



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

VERSION SYNTHÈSE



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

3^e trimestre 2015

ISBN 978-2-922388-66-4 (PDF)

ISBN 978-2-922388-67-1 (imprimé)

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2015

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives Canada, 2015



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.

Denis Coderre
Maire de Montréal et 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

MONTRÉAL S'ADAPTE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les dernières décennies ont été marquantes du point de vue climatique. On ne compte plus le nombre d'événements météorologiques extrêmes à l'échelle planétaire et les impacts qu'ils ont générés. Les modifications du climat et leur amplification sont attestées par la communauté scientifique, dont le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

Ce climat changeant se fait déjà sentir sur l'agglomération montréalaise. On n'a qu'à penser aux vagues de chaleur enregistrées depuis quelques années, aux inondations ou encore aux pluies verglaçantes qui causent de nombreux dégâts matériels et financiers en plus de perturber les activités de la population.

L'agglomération de Montréal compose donc déjà avec des changements qui touchent 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.

Deux types d'actions conjointes sont possibles face à ces changements climatiques : l'atténuation (appelée aussi réduction) et l'adaptation. L'**atténuation** consiste à réduire l'intensité de ces changements en diminuant les émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique. La Ville de Montréal a, à ce titre, élaboré un *Plan de réduction des émissions de gaz à effet de serre de la collectivité montréalaise 2013-2020*. L'**adaptation** consiste, pour sa part, à évaluer les effets des changements climatiques sur l'agglomération et à mettre en place les mesures nécessaires pour en minimiser les impacts. Les mesures d'adaptation permettent de rendre l'agglomération plus **résiliente** aux changements climatiques, c'est-à-dire capable de réagir et de se réorganiser tout en conservant ses fonctions essentielles et son identité.

Ce premier plan d'adaptation aux changements climatiques, fruit d'une collaboration entre les services municipaux, les administrations locales et le Service de l'environnement, constitue le point de départ d'une démarche itérative qui sera bonifiée au fil des années, au fur et à mesure que des données sur le climat changeant et les risques inhérents s'accumuleront et que l'efficacité des actions déployées sera démontrée.



Crédit : © Denis Labine, Ville de Montréal

ADAPTATION ET RÉSILIENCE

L'**adaptation** aux changements climatiques est un processus en vertu duquel les communautés et les écosystèmes s'ajustent afin de limiter les conséquences négatives et de profiter des bénéfices potentiels du climat changeant.

La **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.*

* Note : La définition est traduite de l'anglais « *is the capacity of a community's economic, social, political and physical infrastructure systems to absorb shocks and stresses and still retain their basic function and structure* ». (Source : Craig Applegath, www.resilientcity.org)

OBJECTIFS DU PLAN

Le plan d'adaptation est construit de façon à répondre à trois objectifs spécifiques, soit de :

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. 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 de l'information pertinente sur les vulnérabilités associées aux changements climatiques pour toutes les municipalités de l'agglomération*

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

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, soit 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 présente dans un premier volume un diagnostic des défis d'adaptation auxquels l'agglomération de Montréal est confrontée. On y présente l'analyse de vulnérabilité de l'agglomération face à six aléas climatiques :

- l'augmentation des températures moyennes,
- les pluies abondantes,
- les vagues de chaleur,
- les tempêtes destructrices,
- les sécheresses et
- les crues.

Pour chacun de ces aléas, une description des observations météorologiques et des projections climatiques est présentée. Vient ensuite une revue des impacts de l'aléa sur l'environnement bâti, la population, le milieu naturel et les activités municipales. Enfin, une analyse de la vulnérabilité de l'agglomération de Montréal est présentée, sous forme de carte lorsque possible.

Le second volume est consacré entièrement aux mesures d'adaptation. Il présente les actions à consolider ou à développer et les engagements pris par les différentes entités qui composent l'agglomération montréalaise.



Crédit : © Denis Labine, Ville de Montréal

TERRITOIRE VISÉ PAR LE PLAN

Située au confluent du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais, l'île de Montréal mesure environ 50 km de long et 16 km à son point le plus large. Ceinturée par la rivière des Prairies, le fleuve Saint-Laurent et le lac Saint-Louis, elle possède 266,6 km de berges et couvre une superficie de 483 km² (499 km² en comptant les petites îles avoisinantes).

Ce territoire regroupe 16 municipalités formant l'agglomération de Montréal, laquelle est constituée de 15 villes liées et de la Ville de Montréal (subdivisée en 19 arrondissements). Il compte près de 2 millions d'habitants, soit 24 % de la population du Québec².

L'agglomération montréalaise est composée de grands parcs, d'écoterritoires et d'espaces protégés qui couvrent 21,3 % du territoire¹. Ces milieux de verdure se situent pour la plupart aux extrémités de l'île 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. On compte près de 1,2 million d'arbres sur le domaine public³.

L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL EN QUELQUES CHIFFRES

90 %	du territoire est urbanisé
1,9 million	de personnes habitaient sur l'île de Montréal en 2011
3 780	personnes au kilomètre carré (2011) ^{4, 5}
45 %	de la population se concentre dans le centre de l'île
10 %	de la population habite les extrémités de l'île
15 %	de la population a entre 0 et 14 ans
16 %	de la population totale est âgée de 65 ans et plus
33 %	de la population est immigrante, soit 1 résident sur 3 ⁴
3 %	de la population ne connaît ni le français ni l'anglais
39 %	des ménages sont composés d'une seule personne ²
42 %	du parc de logements a été construit avant 1961
6 200 km	de rues et d'artères
18	ponts permettant d'accéder à l'île
68	stations de métro sur 4 lignes s'étendant sur 71 km
5	lignes de train de banlieue

AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL



PROJECTIONS CLIMATIQUES

Les projections climatiques sur lesquelles le plan d'adaptation aux changements climatiques de l'agglomération de Montréal s'est appuyé proviennent d'Ouranos. Elles ont été réalisées pour la région du sud du Québec, incluant Montréal. Une analyse historique a également été réalisée sur les observations météorologiques et hydrologiques à Montréal au cours des dernières décennies. Ces tendances historiques pour Montréal sont en accord avec les projections climatiques pour l'ensemble du sud du Québec, ce qui rend l'utilisation de ces projections pertinente.

Ouranos est un consortium de recherche et développement qui intègre plus de 450 scientifiques et professionnels œuvrant en climatologie régionale et en adaptation aux changements climatiques.

Pour les **températures**, les projections indiquent une augmentation d'environ 2 à 4 °C pour la période 2041-2070 et de 4 à 7 °C pour la période 2071-2100. De plus, la longueur de la saison de croissance des végétaux, qui a déjà augmenté ces dernières décennies, devrait s'allonger encore davantage soit de 10 à 30 jours d'ici 2050 selon le scénario d'émission choisi. Par ailleurs, 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 45 à 65 jours comparativement à la période historique de 1970-1999. Les projections les plus extrêmes laissent même entrevoir la possibilité d'avoir un couvert de neige dont la présence serait inférieure à 20 jours. Enfin, les projections climatiques indiquent que le nombre d'épisodes de gel-dégel devrait augmenter en hiver, mais diminuer à l'automne et au printemps d'ici 2050.

La tendance observée quant à une augmentation des **précipitations**, et en particulier des pluies abondantes, se confirme dans les projections climatiques. D'ici 2050, les précipitations annuelles devraient augmenter de 3 à 14 % avec une accentuation plus importante des pluies en hiver (+2 à +27 %) et au printemps (+3 à +18 %). On s'attend également 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. Par ailleurs, 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.



Crédit : © Yves Provencher, Journal Métro




Comme pour le reste du globe, les modèles climatiques prévoient de fortes augmentations de la durée des **vagues de chaleur** ainsi que de la fréquence des nuits chaudes (température minimale > 20 °C). Selon ces mêmes projections, les températures extrêmes maximales en été augmenteront plus que les températures moyennes estivales. Ceci augure donc des épisodes de vagues de chaleur plus longs et plus intenses au cours des décennies à venir.

Du côté des **tempêtes destructrices** (pluie verglaçante, neige abondante, grêle et vent), les projections climatiques présentent de grandes incertitudes. Malgré les imprécisions sur le devenir des tempêtes destructrices à Montréal, les tendances déjà observées et les impacts considérables qui y sont associés nécessitent une réflexion et des mesures adaptées pour que l'agglomération se prépare à mieux y faire face dans le futur.

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). 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.

Pour la rivière des Prairies, une étude récente a simulé le débit journalier moyen en 2042-2070. On constate que la **crue** printanière devrait se décaler encore plus tôt dans l'année que pendant la période historique (1972-2000). Selon une étude d'Ouranos, les niveaux du Saint-Laurent devraient, quant à eux, être réduits dans le secteur de Montréal d'un maximum de 20 cm à 120 cm à l'horizon 2050. En bref, on peut s'attendre à un décalage des crues printanières de la rivière des Prairies toujours plus tôt dans l'année. En revanche, il n'est pas clair que l'intensité des futures crues sera plus importante que dans le passé. Les modèles hydrologiques n'ont pas encore la capacité de tenir compte du frasil, ce qui limite présentement leur pouvoir prédictif sur ce type de crue.

ÉVOLUTION CLIMATIQUE SELON LES DIFFÉRENTS ALÉAS*

 <p>AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES MOYENNES</p>	<p>Extension de la saison estivale</p> <ul style="list-style-type: none"> ↘ périodes de gel et d'enneigement ↗ nombre d'épisodes de gel-dégel
 <p>PLUIES ABONDANTES</p>	<ul style="list-style-type: none"> ↗ fréquence et intensité
 <p>VAGUES DE CHALEUR</p>	<ul style="list-style-type: none"> ↗ fréquence et durée
 <p>TEMPÊTES DESTRUCTRICES</p>	<ul style="list-style-type: none"> ↗ fréquence des épisodes de neige abondante ↗ fréquence des pluies verglaçantes
 <p>SÉCHERESSES</p>	<ul style="list-style-type: none"> ↗ durée pendant la saison estivale
 <p>CRUES</p>	<ul style="list-style-type: none"> ↗ décalage des crues printanières plus tôt dans l'année

* Les résultats de ce tableau sont basés à la fois sur les observations météorologiques et hydrologiques à Montréal et sur les projections futures réalisées pour le sud du Québec. Seul l'aléa « Tempêtes destructrices » fait exception en ne présentant ici que l'analyse des observations météorologiques à Montréal.



AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES MOYENNES

Sur le territoire de l'agglomération de Montréal, on a pu observer une nette tendance à la hausse des températures (environ 1 °C) entre les décennies 1970-1980 et 2000-2010, soit la même tendance que celle observée pour le reste du Québec.

L'augmentation des températures moyennes a une incidence sur toutes les saisons. Elle provoque notamment une extension de la saison estivale et une réduction de la saison hivernale, lesquelles se répercutent sur plusieurs paramètres liés au climat. Par exemple, entre les périodes 1955-1984 et 1985-2014, on a constaté :

- une augmentation de la durée de croissance des végétaux de neuf jours;
- une réduction de la période de gel de cinq jours;
- une réduction marquée de la durée de la période d'enneigement passant de 103 jours en moyenne à 73 jours.

Enfin, on a noté une augmentation de 29 % des épisodes de gel-dégel au fil des hivers entre 1942 et 2015.



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

IMPACTS

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. L'augmentation du nombre de cycles gel-dégel entraîne la dégradation accélérée des artères du réseau montréalais et l'apparition accrue de nids-de-poule. Elle contribue également à la dégradation accélérée de certains ponts, tunnels et viaducs.

L'augmentation des températures moyennes a également des impacts sur l'environnement. Les insectes, dont le métabolisme dépend directement des conditions climatiques, sont extrêmement influencés par la température. Ces changements peuvent engendrer une augmentation du taux de croissance de certains insectes ravageurs et multiplier le nombre de générations par saison. Le climat changeant pourrait modifier l'aire géographique de distribution des insectes. Il pourrait également entraîner une augmentation de la fréquence des infestations et de la sévérité des dommages causés par les insectes ravageurs aux végétaux.

Par ailleurs, une augmentation de quelques degrés peut être suffisante pour engendrer des changements drastiques dans la biologie des végétaux. Elle implique déjà pour Montréal un changement de zone de rusticité des plantes. Le territoire est passé d'une zone 5B à une zone 6, ce qui implique des changements dans l'aire de distribution des espèces et pourrait favoriser l'apparition de certaines espèces végétales indésirables.

Les zones de rusticité pour le Québec sont déterminées à partir de données canadiennes telles que les températures hivernales minimales, la durée de la période sans gel, les précipitations estivales, les températures maximales, de l'enneigement, les pluies de janvier et les vitesses maximales des vents.⁶



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

Les pathogènes (champignons, bactéries, virus et nématodes) qui peuvent causer des infections chez les plantes, subissent aussi les impacts de la hausse des températures. L'augmentation des températures moyennes hivernales pourrait permettre la survie d'un plus grand nombre d'agents pathogènes et, ce faisant, l'expansion de leur aire de distribution. Des espèces pathogènes qui ne survivent pas dans les conditions climatiques actuelles pourraient éventuellement s'attaquer aux plantes de notre région.

L'augmentation des températures moyennes estivales permet un allongement de la saison de production du pollen. Cette situation est particulièrement préoccupante 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.^{7,8}

Cet allongement de la saison pollinique occasionne à son tour des problèmes grandissants de santé chez les personnes sensibles aux allergènes.

On appréhende également 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.

L'augmentation de la température moyenne hivernale et de la fréquence des épisodes de gel-dégel a d'importants impacts sur les opérations des villes de l'agglomération. De manière générale, elle entraîne une augmentation des coûts en raison d'un besoin en main-d'œuvre plus élevé et d'une consommation accrue de ressources (p. ex. besoin d'abrasifs lors des opérations d'épandage).

La hausse des températures ayant pour effet de prolonger la saison estivale apporte pour sa part quelques impacts positifs tels que l'augmentation du nombre de jours offrant de bonnes conditions pour des travaux extérieurs ou encore un allongement de la période d'ouverture des réseaux cyclables.

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] (Consulté 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] (Consulté le 25 mai 2015).

VULNÉRABILITÉ À L'AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES MOYENNES

La vulnérabilité de l'agglomération de Montréal face à la hausse des températures moyennes peut difficilement être cartographiée. En effet, il n'y a pas de zones particulières qui seront plus touchées que d'autres par cet aléa. Il faut donc considérer que c'est tout le territoire qui est visé et qui sera impacté par ces changements.

Certains éléments sont néanmoins identifiés comme étant sensibles aux impacts de la hausse des températures moyennes. C'est le cas des infrastructures en béton qui sont sensibles aux cycles de gel-dégel. Ainsi, le réseau routier et ses structures connexes telles que les ponts et tunnels sont considérés vulnérables.

Les végétaux et les insectes ont des interrelations fort complexes. Ils seront certes touchés de plusieurs façons, mais une analyse plus poussée de tous les facteurs demanderait une compréhension très fine du milieu. Il a donc été convenu, dans le cadre de ce premier plan, de dresser un portrait sommaire des enjeux sans pointer un secteur plus qu'un autre. Il sera donc souhaitable d'approfondir certains aspects, le cas échéant, lors de la mise en place de projets à l'échelle locale.

Finalement, certains groupes de personnes ont été identifiés comme étant particulièrement sensibles à la prolongation de la saison pollinique (enfants, jeunes adultes, personnes asthmatiques, etc.), mais aucune analyse de leur répartition sur le territoire n'a été effectuée.

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

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.

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.

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.

ÉTÉ

- Prolongation de la saison estivale
- ↑ de la température estivale moyenne

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.

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.



PLUIES ABONDANTES

Sous l'effet des changements climatiques, l'air contenu dans l'atmosphère se réchauffe. Or, l'air plus chaud peut renfermer plus d'humidité. Par conséquent, le transport d'eau des tropiques vers les régions boréales augmente. 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. Cette tendance a d'ailleurs été observée dans le sud du Québec durant la période 1950-2010.

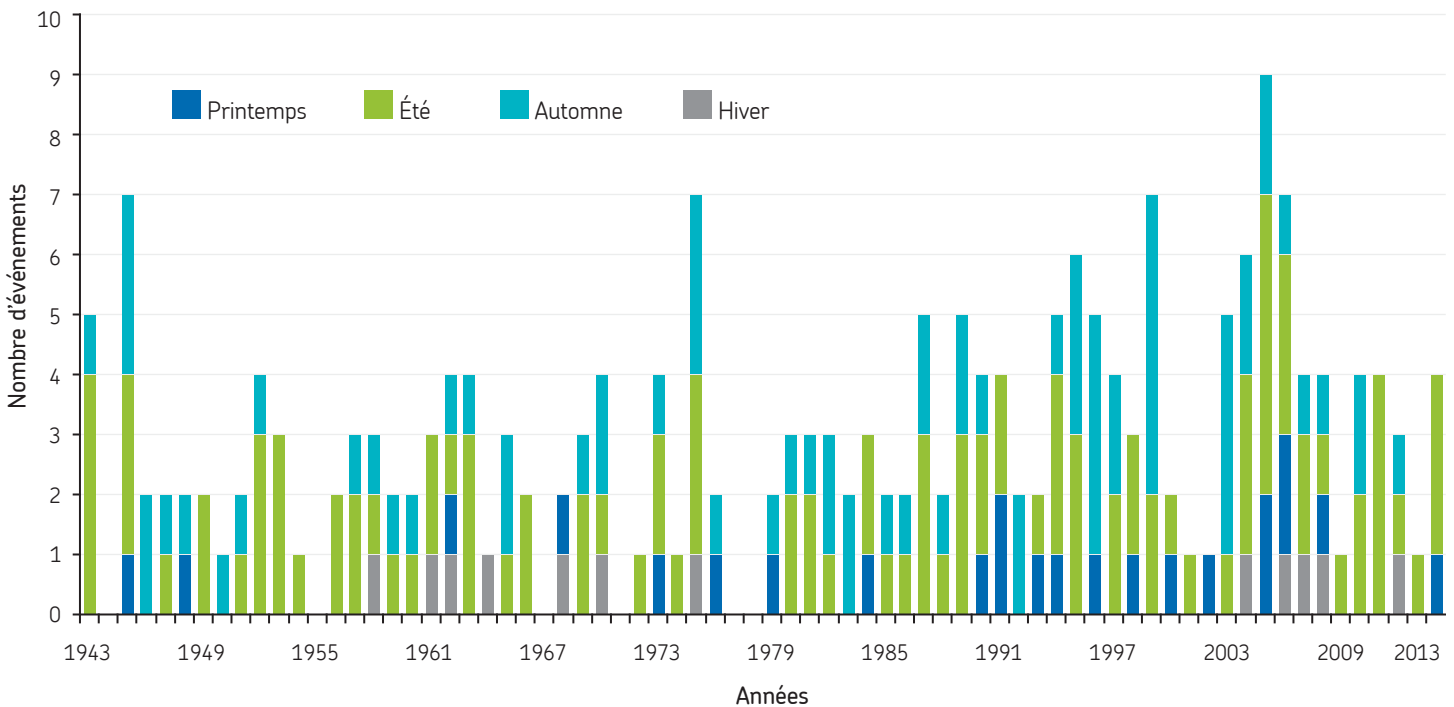
La figure ci-dessous montre l'augmentation du nombre d'événements de pluies abondantes au fil des années sur le territoire de l'agglomération de Montréal, pour la période 1943-2014.



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

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

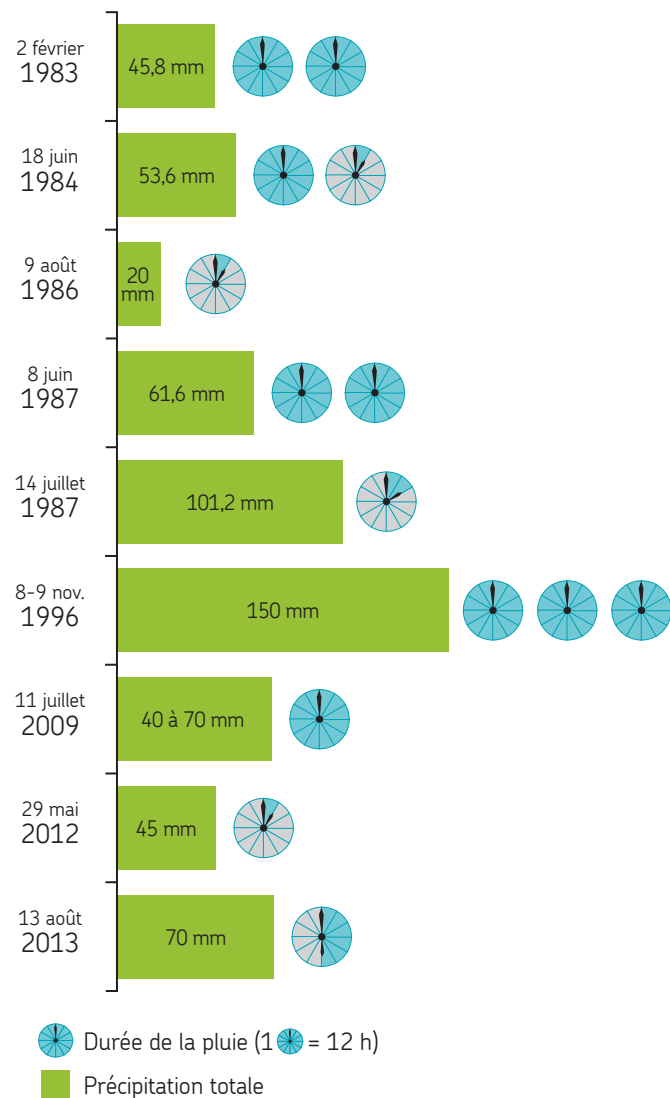
Données issues de la station météorologique de l'aéroport international Montréal-Trudeau.



ÉVÉNEMENTS MARQUANTS

Au cours des trois dernières décennies, plusieurs événements de pluies abondantes sont survenus sur l'île de Montréal. De nombreux impacts négatifs ont été liés à ces événements. À titre d'exemple, le 29 mai 2012, 45 mm de pluie se sont abattus sur Montréal en moins d'une heure, entraînant des inondations, la fermeture de nombreuses rues et tunnels. De même, plusieurs centres commerciaux du Montréal souterrain ont dû être évacués, 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.

ÉVÉNEMENTS MARQUANTS DE PLUIES ABONDANTES SUR L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL (PÉRIODE 1983-2013)



IMPACTS

En période de pluie intense, le débit des eaux usées dans les égouts peut s'accroître de manière drastique et les risques de débordement peuvent augmenter rapidement sur une période relativement courte. 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.

Les sous-sols sont particulièrement à risque d'être inondés. 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. De plus, les bâtiments non protégés peuvent subir un refoulement d'égout, c'est-à-dire un retour d'eau provenant des égouts dans la plomberie des bâtiments qui ne sont pas équipés de clapets antiretour.

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, l'augmentation des dommages causés par les inondations entraîne des hausses des primes d'assurance et peut parfois réduire les couvertures des assureurs.



Les inondations entraînent, non seulement des problèmes de santé et des pertes économiques, mais également une hausse des primes d'assurance.
 Crédit : © Olivier Pontbriand, La Presse

Les pertes affectives ou matérielles importantes peuvent entraîner des troubles psychologiques chez les sinistrés. De plus, les bâtiments inondés risquent davantage de développer un problème de moisissure. Lorsqu'elles se développent de façon importante, elles peuvent provoquer des problèmes de santé sérieux tels que l'asthme et des réactions allergiques.

Les forts débits du ruissellement d'eau de pluie ainsi que les inondations en milieu urbain engendrent aussi des dommages au réseau routier (notamment aux ponceaux), aux réseaux d'égouts (notamment aux bassins de rétention, aux égouts pluviaux et combinés et aux stations de pompage) et aux commodités souterraines, ce qui peut entraîner des pannes dépendamment du service touché (p. ex. l'électricité, le téléphone, l'Internet, etc.).

En plus de réduire la mobilité sur le territoire, les inondations sont une cause importante d'accidents, de blessures et de décès. Par exemple, deux décès se sont produits lors de l'événement de pluies abondantes survenu à Montréal le

14 juillet 1987. Un homme âgé s'est noyé lorsque sa voiture a été submergée dans l'autoroute Décarie, alors qu'un autre homme a été électrocuté.

Enfin, les pluies intenses ont relativement peu d'impacts sur l'environnement. En effet, la végétation et les écosystèmes des zones tempérées sont assez résilients aux précipitations intenses en période estivale. Toutefois, les surverses d'eaux usées dans les cours d'eau y font augmenter la quantité d'organismes pathogènes et de polluants.

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. À titre d'exemple, les travaux d'asphaltage et ceux de réhabilitation et de remplacement des conduites peuvent être retardés lors de périodes de pluies abondantes, ce qui peut causer des délais pour les étapes successives du projet.



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

VULNÉRABILITÉ AUX PLUIES ABONDANTES

La vulnérabilité de l'agglomération de Montréal aux pluies abondantes est obtenue en analysant géographiquement les zones ayant un potentiel d'accumulation d'eau, ainsi que les infrastructures et les groupes de personnes sensibles aux impacts de cet aléa.

La topographie est le facteur ayant le plus d'influence sur le potentiel d'accumulation d'eau. L'autre paramètre qui agit grandement est l'urbanisation. En effet, les quartiers plus anciens, situés au centre de l'île et comptant une grande densité de population, 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, 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.

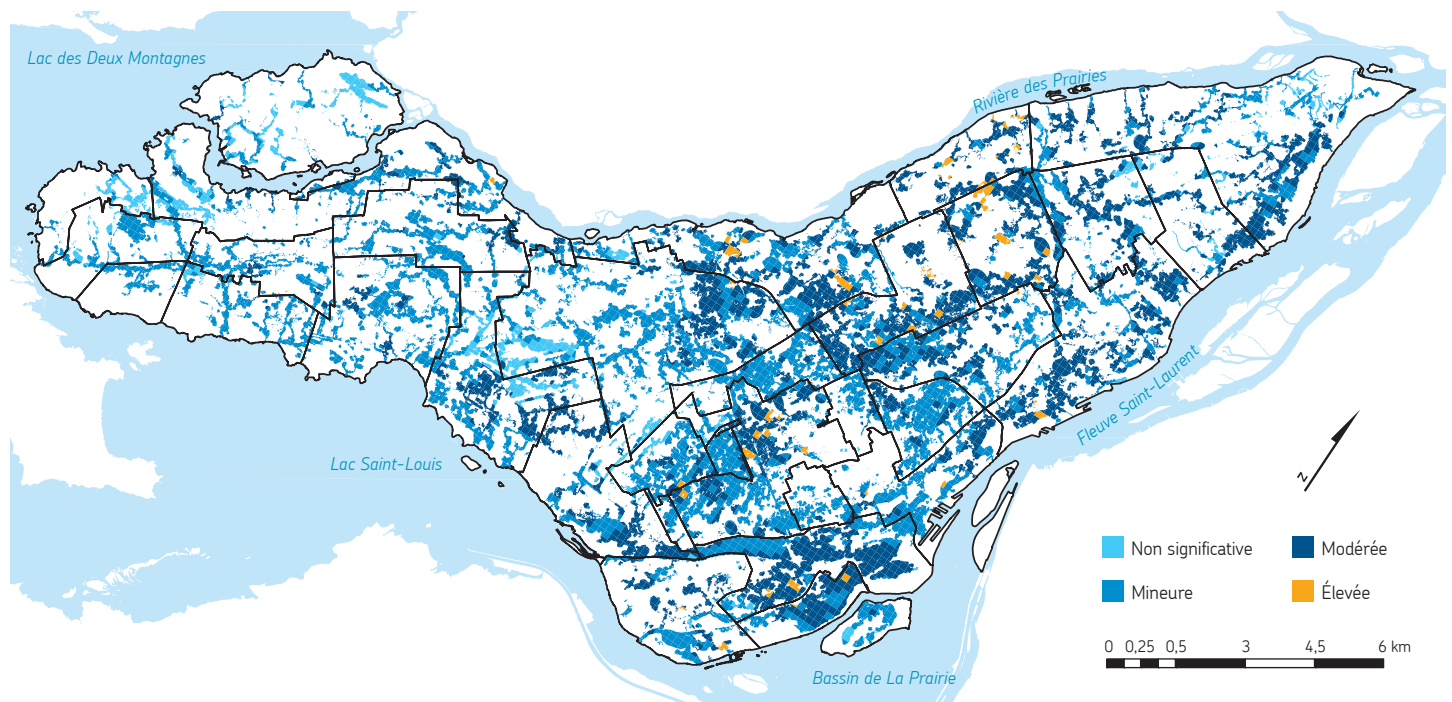
Enfin, d'autres facteurs tels la végétation, le type de sol, ainsi que l'occupation du sol influencent la vitesse de ruissellement, l'absorption et l'accumulation de l'eau de pluie.

Plusieurs infrastructures sont sensibles aux pluies abondantes, dont le réseau d'égouts, les bâtiments, notamment les 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 et le réseau routier.

Plusieurs groupes de personnes sont sensibles aux impacts des pluies abondantes, notamment les enfants, les personnes âgées de 65 ans et plus, et les personnes matériellement défavorisées.

La carte ci-dessous 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 qu'on y retrouve des infrastructures et des groupes de personnes sensibles.

VULNÉRABILITÉ AUX PLUIES ABONDANTES DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL





VAGUES DE CHALEUR

Les chaleurs extrêmes, accablantes, les canicules ou encore les vagues de chaleur sont autant d'expressions pour expliquer ce phénomène météorologique qui se traduit par des températures de l'air anormalement élevées le jour comme la nuit. Cette chaleur qui s'accumule plus vite qu'elle ne s'évacue peut se prolonger sur quelques jours et être accompagnée d'humidité provoquant ainsi de très grands inconforts.

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).

À Montréal, on observe une tendance à la hausse des vagues de chaleur, avec notamment une augmentation de 58 % des nuits à fort humidex sur la période 1953-2012.

ÉVÉNEMENTS MARQUANTS

L'agglomération de Montréal a connu de nombreuses vagues de chaleur au cours des 70 dernières années dont certaines ont été particulièrement marquantes, occasionnant même des décès.

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	2

IMPACTS

Dans un milieu urbain densément peuplé comme celui de l'agglomération, les vagues de chaleur constituent avant tout un enjeu important de santé publique. En effet, les périodes de chaleur accablante provoquent des stress thermiques chez les personnes, leur causant 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.



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

Les périodes caniculaires peuvent également engendrer et accentuer les effets de la pollution atmosphérique. La qualité de l'air ainsi diminuée est un facteur aggravant les symptômes de plusieurs problèmes de santé et peut restreindre la pratique d'activités et de sports extérieurs.

La végétation, si importante dans un milieu urbain, est aussi vulnérable aux vagues de chaleur. Bien que les arbres et les autres végétaux soient dotés de mécanismes de défense, la canicule provoque des chocs, dont des stress hydriques qui les fragilisent grandement. On observe alors une augmentation des maladies. Les végétaux ainsi touchés demandent plus de soin ou doivent être carrément remplacés. Ces éléments ont des impacts sur les ressources exigées et les coûts d'entretien.

Des épisodes de chaleurs extrêmes, même de courte durée, peuvent diminuer les populations de plusieurs insectes. L'impact peut certes être positif lorsqu'il s'agit d'espèces nuisibles, mais il en est autrement lorsque des espèces telles que des pollinisateurs sont affectées.

Le milieu aquatique peut également être affecté par les vagues de chaleur puisque celles-ci provoquent l'augmentation rapide et massive des fleurs d'eau (bloom) de cyanobactéries. La prolifération de ces algues bleues peut avoir de nombreuses répercussions, dont l'eutrophisation des plans d'eau perturbant l'équilibre et diminuant la biodiversité, en plus de réduire les accès à l'eau pour la baignade.

Les températures élevées peuvent affecter ou fragiliser les infrastructures de l'agglomération en touchant notamment les routes et les artères. 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. Les grandes chaleurs peuvent aussi causer des dommages prématurés aux joints de dilatation des ouvrages.

Enfin, les vagues de chaleur ont des incidences sur les opérations et les services municipaux. Elles se traduisent souvent par une demande accrue pour certains services, dont l'utilisation des piscines, pataugeoires et jeux d'eau ou le prolongement des heures d'ouverture des lieux publics climatisés comme les bibliothèques et les centres communautaires. Ces demandes ont pour conséquence une augmentation des interventions et un besoin accru d'effectifs afin d'offrir les services à la population, entretenir les infrastructures et déployer les mesures d'urgence, lorsque nécessaire.



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

VULNÉRABILITÉS AUX VAGUES DE CHALEUR

Les îlots de chaleur couvrent près de 28 % de la superficie de l'île de Montréal. Ils se retrouvent principalement au nord et à l'est de l'agglomération. Les arrondissements de Ville-Marie, du Plateau-Mont-Royal, du Sud-Ouest, de Mercier-Hochelaga-Maisonneuve, de Villeray-Saint-Michel-Parc-Extension, de Montréal-Nord et de Saint-Léonard présentent la plus grande superficie d'îlots de chaleur.

De tous les éléments présentés qui contribuent à la vulnérabilité de certains secteurs du territoire (voir le tableau à la page suivante), il faut ajouter la présence des populations particulièrement sensibles à cet aléa, soit les jeunes enfants et les personnes âgées, particulièrement celles vivant seules ou souffrant de maladies chroniques. Aussi, certains immigrants peuvent être plus vulnérables aux vagues de chaleur en raison de leur incapacité à parler et comprendre le français et l'anglais. En effet, en plus de ne pas être rejoints par les messages de sensibilisation, les avertissements et les directives des mesures

d'urgence, ils sont moins enclins à demander de l'aide. Il en est de même avec l'ensemble des personnes vivant dans un isolement social. Par ailleurs, le niveau de revenus influence la vulnérabilité des citoyens de l'agglomération puisque les personnes les plus défavorisées ont généralement moins d'accès à la climatisation.

La végétation est également sensible aux vagues de chaleur, particulièrement lorsqu'elle se situe dans un îlot de chaleur. En effet, bien qu'il y ait généralement peu d'arbres dans les îlots de chaleur intra-urbains (ICIU), ceux qui s'y trouvent sont particulièrement vulnérables lors des vagues de chaleur puisque la température y est encore plus élevée qu'ailleurs sur le territoire.

Enfin, puisque les routes et artères sont susceptibles d'être affectées par la chaleur accablante, elles sont identifiées comme infrastructures sensibles à cet aléa.

Une cartographie de la vulnérabilité face aux vagues de chaleur a été réalisée en utilisant tous ces facteurs afin d'illustrer les secteurs les plus sensibles aux vagues de chaleur. Cette carte est un outil fort intéressant pour cibler des secteurs vulnérables et choisir des stratégies d'adaptation les plus appropriées.

FACTEURS CONTRIBUTANT À LA FORMATION DES ÎLOTS DE CHALEUR INTRA-URBAINS

Type de matériaux – Certains matériaux absorbent beaucoup de chaleur pendant la journée et réémettent cette dernière une fois la nuit venue, ce qui explique pourquoi la température demeure élevée la nuit dans les îlots de chaleur.

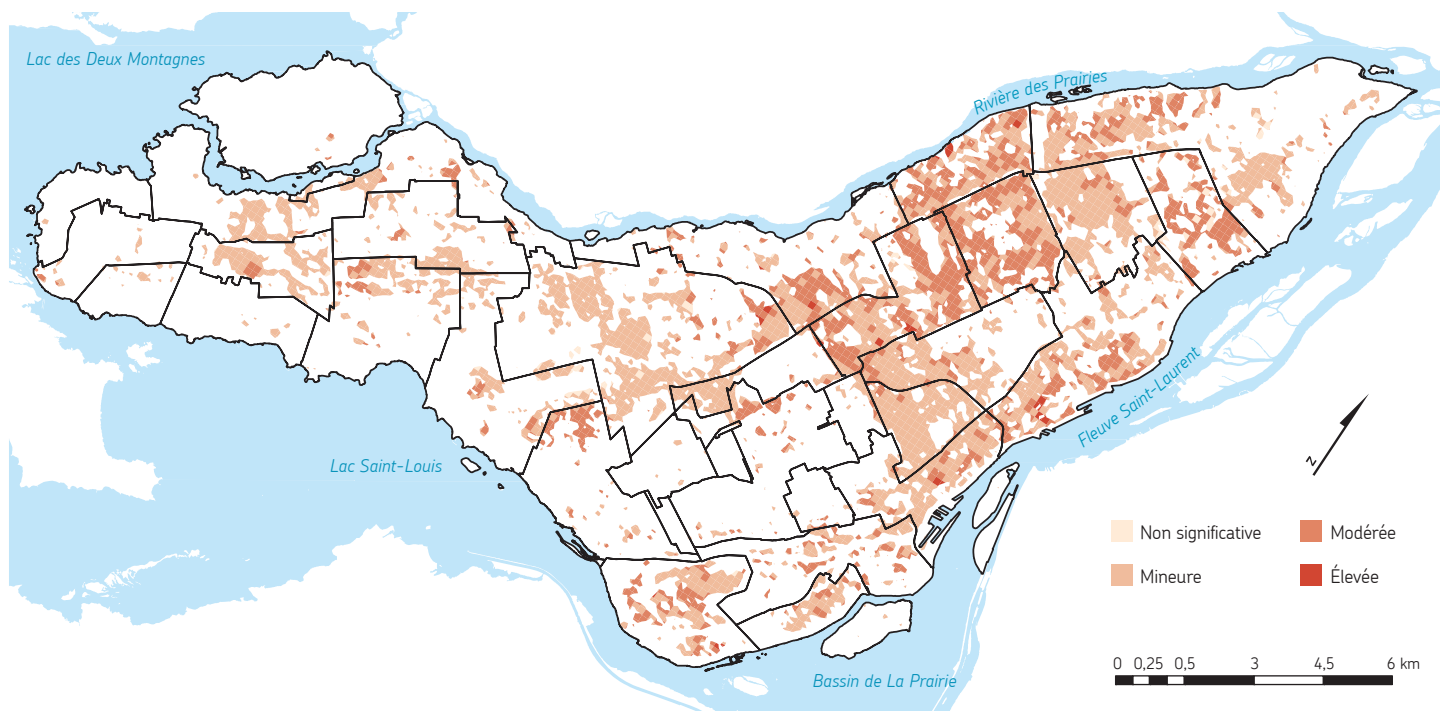
Manque de végétation – En plus d'absorber une partie de la chaleur qui serait autrement emmagasinée par des matériaux, la végétation rafraîchit l'air ambiant par son processus de transpiration.

Imperméabilisation des sols – Les sols perméables laissent s'évaporer une partie de l'eau qu'ils contiennent en période de grande chaleur. Cette évaporation se fait en absorbant de l'énergie de l'air ambiant et provoque ainsi un rafraîchissement.

Activités humaines (anthropiques) – Plusieurs activités humaines émettent de la chaleur dont la climatisation, les moteurs des véhicules et certaines activités industrielles.

Morphologie urbaine – Une géométrie urbaine combinant des rues étroites et de grands édifices contribue à la formation d'îlots de chaleur intra-urbains.

VULNÉRABILITÉ AUX VAGUES DE CHALEUR DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL





TEMPÊTES DESTRUCTRICES

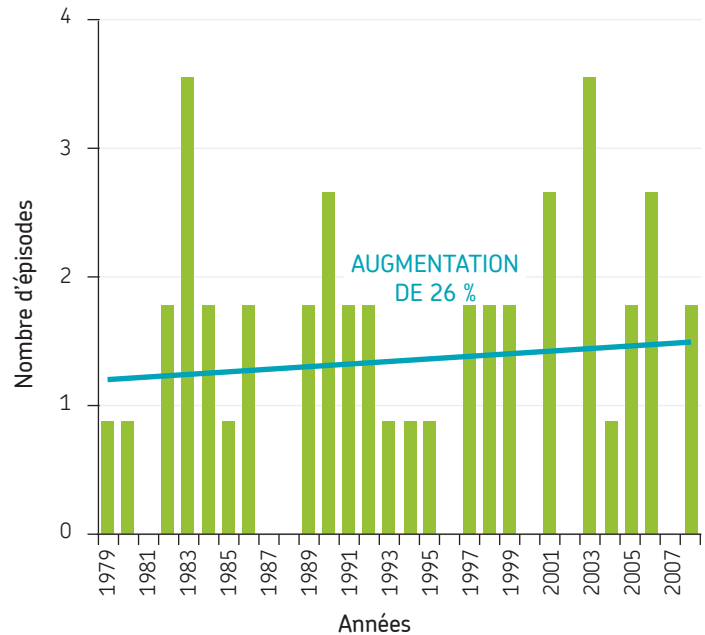
L'aléa tempêtes destructrices regroupe plusieurs types de tempêtes : les tempêtes de vent, de grêle, de neige abondante et de pluie verglaçante. Ce regroupement a été effectué en tenant compte surtout des impacts dévastateurs que peuvent entraîner ces événements.

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.

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 2008⁹ qui montrent une augmentation d'environ 26 % du nombre d'événements sur l'agglomération de Montréal. Quant au nombre d'épisodes de neige abondante, ils ont augmenté au cours des 70 dernières années. En effet, l'île de Montréal a connu 13 journées lors desquelles sont tombés plus de 30 centimètres de neige durant la période 1994-2014 alors que ce phénomène s'est produit seulement 9 fois durant la période 1942-1993.

ÉVOLUTION DES ÉPISODES DE PLUIES VERGLAÇANTES SUR L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL

Données issues de RESSLER et al. (2012)⁹



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

ÉVÉNEMENTS MARQUANTS

Au cours des 30 dernières années, plusieurs événements de tempêtes destructrices sont survenus sur l'île de Montréal. De nombreux impacts négatifs ont été liés à ces événements. À titre d'exemple, le 5 janvier 1998, de 5 à 80 mm de pluies verglaçantes se sont abattues des Maritimes jusqu'aux vallées de l'Outaouais et du Saint-Laurent. Il s'agit du deuxième désastre le plus coûteux de toute l'histoire du Canada avec 28 décès, 945 blessures et 600 000 personnes évacuées.^{10, 11}

ÉVÉNEMENTS MARQUANTS 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



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



Tempête du 27 décembre 2012
Crédit : © Matias Garabedian, Flickr (CC BY-SA 2.0)

IMPACTS

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, des bris ou une usure accélérée. 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). Les impacts des tempêtes destructrices 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.

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. D'une part, les importantes rafales peuvent arracher ou soulever certaines composantes d'une maison, comme le toit. Elles 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. D'autre part, la neige abondante ainsi que le verglas peuvent amener une surcharge sur la structure du toit et causer des bris.

Les dommages causés aux résidences peuvent entraîner des coûts liés à la destruction de biens, mais aussi une augmentation des primes d'assurance et une réduction des couvertures pour les particuliers. Les dommages causés peuvent également générer des traumatismes psychologiques chez les sinistrés.

Les tempêtes destructrices provoquent souvent des coupures d'électricité. En effet, les câbles électriques peuvent être brisés, soit par les grands vents, soit par l'accumulation de la glace, entre autres. Lorsque les pannes d'électricité surviennent l'hiver, elles peuvent contraindre les gens à quitter leur domicile en quête de chaleur. Elles peuvent également entraîner des intoxications au monoxyde de carbone si des personnes utilisent dans leur résidence des appareils de chauffage ou de cuisson conçus pour un usage extérieur. Par ailleurs, l'arrêt d'équipements médicaux à domicile et une hausse des empoisonnements alimentaires due à l'arrêt des réfrigérateurs et congélateurs sont également des conséquences directes des pannes d'électricité, et ce, en toutes saisons.

Les commodités aériennes autres que l'électricité peuvent également être endommagées. Les dommages causés aux feux ou aux panneaux de circulation, ainsi que la neige, le verglas ou les débris au sol, peuvent quant à eux gravement entraver la circulation routière. Par ailleurs, les problèmes de santé peuvent s'aggraver lorsque les personnes souffrantes sont limitées dans leurs déplacements.

Les impacts environnementaux des tempêtes destructrices en milieu urbain touchent surtout la végétation, plus particulièrement les arbres. Lorsque la neige ou le verglas s'accumulent et sont accompagnés de vents violents, les arbres peuvent être déracinés ou leurs troncs cassés. 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.

Les impacts opérationnels identifiés liés aux tempêtes destructrices à Montréal sont reliés à l'augmentation des coûts des opérations, dont notamment celles de déneigement et d'élagage, le déploiement accru de premiers répondants et de personnel pour le déneigement ou l'épandage de fondants et d'abrasifs qui rendent la chaussée et les trottoirs plus sécuritaires.



Déneigement à Montréal
Crédit : © Martin Chamberland, La Presse

VULNÉRABILITÉ AUX TEMPÊTES DESTRUCTRICES

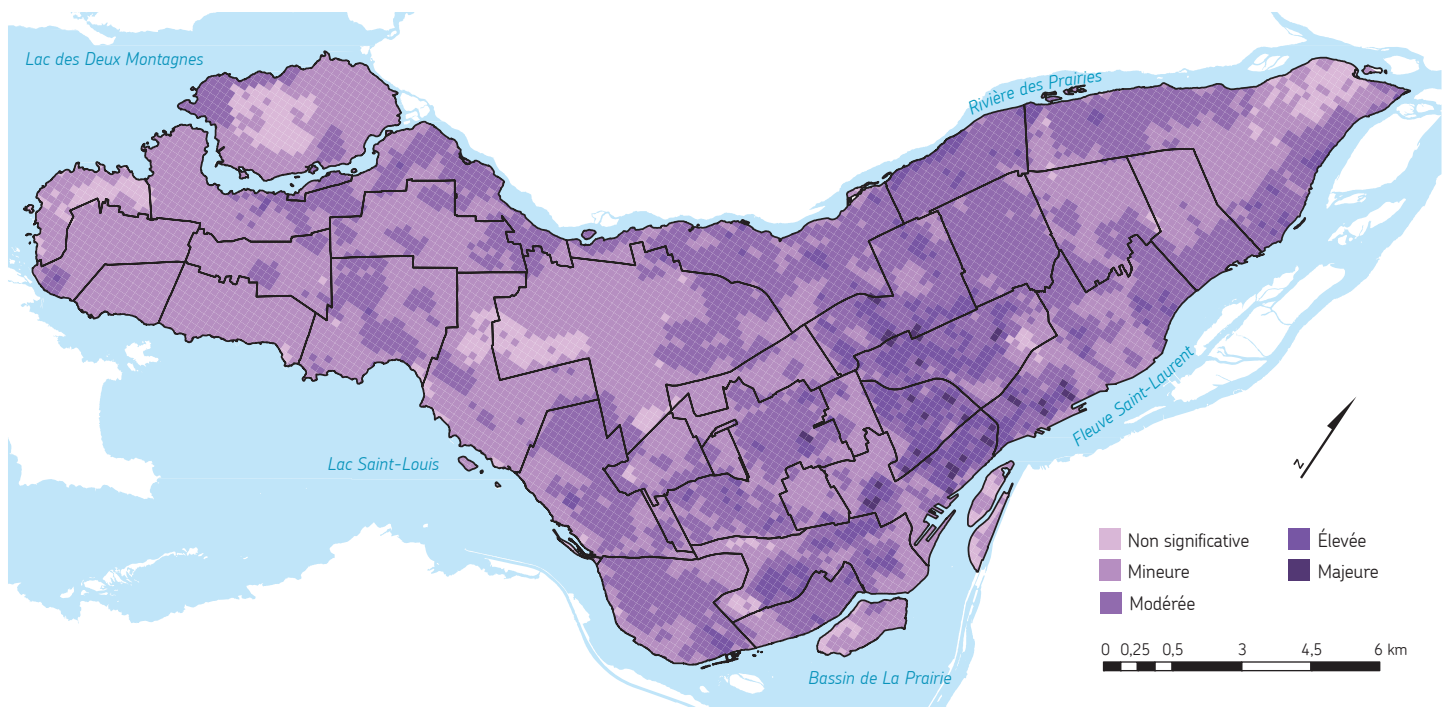
La vulnérabilité de l'agglomération de Montréal aux tempêtes destructrices est obtenue en identifiant géographiquement les infrastructures et les groupes de personnes sensibles aux impacts de cet aléa en plus de partir de l'hypothèse que tous les secteurs de l'agglomération de Montréal sont autant susceptibles d'être touchés par une tempête.

Les bâtiments ainsi que les sites critiques et lieux d'intérêt (p. ex. hôpitaux, postes de police, stations de métro) sont considérés comme des facteurs de vulnérabilité lorsqu'ils sont présents dans un endroit touché par une tempête destructrice. En effet, que ce soit en raison des dommages directs causés aux bâtiments ou des impacts découlant de l'accès restreint à des lieux d'intérêt, des impacts considérables sont associés à la présence de ces éléments sur le territoire.

En ce qui concerne les facteurs de sensibilité sociale, les trois groupes de personnes identifiés comme étant les plus vulnérables face aux tempêtes sont les personnes matériellement défavorisées, les personnes vivant seules et les personnes âgées. Par conséquent, les secteurs où vivent des personnes possédant plusieurs de ces caractéristiques présentent une vulnérabilité particulièrement élevée.

La carte montre que 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 concentration de personnes sensibles et d'infrastructures dans ces secteurs.

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. 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.

ÉVÉNEMENTS MARQUANTS

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

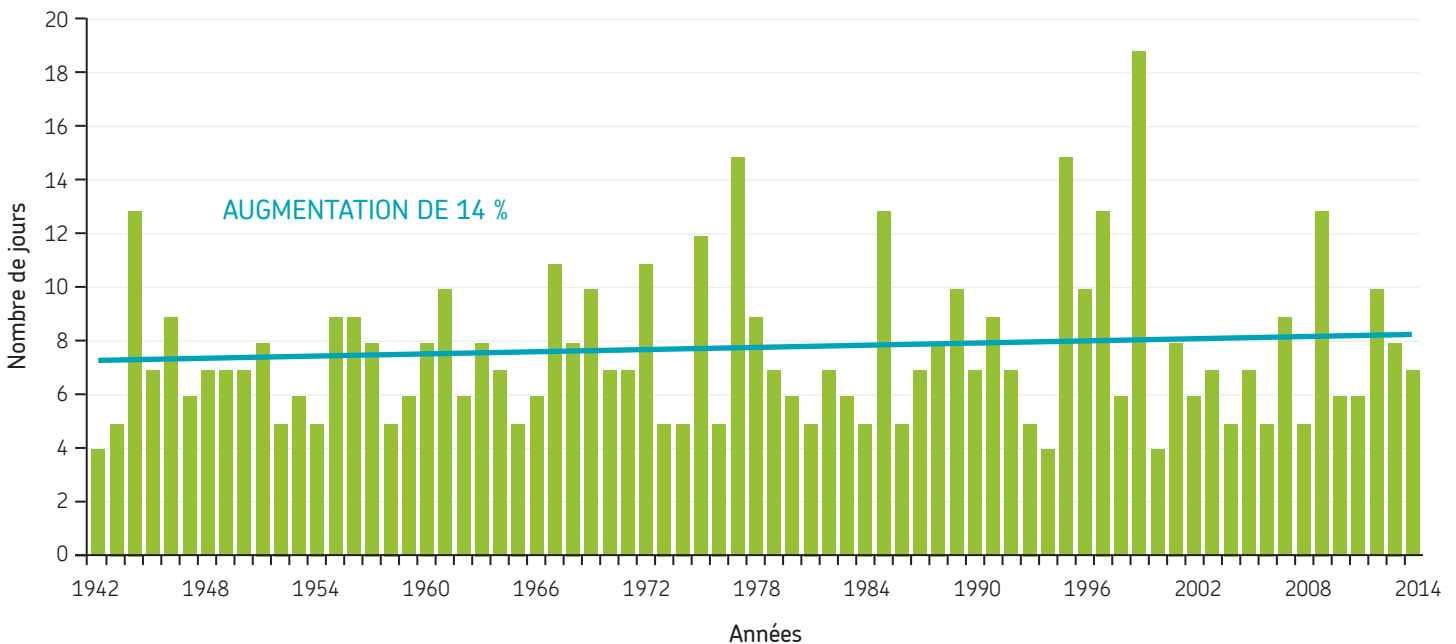
2,1 millimètres de pluie à Dorval et 0,6 millimètre à la station de l'Université McGill. Ce mois d'août 1957 est considéré comme le plus sec de l'histoire dans la grande région de Montréal.

On peut évaluer si les sécheresses météorologiques ont augmenté à Montréal en calculant le nombre de jours consécutifs sans pluie au cours du temps, tel qu'illustré à la figure ci-dessous. On observe alors une très légère tendance à l'augmentation des épisodes de sécheresse. Toutefois, celle-ci n'est 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.

En ce qui concerne les sécheresses des sols, hydrologiques et socio-économiques, les observations historiques actuelles ne permettent pas de conclure à une augmentation significative 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. En effet, les projections d'augmentation des sécheresses ne sont vraiment fiables qu'à partir de 2081-2100. Cependant, il ne devrait pas y avoir de situation alarmante d'ici 2020.

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.



IMPACTS

Les impacts des sécheresses sur le territoire de l'agglomération de Montréal sont surtout reliés à la sécheresse des sols. Celles-ci entraînent des dommages aux immeubles et infrastructures construits sur les sols argileux lorsque les mesures palliatives nécessaires ne sont pas appliquées à ces constructions. Des affaissements des fondations peuvent survenir quand les sols argileux s'assèchent, causant ainsi une rétraction du sol. Ces dommages se traduisent par des fissures qui apparaissent sur les fondations (aussi appelées fondations lézardées) et peuvent progresser vers les murs.

D'un point de vue économique, ces dommages 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.

Dans le même ordre d'idée, les sécheresses des sols peuvent aussi endommager les trottoirs, les chaussées ainsi que les conduites d'égout qui sont construits sur des sols argileux.

Les impacts environnementaux des sécheresses en milieu urbain touchent surtout la végétation et les plans d'eau. Généralement, la qualité de l'eau tend à diminuer en période de sécheresse. Ce déclin est attribuable à différents facteurs : hausse de la température de l'eau, diminution de la concentration d'oxygène dissous, conditions favorables au développement d'efflorescence de cyanobactéries, eutrophisation et augmentation de la concentration de certains polluants.

La sécheresse est une source de stress hydrique pour les végétaux pouvant mener à la mort si la période de sécheresse est prolongée. Ce stress peut réduire la vigueur des arbres et augmenter leur vulnérabilité face aux insectes ravageurs et aux pathogènes. En affectant la végétation, la sécheresse risque de diminuer les nombreux services écologiques fournis par cette dernière.

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



Fissures dans la fondation (lézardes)
Crédit : © Ville de Montréal

exacerberait les symptômes des maladies respiratoires et cardiovasculaires, et contribuerait à dégrader l'état de santé des personnes déjà fragilisées.

Pour l'agglomération de Montréal, les impacts opérationnels liés aux sécheresses touchent plus particulièrement les activités de production d'eau potable ainsi que l'entretien des espaces verts et des rues.

D'une part, l'augmentation de la demande en eau induite par la sécheresse amène une pression sur les équipements de traitement et d'épuration. Cette augmentation pourrait entraîner un temps de réserve en réseau plus court et ainsi fragiliser le système en cas de problème, ainsi qu'une augmentation des surcoûts de production. La capacité d'adduction pourrait être affectée si les niveaux d'eau étaient très faibles, limitant ainsi la capacité des usines de production.

D'autre part, une plus grande coordination et plus de ressources sont nécessaires pour assurer la pérennité des aménagements, des espaces verts et des arbres en rue.

Enfin, une augmentation des opérations de nettoyage de rues est requise dans le but de maintenir l'état de propreté des rues, qui par temps sec ont tendance à se dégrader.

VULNÉRABILITÉ AUX SÉCHERESSES

La vulnérabilité de l'agglomération de Montréal aux sécheresses est obtenue en tenant compte des bâtiments construits dans les zones où le sol se contracte lorsqu'il s'assèche et des groupes de personnes sensibles aux impacts causés par les sécheresses, notamment la dégradation de la qualité de l'air.

Le type de sol a été le seul facteur utilisé pour déterminer les zones sensibles à la contraction des sols de l'agglomération de Montréal. En effet, ce sont les sols argileux qui se contractent lorsqu'ils sont secs. Toutefois, des facteurs tels que le potentiel de rétention d'eau du sol et l'occupation du sol influencent la sécheresse des sols. À titre d'exemple, les routes, les stationnements et les bâtiments sont des infrastructures imperméables qui empêchent l'absorption de l'eau de pluie par le sol.

Tel que décrit précédemment, les bâtiments, les chaussées et les trottoirs sont sensibles à la contraction des sols lorsqu'ils s'assèchent. L'agglomération de Montréal est particulièrement sensible à ce phénomène, puisqu'une bonne partie de ses sols sont argileux. La densité de bâtiments est donc un facteur déterminant dans l'analyse de la vulnérabilité.

En ce qui a trait au volet social, les groupes de personnes les plus sensibles aux impacts des sécheresses sont les personnes matériellement défavorisées ainsi que les personnes vivant seules.

En somme, la vulnérabilité à la sécheresse varie beaucoup d'un endroit à l'autre de l'agglomération, principalement en fonction de la densité de bâtiments et de la concentration de personnes sensibles aux impacts associés à une mauvaise qualité de l'air.

VULNÉRABILITÉ À LA SÉCHERESSE DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL





CRUES

Les changements climatiques modifient le cycle hydrologique avec davantage d'épisodes de pluies abondantes et de sécheresses. Or, cette modification du cycle de l'eau a une incidence sur les crues. On parle de crue lorsque le débit ou le niveau d'une rivière dépasse un seuil critique.

Le risque de crues pour l'agglomération de Montréal concerne principalement les arrondissements et villes liées qui bordent la rivière des Prairies. Ceux dont le territoire touche les abords du fleuve sont moins sujets à être affectés par cet aléa.

ÉVÉNEMENTS MARQUANTS

Les dernières crues marquantes pour l'île de Montréal ont eu lieu en avril 2004 et 2008 et se sont toutes deux produites dans la rivière des Prairies.

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. »



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

En regardant les données depuis 1942, on constate un décalage des épisodes de crues printanières plus tôt dans l'année. Non seulement les crues semblent se produire plus tôt, mais les débits maximums enregistrés ont atteint des niveaux jamais vus entre 1972 et 2000. Des débits de plus de 3 550 m³/s ont été répertoriés, soit beaucoup plus que le seuil d'alerte (de 2 550 m³/s) défini par le Centre de sécurité civile.

Le raccourcissement de la saison hivernale entraîne un dégel printanier plus hâtif, ce qui explique le décalage des crues printanières plus tôt dans l'année. Les périodes de redoux qui se multiplient et qui se traduisent par l'augmentation des cycles de gel/dégel favorisent quant à eux la formation d'embâcles, perturbant ainsi l'écoulement normal de l'eau et pouvant provoquer des inondations. L'agglomération de Montréal était habituée à des embâcles du début avril à la fin mai, mais depuis quelques années, ils sont observés dès les mois de janvier et février.

IMPACTS

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 et plus particulièrement aux édifices localisés dans les plaines inondables. Elles touchent aussi les réseaux d'égouts et de commodités souterraines.

En période de crue, les réseaux d'égouts peuvent être saturés très rapidement entraînant ainsi des refoulements d'égouts dans certains bâtiments. Les fortes crues peuvent d'ailleurs fragiliser les infrastructures qui sont trop sollicitées et entraîner des bris (p. ex. les composantes du réseau d'égout). Les inondations causées par les crues peuvent aussi causer des dommages au réseau de commodités souterraines (p. ex. électricité, téléphone, Internet, etc.) ce qui peut entraîner des pannes.

Par ailleurs, les crues provoquent l'érosion prématurée et la déstabilisation des berges. Les berges qui s'érodent entraînent des sédiments dans l'eau qui peuvent en diminuer la qualité.

Les inondations provoquées par les crues ont aussi plusieurs incidences sur la santé des populations. En effet, en plus de pouvoir engendrer des maladies gastro-intestinales liées au contact direct avec l'eau des zones inondées, les inondations peuvent causer des traumatismes psychologiques aux personnes subissant d'importantes pertes matérielles. De plus, les sous-sols inondés sont sujets à la prolifération de moisissures, ce qui peut entraîner des problèmes de santé sérieux tels que l'asthme et des réactions allergiques.

En outre, les inondations en milieu urbain entravent les déplacements, entraînant la fermeture de certains tronçons de rues et des ralentissements de circulation. Les tunnels et viaducs parfois submergés, en plus de causer des problèmes de circulation, représentent un danger pour la vie des gens qui restent coincés dans leurs véhicules.

Finalement, les périodes de crues demandent une mobilisation importante des effectifs responsables de la mise en place des mesures d'urgence.



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

VULNÉRABILITÉ AUX CRUES

Les secteurs vulnérables aux crues sont identifiés sur la carte qui suit. Ces derniers sont situés sur le territoire des villes et arrondissements suivants : Pierrefonds-Roxboro, Ahuntsic-Cartierville, Montréal-Nord, Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-Trembles et Senneville.

Toute infrastructure et/ou population localisée à l'intérieur d'une zone inondable est considérée comme vulnérable.

L'ampleur de cette vulnérabilité dépend de plusieurs facteurs : la densité de bâtiments, la présence de sites critiques tels que des hôpitaux, des postes de police, une usine d'eau potable, et la présence de lieux d'intérêt tels que des écoles et des entrées et sorties de ponts.

La présence de routes est également un facteur qui peut rendre un secteur plus vulnérable aux inondations. L'eau qui s'accumule sous les fondations des rues contribue à l'usure prématurée et aux bris de ces infrastructures.

Enfin, les secteurs présentant une forte densité de population sont évidemment plus vulnérables face aux impacts des crues.

VULNÉRABILITÉ AUX CRUES DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL

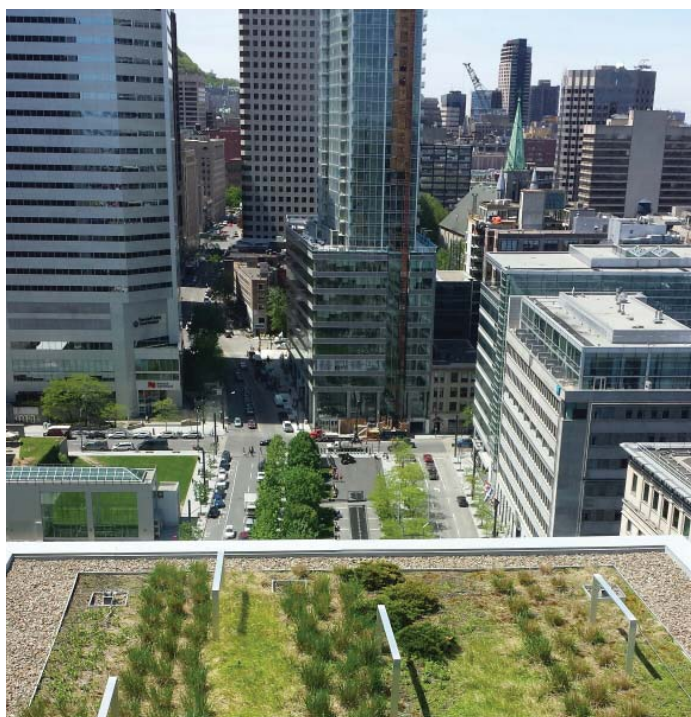


MESURES D'ADAPTATION

Les mesures d'adaptation constituent le cœur de ce premier plan pour l'agglomération montréalaise. Elles visent à réduire les vulnérabilités sur le territoire et traduisent comment tous les acteurs municipaux s'ajustent ou s'ajusteront face à un climat en évolution.

Les mesures annoncées dans ce premier plan viennent consolider les expériences acquises et renforcer notre capacité à intégrer les enjeux climatiques dans toutes les sphères d'activités de l'appareil municipal.

Pour chaque aléa, de trois à six mesures phares ont été identifiées grâce à une collaboration entre les services centraux, les villes et les arrondissements, les spécialistes dans les domaines de l'aménagement, des espaces verts, des bâtiments, de la gestion de l'eau, des sports, etc. Ces mesures clés se déclinent à leur tour en plusieurs actions qui seront mises en œuvre par les services centraux, les villes et les arrondissements (voir tableau à la page suivante).



Toiture végétalisée sur une des tours du siège social de Québecor Média
Crédit : © Philippe Aubry

Le choix des actions de ce premier plan d'adaptation aux changements climatiques s'est effectué dans le respect des critères suivants :

- **Implantation déjà amorcée ou planifiée**
Certains plans, stratégies et règlements intègrent déjà des mesures contribuant à l'adaptation aux changements climatiques. Le plan d'adaptation représente une opportunité de consolider ses actions.
- **Faisabilité à court terme, soit d'ici 2020**
Leur mise en œuvre demande relativement peu de temps et elles pourront être implantées d'ici la fin de la période que couvre ce plan.
- **Potentiel d'adaptation à plus d'un aléa climatique**
Certaines actions ont des co-bénéfices leur permettant d'accroître la résilience face à plus d'un aléa.

Pour terminer, un autre critère a été ajouté pour les mesures d'adaptation qui seront mises en œuvre à l'échelle locale par les arrondissements et les villes. En effet, elles doivent être **cohérentes avec le diagnostic de vulnérabilité locale** qui leur a été présenté.

MÉCANISMES DE SUIVI

Il est prévu d'effectuer un bilan de mi-parcours du plan d'adaptation aux changements climatiques en 2017-2018. Cette évaluation constituera également une occasion d'apporter des modifications ou de bonifier le plan, le cas échéant.

Un bilan final du premier plan d'adaptation sera publié à la fin de la période couverte par ce dernier, soit 2015-2020.

Dans le but d'assurer un suivi le plus précis possible, les engagements inscrits dans ce plan sont accompagnés, dans la plupart des cas, d'un objectif spécifique et d'un indicateur de suivi. Chaque service, ville et arrondissement sera responsable de fournir au Service de l'environnement les données relatives à l'avancement de la mise en œuvre de ses mesures pour les bilans de mi-parcours et final.

CATÉGORIES DES MESURES D'ADAPTATION POUR CHAQUE ALÉA CLIMATIQUE

 <p>AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES MOYENNES</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Protéger la biodiversité – Augmenter la résilience des infrastructures face au phénomène de gel-dégel – Adapter l'offre d'activités récréatives hivernales et les opérations d'entretien – Augmenter l'offre d'activités récréatives estivales et les opérations d'entretien – Lutter contre les espèces végétales indésirables
 <p>PLUIES ABONDANTES</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Retenir ou récupérer les eaux de pluie – Augmenter la résilience des infrastructures et des bâtiments face aux eaux de ruissellement – Minimiser les surfaces imperméables – Assurer la capacité des réseaux d'égout pluvial et d'égout unitaire – Augmenter et préserver la couverture végétale – Développer des mesures d'urgence pour les pluies abondantes
 <p>VAGUES DE CHALEUR</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Contrer les îlots de chaleur – Aménager des lieux permettant de se rafraîchir et d'éviter l'exposition à la chaleur accablante (îlots de fraîcheur) – Protéger la biodiversité contre les vagues de chaleur – Développer des mesures d'urgence pour les vagues de chaleur
 <p>TEMPÊTES DESTRUCTRICES</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Augmenter la résilience des infrastructures et des bâtiments face au vent et au verglas – Développer des mesures d'urgence en cas de panne d'électricité prolongée (conditions hivernales) – Augmenter la résilience de la végétation face au vent et au verglas
 <p>SÉCHERESSES</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Assurer la qualité et la quantité d'eau potable – Augmenter la résilience des infrastructures et des bâtiments à l'assèchement des sols – Augmenter la résilience de la végétation face aux sécheresses
 <p>CRUES</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Augmenter la résilience des infrastructures et des bâtiments aux inondations de rives – Développer des mesures d'urgence pour les zones inondables – Augmenter la stabilité des berges face à l'érosion

RÉFÉRENCES

1. VILLE DE MONTRÉAL. « Pourcentage du territoire en espaces verts », *Rapport du développement durable*, [En ligne]. [rapportdd.ville.montreal.qc.ca/verdissage.php#verdissage-3] (Consulté en août 2015).
2. VILLE DE MONTRÉAL. *Profil sociodémographique – Agglomération de Montréal*, [En ligne], Montréal en statistiques, juillet 2014. [ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/mtl_stats_fr/media/documents/profil_sociod%C9mo_agglom%C9ration.pdf] (Consulté en août 2015).
3. 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] (Consulté en août 2015).
4. 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] (Consulté en août 2015).
5. VILLE DE MONTRÉAL. *Annuaire statistique – Agglomération de Montréal – Recensement de 2011*, [En ligne], Montréal en statistiques, mai 2014. [ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/mtl_stats_fr/media/documents/annuaire%20statistique_2011_recensement%20et%20enm.pdf] (Consulté en août 2015).
6. 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] (Consulté le 16 septembre 2015).
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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=5BA5EAF1&offset=2&toc=hide] (Consulté le 31 août 2015).
11. 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] (Consulté en juin 2015).

