », *Journal of Applied Ecology*, n° 39(2), p. 226-234.
116. NOWAK, D.J. (1994). « Understanding the structure of urban forests », *Journal of Forestry*, n° 92(10), p. 42-46.
117. OGDEN, N.H., A. MAAROUF, K. BARKERI, M. BIGRAS-POULIN, L.R. LINDSAY, M.G. MORSHED, C.J. O'CALLAGHAN, F. RAMAY, D. WALTNER-TOEWS et D.F. CHARRON (2005) « Climate change and the potential for range expansion of the Lyme disease vector *Ixodes scapularis* in Canada », *International Journal of Parasitology*, n° 36, p. 63-70.
118. ORDÓÑEZ, C. et P.N. DUINKER (2014). « Assessing the vulnerability of urban forests to climate change », *Environmental Reviews*, n° 22(3), p. 311-321.
119. OURANOS (2012). *Analyser la vulnérabilité sociétale et territoriale aux inondations en milieu urbain dans le contexte des changements climatiques, en prenant comme cas d'étude la Ville de Montréal*, [en ligne], rédaction : I. Thomas, N. Bleau, P. Soto Abasolo, G. Desjardin-Dutil, M. Fuamba et S. Kadi, Montréal, 137 p. [https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/RapportThomasBleau2012_FR.pdf].
120. OURANOS (2010). *Élaborer un plan d'adaptation aux changements climatiques, Guide destiné au milieu municipal québécois*, [en ligne], Montréal, Québec, 48 p. [www.mddelcc.gouv.qc.ca/programmes/climat-municipalites/Plan-adaptation.pdf] (Page consultée le 30 juillet 2015).
121. OURANOS (2010). *Savoir s'adapter aux changements climatiques*, [en ligne], rédaction : C. DesJarlais, M. Allard, D. Bélanger, A. Blondlot, A. Bouffard, A. Bourque, D. Chaumont, P. Gosselin, D. Houle, C. Larrivée, N. Lease, A.T. Pham, R. Roy, J.-P. Savard, R. Turcotte et C. Villeneuve, Montréal, 128 p. [www.ouranos.ca/fr/pdf/53_sccc_21_06_lr.pdf] (Page consultée le 20 juillet 2015).
122. OURANOS. *Vers l'adaptation - Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*, Montréal, Québec, [en ligne], édition 2014. [www.ouranos.ca/fr/synthese2014/] (Page consultée le 15 juin 2015).
123. PAERL, H.W., N.S. HALL et E.S.CALANDRINO (2011). « Controlling harmful cyanobacterial blooms in a world experiencing anthropogenic and climatic-induced change », *Science of the Total Environment*, n° 409, p. 1739-1745.
124. PATTERSON, D.T., J.K. WESTBROOK, R.J.V. JOYCE, P.D. LINGREN et J. ROGASIK (1999). « Weeds, insects, and diseases », *Climatic change*, n° 43(4), p. 711-727.
125. PINEL-ALLOUL, B., I. MARINESCU, E.A. MIMOUNI, M. ROBERT et D. KUFNER (2015). *Diversité biologique et typologie écologique des étangs et petits lacs de la Ville de Montréal*. Présentation faite le 19 mars 2015 dans le cadre de la journée « Villes et biodiversité : antagonisme ou synergie? » du Centre de la Science de la Biodiversité du Québec (CSBQ). [qcbq.ca/wpcontent/uploads/2015/03/Pinel_Alloul.pdf].
126. PORTER, J.H., M.L. PARRY et T.R. CARTER. (1991). « The potential effects of climatic change on agricultural insect pests », *Agricultural and Forest Meteorology*, n° 57(1), p. 221-240.
127. RADIO-CANADA. « C'est arrivé le 14 juillet 1987 », *Archives de Radio-Canada*, [en ligne]. [archives.radio-canada.ca/c_est_arrive_le/07/14/] (Page consultée le 15 juillet 2015).
128. RADIO CANADA. *Richesse à Westmount, pauvreté à Hochelaga? Les inégalités en cartes*, [en ligne], mise à jour le jeudi 30 octobre 2014. [ici.radio-canada.ca/regions/montreal/2014/10/30/003-cartes-stereotypes-revenu-richesse-pauvrete-riches-pauvres-est-ouest.shtml] (Page consultée en août 2015).

129. RENNENBERG, H., F. LORETO, A. POLLE, F. BRILLI, S. FARES, R.S. BENIWAL et A. GESSLER (2006). « Physiological responses of forest trees to heat and drought », *Plant Biology*, n° 8 (5), p. 556-571.
130. RESSLER, G.M., S.M. MILRAD, E.H. ATALLAH et J.R. GYAKUM (2012). « Synoptic-Scale Analysis of Freezing Rain Events in Montreal, Quebec, Canada », *Weather and Forecasting*, vol. 27, p. 362-378.
131. RESSOURCES NATURELLES CANADA. *Chapitre 1 : Une introduction à l'adaptation aux changements climatiques*, [en ligne], mise à jour le 14 novembre 2014. [www.mcan.gc.ca/environnement/ressources/publications/impacts-adaptation/rapports/municipalites/10082] (Page consultée le 31 août 2015).
132. RHOADS, A.G., S.P. HAMBURG, T.J. FAHEY, T.G. SICCAM, E.N. HANE, J. BATTLES, C. CHARLES, J. RANDALL et G. WILSON (2002). « Effects of an intense ice storm on the structure of a northern hardwood forest », *Canadian Journal of Forest Research*, n° 32(10), p. 1763-1775.
133. RIGBY, J.R. et A. PORPORATO (2008). « Spring frost risk in a changing climate », *Geophysical Research Letters*, n° 35(12).
134. ROUAULT, G., J.H. CANDAU, F. LIEUTIER, L.M. NAGELEISEN, J.C. MARTIN et N. WARZÉE (2006). « Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe », *Annals of Forest Science*, n° 63 (6), p. 613-624.
135. ROUX, O., C. LE LANN, J.J.M. VAN ALPHEN et J. VAN BAAREN (2010). « How does heat shock affect the life history traits of adults and progeny of the aphid parasitoid *Aphidius avenae* (Hymenoptera: Aphidiidae)? », *Bulletin of entomological research*, n° 100(05), p. 543-549.
136. SÉCURITÉ PUBLIQUE CANADA. *Base de données canadiennes sur les catastrophes*, [en ligne], mise à jour le 30 juillet 2014. [www.securitepublique.gc.ca/cnt/rsrscs/cndn-dsstr-dtbs/index-fra.aspx] (Page consultée le 19 juin 2015).
137. SHOO, L.P., D.H. OLSON, S.K. MCMENAMIN, K.A. MURRAY, M. VAN SLUYS, M.A. DONNELLY... et J.M. HERO, (2011). « Engineering a future for amphibians under climate change », *Journal of Applied Ecology*, n° 48(2), p. 487-492.
138. SIMON, J.A., R.R. MARROTTE, N. DESROSIERS, J. FISET, J. GAITAN, A. GONZALEZ, J.K. KOFFI, F.-J. LAPOINTE, P.A. LEIGHTON, L.R. LINDSAY, T. LOGAN, F. MILORD, N.H. OGDEN, A. ROGIC, E. ROY-DUFRESNE, D. SUTER, N. TESSIER et V. MILLIEN (2014). « Climate change and habitat fragmentation drive the occurrence of *B. burgdorferi*, the agent of Lyme disease, at the northern limit of its distribution », *Evolutionary Applications*, n° 7, p. 750-764.
139. SMARGIASSI, A., R. NGOM et P. GOSSELIN (2013). *Développement, implantation et évaluation d'une intervention pour le contrôle du pollen de l'herbe à poux*, Rapport OURANOS, juillet 2013.
140. SMITH, W.H. (2000). « Ice and forest health », *Northern Journal of Applied Forestry*, n° 17, p. 16-19.
141. STATISTIQUE CANADA. « Recensement de 2011 », *Thèmes et dates de diffusion du recensement*, [en ligne], mise à jour le 29 avril 2015. [www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/rt-td/index-fra.cfm] (Page consultée en août 2015).
142. THACKER, J.I, T. THIEME ET A.F.G. DIXON (1997). « Forecasting of periodic fluctuations in annual abundance of the bean aphid: the role of density dependence and weather », *Journal of Applied Entomology*, n° 121, p. 137-145.
143. TOBIN, P. C., S. NAGARKATTI, G. LOEB et M.C. SAUNDERS (2008). « Historical and projected interactions between climate change and insect voltinism in a multivoltine species », *Global Change Biology*, n° 14(5), p. 951-957.
144. TOURISME MONTRÉAL. *Montréal est... 2015*, [en ligne], mise à jour février 2015, 54 p. [www.octgm.com/toolkit/fr/statistiques/06-montreal-est-fr.pdf] (Page consultée en août 2015).
145. UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE. « Sécheresse à Montréal en août 1957 », Bilan du siècle - une base intégrée d'informations sur le Québec, [en ligne]. [bilan.usherbrooke.ca/bilan/pages/evenements/1238.html] (Page consultée le 8 mai 2015).
146. VAN VLIET, M.T.H. et J.J.G. ZWOLSMAN (2008). « Impact of summer droughts on the water quality of the Meuse river », *Journal of Hydrology*, n° 353(1), p. 1-17.
147. VEGIS, A. (1964). « Dormancy in higher plants », *Annual Review of Plant Physiology*, n° 15, p. 185-224.

148. VIERGUTZ, C., M. KATHOL, H. NORF, H. ARNDT et M. WEITERE (2007). « Control of microbial communities by the macrofauna: a sensitive interaction in the context of extreme summer temperatures? », *Oecologia*, n° 151(1), p. 115-124.
149. VILLE DE CHÂTEAUGUAY. *Eau jaunâtre - L'eau est demeurée potable malgré son apparence*, [en ligne], mise à jour le 7 mai 2015. [www.ville.chateauguay.qc.ca/eau-jaunatre] (Page consultée le 10 juin 2015).
150. VILLE DE MONTRÉAL. *Âge*, [en ligne], publication de Montréal en statistiques, Service de la mise en valeur du territoire. [ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=6897,67855597&_dad=portal&_schema=PORTAL] (Page consultée en août 2015).
151. VILLE DE MONTRÉAL. *Annuaire statistique - Agglomération de Montréal - Recensement de 2011*, [en ligne], publication de Montréal en statistiques, Service de la mise en valeur du territoire, mai 2014. [ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/MTL_STATS_FR/MEDIA/DOCUMENTS/ANNUAIRE%20STATISTIQUE_2011_RECENSEMENT%20ET%20ENM.PDF] (Page consultée en août 2015).
152. VILLE DE MONTRÉAL. *Assemblée publique sur la révision du réseau artériel de Montréal - Commission permanente du conseil municipal sur le transport, la gestion des infrastructures et l'environnement*, [en ligne], présentation de François Niro, Urb., conseiller en planification, Service des infrastructures, du transport et de l'environnement, 46 p. [ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/COMMISSIONS_PERM_V2_FR/MEDIA/DOCUMENTS/DOCCONSULT_PRESENTATION_2006.PDF] (Page consultée en août 2015).
153. VILLE DE MONTRÉAL. *Cartes et autres plans des grands parcs*, [en ligne], publication de la Direction des grands parcs et du verdissement. [ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=7377,123235660&_dad=portal&_schema=PORTAL] (Page consultée le 18 août 2015).
154. VILLE DE MONTRÉAL. *Crue des eaux*, [en ligne], Centre de sécurité civile de Montréal. [ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=7637,82391659&_dad=portal&_schema=PORTAL] (Page consultée le 12 juin 2015).
155. VILLE DE MONTRÉAL (2008). *Dépliant – L'arbre urbain*, [en ligne], publication du Service du développement culturel, de la qualité du milieu de vie et de la diversité ethnoculturelle avec la collaboration des arrondissements de la Ville de Montréal. [ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/grands_parcs_fr/media/documents/depliant_arbre_urbain.pdf] (Page consultée en août 2015).
156. VILLE DE MONTRÉAL. (2015). *Évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques du réseau de drainage unitaire de Montréal*, [en ligne], publication du Service de l'eau. [pievc.ca/sites/default/files/montreal_stormwater_july_2015.pdf].
157. VILLE DE MONTRÉAL. *Langues*, [en ligne], publication de Montréal en statistiques, Service de la mise en valeur du territoire. [ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=6897,67887637&_dad=portal&_schema=PORTAL] (Page consultée le 21 août 2015).
158. VILLE DE MONTRÉAL. *La pauvreté à Montréal*, [en ligne], publication du Développement social et diversité. [ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=8258,90427808&_dad=portal&_schema=PORTAL] (Page consultée en août 2015).
159. VILLE DE MONTRÉAL. *Le plan d'action municipal pour les aînés 2013-2015*, [en ligne], publication de la Direction de la diversité sociale. [ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/d_social_fr/media/documents/Plan_action_municipal_aines_2013_2015.pdf] (Page consultée en août 2015).
160. VILLE DE MONTRÉAL. *Ponts – Trafic*, [en ligne], publication de Montréal en statistiques, Service de la mise en valeur du territoire. [ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=6897,82999578&_dad=portal&_schema=PORTAL] (Page consultée en août 2015).
161. VILLE DE MONTRÉAL. *Population et démographie*, [en ligne], publication de Montréal en statistiques, Service de la mise en valeur du territoire, 26 juillet 2013. [ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/MTL_STATS_FR/MEDIA/DOCUMENTS/POPULATION%20ET%20D%20C9MOGRAPHIE_IMMIGRATION_ARRONDISSEMENTS.PDF] (Page consultée le 31 août 2015).
162. VILLE DE MONTRÉAL. « Pourcentage du territoire en espaces verts », *Rapport du développement durable*, [en ligne]. [rapportdd.ville.montreal.qc.ca/verdissement.php#verdissement-3] (Page consultée en août 2015).

ANNEXE D : MATRICE D'ÉVALUATION DES IMPACTS

IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES		AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES MOYENNES		PLUIES ABONDANTES	VAGUES DE CHALEUR	TEMPÊTES DESTRUCTRICES	SÉCHERESSES	CRUES
		EXTENSION DE LA SAISON ESTIVALE	RÉDUCTION DE LA SAISON HIVERNALE ET AUGMENTATION DES ÉPISODES DE GEL-DÉGEL					
<p> ■ Négligeable ■ Mineure ■ Moyenne ■ Majeure ▨ Somme des sous-sections </p>								
1. SANTÉ	1.1 Augmentation de la prévalence des problèmes de santé causés par la pollution atmosphérique	2,50	▨	▨	1,75	▨	3	▨
	1.1.1 Le smog et les particules fines	2,00	-	-	2,50	-	3,00	-
	1.1.2 Les pollens	3,00	-	-	1,00	-	3,00	-
	1.2 Augmentation de la prévalence des problèmes de santé causés par l'accroissement de la présence de moisissures	-	2,00	2,00	-	-	-	2,50
	1.3 Augmentation de la prévalence d'épidémies de maladies d'origine hydrique par contamination des eaux de baignade	-	-	1,00	1,00	-	1,00	-
	1.4 Augmentation de la prévalence d'épidémies de maladies gastro-intestinales d'origine hydrique par refoulement d'égouts et inondations	-	-	1,00	-	-	-	1,00
	1.5 Augmentation de la prévalence des problèmes de santé causés par l'augmentation de l'exposition aux rayons UV	1,00	-	-	-	-	-	-
	1.6 Augmentation de la prévalence des maladies à transmission vectorielle et zoonoses	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-
	1.7 Augmentation de la prévalence des problèmes de santé liés au déséquilibre de la température corporelle (hyperthermie et hypothermie)	-	-	-	3,00	0,00	-	-
	1.8 Augmentation de la prévalence des traumatismes psychologiques	-	-	2,00	-	1,50	-	1,50
	1.9 Augmentation des problèmes de santé causés par la limitation des déplacements	-	-	0,00	3,00	3,00	-	0,50
	Sous-Total	1,50	1,50	1,17	2,19	1,50	2,00	1,38
2. DÉPENSES POUR LES PARTICULIERS	2.1 Augmentation des primes d'assurance et réduction des couvertures	-	-	3,00	-	1,00	-	1,00
	2.2 Pertes économiques personnelles			1,08	1,50	1,83		0,78
	2.2.1 Absentéisme	-	-	0,50	1,50	1,25	-	0,50
	2.2.2 Cessation temporaire d'emploi	-	-	0,75	1,50	1,25	-	0,50
	2.2.3 Limitation des déplacements	-	-	2,00	-	3,00	-	1,33
	2.3 Coûts reliés à la destruction de biens	-	-	1,75	-	3,00	2,00	1,67
		Sous-Total			1,94	1,50	1,94	2,00

IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES		AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES MOYENNES		PLUIES ABONDANTES	VAGUES DE CHALEUR	TEMPÊTES DESTRUCTRICES	SÈCHESSES	CRUES
		EXTENSION DE LA SAISON ESTIVALE	RÉDUCTION DE LA SAISON HIVERNALE ET AUGMENTATION DES ÉPISODES DE GEL-DÉGEL					
 Négligeable Mineure Moyenne Majeure Somme des sous-sections								
3. DÉSAGRÈMENTS ET ACCIDENTS	3.1 Augmentation des accidents routiers		0,38	0,60		1,45		0,50
	3.1.1 Corporels légers et matériels seulement	-	0,50	0,80	-	1,40	-	0,50
	3.1.2 Corporels graves (blessures) et mortels	-	0,25	0,40	-	1,50	-	0,50
	3.2 Inconvénients reliés à la mobilité routière	-	-	1,60	1,00	2,50	-	0,80
	3.3 Accidents autres que routiers			1,00		1,58		0,80
	3.3.1 Noyades, électrocution	-	-	1,00	-	-	-	0,80
	3.3.2 Blessures dues à des chutes	-	-	-	-	1,60	-	-
	3.3.3 Problèmes cardiaques liés au pelletage de neige	-	-	-	-	1,00	-	-
	3.3.4 Blessures dues à l'effondrement de structures ainsi qu'à la chute d'arbres ou de débris	-	-	-	-	2,13	-	-
	3.4 Augmentation du taux de mortalité			0,33	1,50	1,50		1,50
	3.4.1 Prématurée	-	-	-	3,00	3,00	-	-
	3.4.2 Non prématurée	-	-	0,33	0,00	0,00	-	1,50
	3.5 Désagréments et accidents dus aux pannes d'électricité				2,00	1,89		
	3.5.1 Empoisonnements alimentaires	-	-	-	2,00	2,00	-	-
	3.5.2 Arrêt d'équipements médicaux à domicile	-	-	-	-	1,67	-	-
	3.5.3 Intoxications au monoxyde de carbone	-	-	-	-	2,00	-	-
	3.6 Désagréments liés à l'interruption des services de commodités autre que l'électricité			3,00		2,50		3,00
	3.6.1 Commodités souterraines	-	-	3,00	-	-	-	3,00
3.6.2 Commodités aériennes	-	-	-	-	2,50	-	-	
	Sous-Total		0,38	1,31	1,50	1,90		1,32

IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT BÂTI

■ Négligeable	■ Mineure	■ Moyenne
■ Majeure	▨ Somme des sous-sections	

AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES MOYENNES

	AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES MOYENNES		PLUIES ABONDANTES	VAGUES DE CHALEUR	TEMPÊTES DESTRUCTRICES	SÈCHESSES	CRUES
	EXTENSION DE LA SAISON ESTIVALE	RÉDUCTION DE LA SAISON HIVERNALE ET AUGMENTATION DES ÉPISODES DE GEL-DÉGEL					
4.1 Dommages au réseau routier et structures connexes	▨	1,48	1,04	0,99	1,25	1,25	1,24
4.1.1 Routes	▨	1,98	1,29	0,99	0,64	0,49	1,97
4.1.1.1 Artères	-	2,29	1,43	1,17	0,71	0,57	2,30
4.1.1.2 Routes urbaines locales	-	2,14	1,29	1,00	0,71	0,57	2,10
4.1.1.3 Autoroutes	-	1,50	1,17	0,80	0,50	0,33	1,50
4.1.2 Ponts	-	1,50	0,60	-	1,00		1,33
4.1.3 Ponceaux	-	1,00	2,00	-	0,20		1,00
4.1.4 Poteaux électriques et téléphoniques	-	-	-	-	2,67		-
4.1.5 Feux de circulation	-	-	-	-	2,43		-
4.1.6 Trottoirs	-	1,43	0,29	-	0,57	2,00	0,67
4.2 Expansion/contraction thermique des rails	-	1,50	-	2,00	-		-
4.3 Dommages aux réseaux de commodités	▨	▨	1,50	▨	2,67	▨	0,67
4.3.1 Commodités souterraines	-	-	1,50	-	-	-	0,67
4.3.2 Commodités aériennes	-	-	-	-	2,67	-	-
4.4 Dommages au réseau d'infrastructures hydriques	▨	0,58	2,05	▨	1,00	0,33	1,07
4.4.1 Réseau d'aqueduc - Distribution de l'eau potable	▨	0,51	▨	▨		0,35	
4.4.1.1 Réservoirs	-	0,50	-	-	-	0,67	-
4.4.1.2 Conduites et vannes	-	0,71	-	-	-	0,14	-
4.4.1.3 Stations de pompage	-	0,50	-	-	-	0,33	-
4.4.1.4 Postes de chloration	-	0,33	-	-	-	0,25	-
4.4.2 Réseau d'égouts - Collecte des eaux usées	▨	0,65	2,05	▨	1,00	0,32	1,07
4.4.2.1 Bassins de rétention	-	0,57	2,00	-	-	0,29	0,88
4.4.2.2 Conduites pluviales	-	0,86	2,44	-	-	0,36	1,50
4.4.2.3 Conduites sanitaires	-	0,57	1,13	-	-	0,21	0,29
4.4.2.4 Conduites combinées	-	0,86	2,38	-	-	0,58	1,38
4.4.2.5 Stations de pompage	-	0,40	2,29	-	1,00	0,17	1,33
Sous-Total		1,19	1,53	1,49	1,64	0,79	0,99

4. INFRASTRUCTURES PUBLIQUES

IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT BÂTI		AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES MOYENNES		PLUIES ABONDANTES	VAGUES DE CHALEUR	TEMPÊTES DESTRUCTRICES	SÈCHESSES	CRUES
		EXTENSION DE LA SAISON ESTIVALE	RÉDUCTION DE LA SAISON HIVERNALE ET AUGMENTATION DES ÉPISODES DE GEL-DÉGEL					
■ Négligeable ■ Mineure ■ Moyenne ■ Majeure /// Somme des sous-sections								
5. INFRASTRUCTURES RÉSIDENNELLES - ICI	5.1 Endommagement des maisons ou immeubles	///	1,17	1,84	///	2,00	1,31	1,26
	<i>5.1.1 des infrastructures par :</i>	///	1,00	2,17	///	///	1,31	1,43
	5.1.1.1 l'assèchement des sols argileux	///	///	///	///	///	1,31	///
	5.1.1.2 le glissement de terrain	///	1,00	2,17	///	///	///	1,43
	<i>5.1.2 des fondations et sous-sols aménagés par :</i>	///	0,83	2,34	///	///	///	1,08
	5.1.2.1 inondations	///	1,13	2,29	///	///	///	1,50
	5.1.2.2 refoulement d'égouts	///	0,38	2,57	///	///	///	0,88
	5.1.2.3 infiltrations d'eau	///	1,00	2,17	///	///	///	0,88
	5.1.3 de l'enveloppe par fissuration et dégradation	///	1,33	///	///	///	///	///
	5.1.4 de l'enveloppe et de la toiture par bris, soulèvement ou arrachement de certaines composantes	///	///	///	///	2,00	///	///
	5.1.5 des stationnements et allées (asphalte, béton, pavés) par la corrosion (surtout l'utilisation de sels de déglçage)	///	1,50	1,00	///	///	///	///
	5.1.6 de la toiture par fatigue, abrasion ou rupture de la membrane et du scellant	///	1,33	///	///	///	///	///
	5.1.7 de la structure de la toiture pour l'intensification des charges	///	1,00	///	///	2,00	///	///
	5.2 Endommagement des infrastructures autres que maisons et immeubles (cabanons, bassins, ponceaux, etc.)	///	0,33	0,33	///	0,50	0,25	0,67
	5.3 Endommagement des infrastructures par accidents de matières dangereuses	///	///	2,00	///	2,00	///	2,00
Sous-Total	///	0,75	1,39	///	1,50	0,78	1,31	

Ce document est une réalisation du
Service de l'environnement sous la supervision
de Roger Lachance, directeur du Service de l'environnement.

COMMUNICATION

Service des communications, Ville de Montréal

PRODUCTION GRAPHIQUE

Service de l'environnement, Ville de Montréal

2^e trimestre 2017

ISBN 978-2-922388-74-9 (PDF)

ISBN 978-2-922388-77-0 (imprimé)

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2017

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives Canada, 2017



