



Programme de vigie et de prévention des effets de la chaleur accablante à Montréal

Définition épidémiologique des seuils d'alerte et de mobilisation
pour Montréal

Éric Litvak

Isabel Fortier

Maelenn Gouillou

Alexandre Jehanno

Tom Kosatsky

Automne 2005

**LA PRÉVENTION
EN ACTIONS**

*Garder notre
monde en santé*

Programme de vigie et de prévention des effets de la chaleur accablante à Montréal

Définition épidémiologique des seuils d'alerte et de mobilisation
pour Montréal

Éric Litvak, M.D., M.Sc.

Isabel Fortier, Ph.D.

Maelenn Gouillou, Stagiaire

Alexandre Jehanno, Stagiaire

Tom Kosatsky, M.D., M.P.H.

Automne 2005

Une réalisation du secteur Environnement urbain et santé
Hôpital Maisonneuve-Rosemont, mandataire

© Direction de santé publique
Agence de développement de réseaux locaux de services de santé
et de services sociaux de Montréal (2005)
Tous droits réservés

ISBN : 2-89494-468-3

Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Québec, 2005
Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Canada, 2005

REMERCIEMENTS

Les auteurs désirent remercier toute l'équipe de santé environnementale ainsi que le groupe des mesures d'urgences de la Direction de santé publique de Montréal pour leurs commentaires et suggestions tout au long du déroulement de ces travaux.

Nous remercions également le Service météorologique du Canada d'Environnement Canada qui a accepté de nous fournir les données météorologiques nécessaires pour nos analyses.

AVANT-PROPOS

Il est maintenant reconnu par la communauté scientifique que les changements climatiques en cours contribueront à augmenter la fréquence et la sévérité des événements climatiques extrêmes dont notamment les épisodes de chaleur accablante. Les événements de l'été 2003 en France nous rappellent l'importance d'être bien préparée pour éviter le pire chez les populations vulnérables.

C'est pourquoi la Direction de santé publique de Montréal, de par sa mission de protection de la santé publique et de prévention de la maladie, a initié dès le début des années 2000, le « Plan montréalais de prévention et protection en cas de chaleur accablante » visant à diminuer la mortalité et la morbidité notamment chez les personnes atteintes de maladies chroniques vivant seules, dans des logements non climatisés.

Ce programme identifie des actions à être réalisées par la DSP et ses principaux partenaires (CSSS, Ville de Montréal, Organismes communautaires, professionnels de la santé, etc.) concernant la recherche, la surveillance épidémiologique, l'éducation, la mobilisation et la lutte contre les îlots de chaleur urbaine. Plusieurs villes (Toronto, Philadelphie, Paris, Rome etc.) ont défini des seuils d'alerte météorologique associés à des indicateurs sanitaires spécifiques à leur région, car il est bien connu que la réponse sanitaire des populations aux canicules varie considérablement d'un endroit à l'autre.

Le présente document a pour principal objectif de présenter la méthodologie utilisée pour la définition des seuils d'alerte et de mobilisation pour Montréal qui sont utilisés dans le programme montréalais.

Bonne lecture !



Richard Lessard
Directeur
Direction de santé publique de Montréal



Louis Drouin
Responsable
Secteur Environnement urbain et santé

SOMMAIRE

Ce document résume la démarche suivie à Montréal pour déterminer les seuils d'alerte et de mobilisation utilisés dans le cadre de notre programme de prévention des impacts de la chaleur accablante.

Dans le passé, les alertes de chaleur accablante d'Environnement Canada étaient le principal facteur déclencheur utilisé. Pour ces travaux, nous voulions recourir à des données régionales pour tenter d'identifier des indicateurs et des seuils mieux adaptés à la réalité montréalaise, car il est bien connu que la réponse des populations aux canicules varie considérablement d'un endroit à l'autre.

Le premier objectif poursuivi était d'identifier l'indicateur de stress thermique le mieux adapté pour prévoir les épisodes de chaleur qui posent un risque à la santé de la population. Deuxièmement, il s'agissait de déterminer les seuils de cet indicateur qui sont prédictifs d'impacts significatifs (dans ce cas, une surmortalité populationnelle) et qui peuvent par conséquent être utilisés pour déclencher des interventions préventives.

Les principales données que nous avons utilisées sont la mortalité quotidienne totale pour la région ainsi que des données météorologiques de température et d'humidité, pour la période 1984-2003.

Une analyse exploratoire a d'abord été effectuée pour mieux apprécier les variations de la mortalité quotidienne ainsi que les associations entre celle-ci et les variables météorologiques. Nous avons ensuite étudié la sensibilité et la spécificité de différents indicateurs et niveaux-seuils pour la prévision des épisodes de surmortalité significative (un excès de mortalité journalière a été considéré significatif lorsqu'il atteignait 60% de la valeur attendue). Pour ce faire, des simulations ont été effectuées avec les données historiques. En faisant varier le seuil de détection de chaque indicateur et en comparant les indicateurs entre eux, il est possible de trouver la combinaison d'indicateur et de seuil qui optimise la sensibilité et spécificité d'un système prévisionnel, c'est-à-dire qui permet de prédire le plus grand nombre d'épisodes réels de surmortalité tout en émettant un minimum de fausses alertes.

L'analyse effectuée nous a amené à recommander l'utilisation simultanée des températures maximales et minimales moyennées sur 3 jours consécutifs (T_{max3j} et T_{min3j}) comme principal indicateur pour prévoir les épisodes d'excès de surmortalité à Montréal. Les seuils optimaux, à la lumière des simulations effectuées avec les données historiques, sont les suivants :

$$T_{max3j} > 33^{\circ}\text{C} \text{ et } T_{min3j} > 20^{\circ}\text{C} ;$$

Ainsi, en surveillant les prévisions météorologiques des 72 heures à venir, on peut anticiper la survenue d'un épisode de surmortalité débutant au troisième jour lorsque ces seuils sont atteints. La valeur prédictive positive est alors de 50 %. Toutefois, à cause de nombreuses limitations inhérentes aux données disponibles et à l'analyse, ces seuils ne devraient servir que comme guide pour les responsables de la vigie, lesquels doivent avant tout exercer un jugement de santé publique en tenant compte de toute l'information disponible sur la situation réelle à laquelle ils sont confrontés.

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION	1
2.	CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE	1
2.1	Indicateurs de stress thermique	2
3.	DONNÉES ET SOURCES	3
3.1	Données climatiques	3
3.1.1	Température.....	3
3.1.2	Humidex	3
3.2	Données sanitaires.....	4
3.2.1	Décès	4
3.3	Période de l'année étudiée	4
4.	ANALYSE ET RÉSULTATS	4
4.1	Mortalité et surmortalité.....	4
4.1.1	Calcul de la surmortalité.....	5
4.2	Association entre surmortalité et variables météorologiques.....	6
4.3	Indicateurs et seuils prévisionnels de surmortalité.....	8
4.3.1	Identification des épisodes de surmortalité significatifs.....	9
4.3.2	Recherche d'indicateurs et de seuils par simulation.....	13
4.3.3	Indicateur basé sur les températures maximale et minimale du même jour	13
4.3.4	Indicateur basé sur les températures maximale et minimale moyennées sur trois jours	14
4.3.5	Indicateur basé sur l'humidex maximal moyenné sur trois jours	15
4.3.6	Autres variables sanitaires	16
4.	DISCUSSION ET CONCLUSION	16
	BIBLIOGRAPHIE	18

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Sommaire des données utilisées pour l'analyse.....	4
Tableau 2 :	Variables considérées pour étudier l'association entre les conditions météorologiques et la surmortalité.....	6
Tableau 3 :	Journées avec une surmortalité de plus de 60% et épisodes correspondants.....	10
Tableau 4 :	Seuils optimaux avec un indicateur basé sur T_{max} et T_{min}	13
Tableau 5 :	Jours et épisodes prévus (en ombragé) avec un indicateur basé sur T_{max} et T_{min} , seuils de 33 et 20.	14
Tableau 6 :	Seuils optimaux avec un indicateur basé sur T_{max3j} et T_{min3j}	14
Tableau 7 :	Jours et épisodes prévus (en ombragé) avec un indicateur basé sur T_{max3j} et T_{min3j} , seuils de 33 et 20.	15
Tableau 8 :	Seuils optimaux avec un indicateur basé sur H_{max3j}	15
Tableau 9 :	Jours et épisodes prévus (en ombragé) avec un indicateur basé sur H_{max3j} , seuil de 43.....	15

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Problématique générale de la prévision des épisodes de surmortalité liés à la chaleur.	3
Figure 2 :	Mortalité quotidienne à Montréal, mois de mai à septembre, 1984 à 2003.....	5
Figure 3 :	Surmortalité quotidienne moyenne à Montréal selon la température maximale du même jour, mois de mai à septembre, 1984-2003.	7
Figure 4 :	Surmortalité quotidienne moyenne à Montréal selon la température maximale moyenne sur trois jours, mois de mai à septembre, 1984-2003.....	8
Figure 5 :	Évolution de la mortalité et de la température autour des épisodes de surmortalité de plus de 60 % à Montréal.	11

1. INTRODUCTION

Dans ce document, nous présentons sommairement la démarche suivie à Montréal pour déterminer les seuils d'alerte et de mobilisation utilisés dans le cadre de notre programme de prévention des impacts de la chaleur accablante.

Jusqu'à maintenant, les alertes de chaleur accablante d'Environnement Canada étaient le principal facteur déclencheur utilisé. Rappelons que ceux-ci utilisent un critère pancanadien, basé sur les prévisions de température et d'humidex, pour émettre leurs avertissements.

Le but des présents travaux était de recourir à des données régionales afin de voir s'il était possible d'identifier des indicateurs et des seuils mieux adaptés à la réalité montréalaise. Nous savons en effet que la réponse des populations aux canicules varie considérablement d'un endroit à l'autre. À cause de l'acclimatation aux conditions locales propre à chaque population, on ne peut pas simplement utiliser un seuil dérivé empiriquement dans une autre ville ou région ; il n'existe pas de seuil universel au-delà duquel les impacts sanitaires comme l'excès de mortalité apparaissent.

Parmi les différents impacts sanitaires mesurables et potentiellement affectés par les conditions chaudes extrêmes, seule la mortalité fera l'objet de ce rapport. Bien qu'une analyse exploratoire ait également été faite avec des données portant sur les consultations à l'urgence et les hospitalisations, nous n'en discuterons pas dans ce document. Nous avons en effet peu de données et elles n'ont pas permis de mettre en évidence des associations significatives avec la chaleur.

2. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

Pour qu'un programme de prévention des effets de la chaleur accablante puisse être efficace, nous devons être en mesure :

- de prévoir la survenue des impacts sanitaires négatifs, notamment des excès de mortalité ;
- de mettre en place les interventions nécessaires avant que ceux-ci ne se produisent.

Nous savons que lorsqu'une population est soumise à un stress thermique lié aux conditions météorologiques, il peut s'ensuivre un excès de mortalité qui apparaît habituellement à l'intérieur de 0 à 48 heures. À cause de cette latence très courte, si l'on attend l'arrivée des conditions adverses avant d'intervenir, il sera déjà trop tard pour prévenir la première vague de décès prématurés. Pour assurer une intervention préventive au moment opportun, il est nécessaire de se baser plutôt sur les prévisions météo et de tenter d'anticiper l'apparition des conditions adverses.

La mise en place d'un tel système prévisionnel demande que nous répondions à deux questions :

1. Quel indicateur de stress thermique doit-on utiliser pour prévoir des épisodes à risque pour la santé ? Clairement, on cherche un indicateur qui est simple, qui mesure le plus fidèlement possible le stress thermique subi par la population et qui est par ailleurs facile à dériver à partir des variables météorologiques pour lesquelles des prévisions relativement fiables sont disponibles.
2. Comment déterminer les seuils de l'indicateur qui sont prédictifs d'impacts sanitaires significatifs et qui pourront être utilisés pour déclencher des interventions préventives ? Cette

question est intimement reliée à la première, car le pouvoir discriminant de l'indicateur par rapport aux impacts sanitaires affectera directement la capacité d'identifier un seuil prévisionnel à la fois assez sensible et spécifique pour être appliqué en pratique.

2.1 Indicateurs de stress thermique

Le stress thermique subi par les individus est fonction de plusieurs variables météorologiques. La température, l'humidité, l'intensité du rayonnement solaire (ou la couverture nuageuse) et la vitesse des vents sont les principaux facteurs qui influencent les mécanismes physiologiques d'élimination de la chaleur et la capacité de l'organisme de maintenir une thermorégulation efficace.

Toutefois, les conditions précises d'exposition qui induiront une surmortalité populationnelle lors d'une canicule ne sont pas encore parfaitement comprises. Outre les seuils variables auxquels se produisent les excès de décès, l'étude des grandes canicules a aussi révélé que la persistance des conditions chaudes pendant plusieurs jours et l'absence d'accalmie durant la nuit (période plus fraîche pendant laquelle l'organisme peut récupérer) sont des facteurs d'exposition associés à l'élévation de la mortalité. De telles observations suggèrent qu'il est pertinent de considérer aussi des variables comme la température moyenne sur quelques jours et la température minimale atteinte la nuit pour caractériser le stress thermique subi par une population en période de canicule.

On peut classer les indicateurs de stress thermique en deux grands groupes. Les indicateurs dits simples sont basés sur seulement une ou deux variables météo. Par exemple la température maximale, la température minimale et l'humidex, un indice qui combine température et humidité. Il existe aussi des indicateurs dits complexes, qui reposent sur plusieurs variables météorologiques. Les masses d'air synoptiques, par exemple, sont utilisées à Toronto et dans certaines villes américaines. La température ressentie, qui est une température normalisée à un environnement de référence, est un autre exemple d'indicateur complexe.

La majorité des systèmes de vigie actuellement en place sont basés sur des indicateurs simples, qui sont plus faciles d'application tout en étant moins susceptibles au cumul d'incertitudes du à l'utilisation de prévisions pour un grand nombre de variables météo. Aussi, nous avons choisi de nous en tenir à l'étude d'indicateurs simples pour Montréal.

La Figure 1 ci-dessous résume la problématique générale de la prévision des épisodes de surmortalité.

Les méthodes que nous avons utilisées pour choisir un indicateur précis et identifier un seuil prédictif d'une surmortalité significative seront détaillées dans la section 4 (Analyse et résultats).

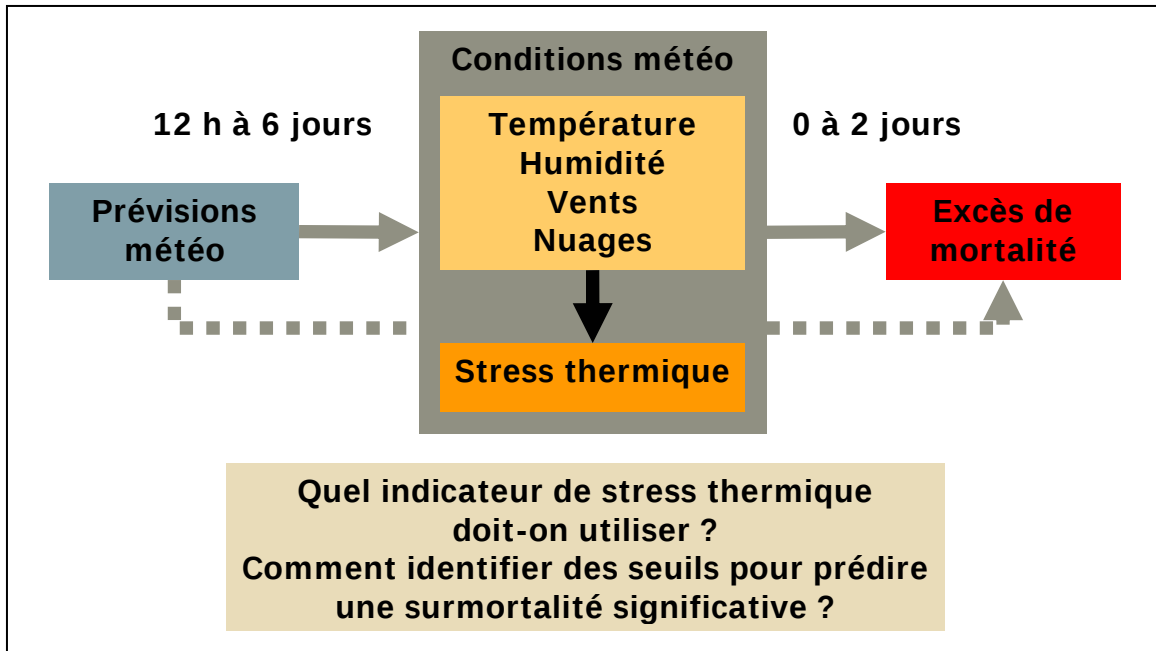


Figure 1 : Problématique générale de la prévision des épisodes de surmortalité liés à la chaleur.

3. DONNÉES ET SOURCES

Les données que nous avons utilisées dans le cadre des présents travaux sont les suivantes :

3.1 Données climatiques

3.1.1 Température

Des données de température horaire ont été obtenues d'Environnement Canada pour la période 1984-2003, et ce pour deux stations différentes sur l'île de Montréal, soit la station Dorval et la station du centre-ville (McGill/McTavish). Les moyennes des données horaires ont été calculées pour ces deux stations et nous avons ensuite calculé des séries quotidiennes de température minimale, maximale et moyenne (par période de 24 h allant de 0 h à 23 h 59).

3.1.2 Humidex

Environnement Canada nous a aussi fourni des données d'humidex horaire pour la même période. L'humidex est un facteur qui tient compte à la fois de la température et de l'humidité relative ; c'est une mesure de la température ressentie lorsqu'on tient compte de l'effet de l'humidité. Comme pour les températures, nous avons calculé des séries quotidiennes d'humidex maximal, minimal et moyen par période de 24 h, allant de 0 h à 23 h 59.

3.2 Données sanitaires

3.2.1 Décès

Des données sur le nombre quotidien de décès survenus à Montréal pour la période 1984-2003 ont été obtenues de l'Institut de la statistique du Québec. Nous avons utilisé seulement les décès des résidents de Montréal, pour éviter un biais de sélection dû à l'inclusion de décès de personnes gravement malades et hospitalisées dans les centres tertiaires de la région. À noter aussi qu'il s'agit d'un nombre total de décès, tous âges et toutes causes confondues.

3.3 Période de l'année étudiée

Bien que les données disponibles couvrent toute l'année, aux fins de l'analyse, nous avons utilisé seulement les données des mois de mai à septembre, inclusivement. Cette fenêtre permet de couvrir toute la période où des épisodes de chaleur sont susceptibles de se produire, sans toutefois inclure les mois d'hiver où la mortalité est communément affectée par d'autres facteurs tels le froid, les épidémies de maladies infectieuses, etc.

Tableau 1 Sommaire des données utilisées pour l'analyse.

Données	Fréquence	Période couverte
Température maximale, minimale et moyenne	Quotidienne, de 0 h à 23 h 59	Mois de mai à septembre, 1984 à 2003
Humidex maximal, minimal et moyen	Quotidienne, de 0 h à 23 h 59	Mois de mai à septembre, 1984 à 2003
Mortalité totale à Montréal, parmi les résidents de Montréal	Quotidienne, de 0 h à 23 h 59	Mois de mai à septembre, 1984 à 2003

4. ANALYSE ET RÉSULTATS

La première étape de notre analyse a été exploratoire. Elle visait à mieux comprendre la distribution des décès et leur association avec les variables météorologiques. Dans un deuxième temps, pour choisir un indicateur et identifier un seuil, nous avons effectué des simulations avec nos données historiques en reprenant la démarche suivie par l'Institut national de veille sanitaire en France dans leur rapport intitulé *Système d'alerte canicule et santé 2004* (Laaidi, K. et al, 2004). Cette démarche sera décrite un peu plus loin.

4.1 Mortalité et surmortalité

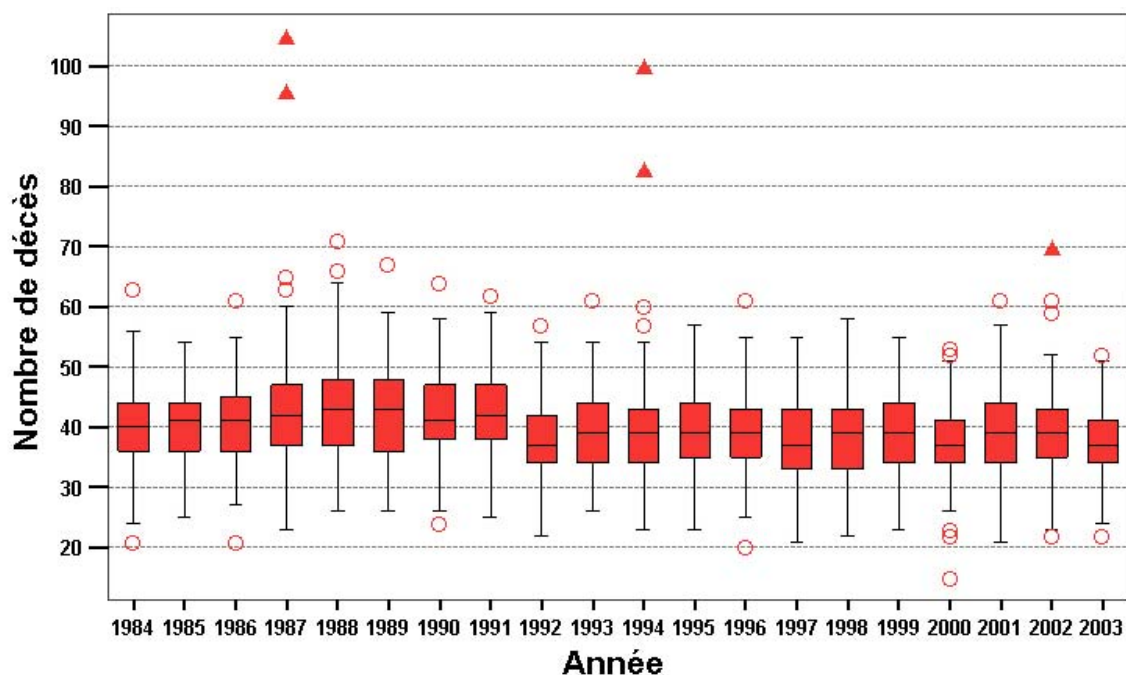
La Figure 2 permet d'apprécier les variations du nombre de décès quotidiens survenus à Montréal durant les mois de mai à septembre, de 1984 à 2003.

Il s'agit d'un « *box and whisker plot* », dans lequel :

- les rectangles verticaux représentent l'écart interquartile (du 1^{er} au 3^e quartile), qui comprend 50 % des journées ;
- la ligne horizontale qui traverse chaque rectangle représente la médiane ;

- les lignes verticales de part et d'autre du rectangle donnent la valeur la plus basse et la plus élevée, à l'exception des valeurs aberrantes ;
- les valeurs aberrantes sont représentées par des triangles (situées à plus de 3 fois l'écart interquartile du bord du rectangle) ou par des cercles (situées à plus de 1,5 fois l'écart interquartile du bord du rectangle).

Figure 2 : Mortalité quotidienne à Montréal, mois de mai à septembre, 1984 à 2003.



Le graphique montre que le nombre de décès quotidiens varie considérablement entre environ 25 et 55, avec une médiane autour de 40 décès par jour. Bien qu'il existe une variation à moyen et long terme du nombre médian de décès, celui-ci ne suit pas une tendance claire à la hausse ou à la baisse.

On constate aussi qu'en 20 ans, il n'y a eu que deux épisodes d'excès de mortalité qui se démarquent clairement de la situation habituelle. En effet, les deux points aberrants de 1987 (les triangles) sont deux jours qui se succèdent, formant ainsi un seul épisode (13 et 14 juillet 1987). Il en est de même pour les deux points aberrants de 1994 (18 et 19 juin 1994).

4.1.1 Calcul de la surmortalité

La surmortalité est la différence entre le nombre de décès observé et le nombre attendu, exprimée en pourcentage du nombre attendu.

Pour la calculer, nous avons d'abord établi une ligne de base pour la mortalité (c'est-à-dire la mortalité attendue) en effectuant :

1. une moyenne mobile sur le nombre quotidien de décès, avec une fenêtre de 15 jours, suivie par ;
2. une moyenne par date de calendrier sur les 20 ans de données disponibles.

Cette méthode tient compte des tendances saisonnières mais pas des tendances à long terme, qui sont peu marquées durant la période de 20 ans considérée. (À noter que nous avons aussi essayé de remplacer l'étape 2 par une moyenne mobile par date de calendrier avec une fenêtre de trois ou cinq ans pour tenir compte des tendances à long terme, mais cela n'avait pas d'impact sur les résultats de notre analyse pour des raisons qui deviendront apparentes plus loin.)

4.2 Association entre surmortalité et variables météorologiques

Une fois la surmortalité calculée, nous avons étudié les associations entre celle-ci et différentes variables météorologiques. Les variables ont été choisies pour essayer de tenir compte de phénomènes potentiels tels :

- une latence avant l'apparition d'une surmortalité (ex. : surmortalité vs température du jour précédent) ;
- une surmortalité conditionnelle à une persistance de conditions adverses pendant quelques jours (ex. : surmortalité vs température moyenne des jours précédents) ;
- une acclimatation progressive de la population au cours de l'été (ex. : surmortalité vs augmentation de température par rapport à la moyenne des 7 derniers jours).

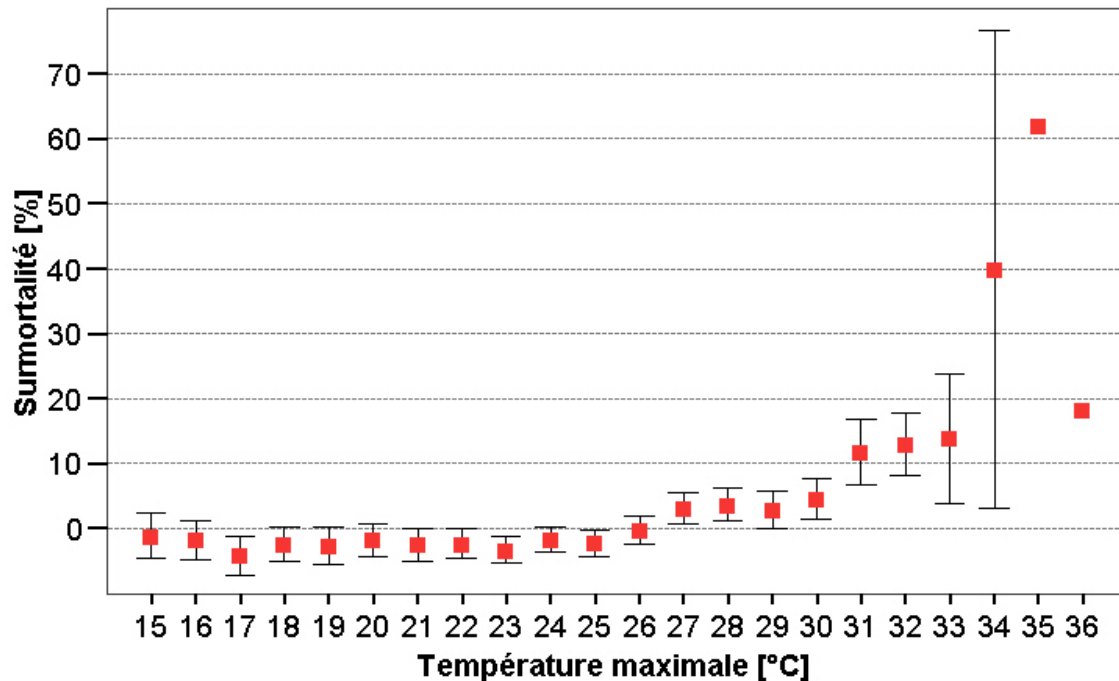
Les principales variables qui ont été considérées de manière exploratoire sont énumérées dans le Tableau 2. Nous ne présentons ici que les quelques résultats les plus pertinents.

Tableau 2 : Variables considérées pour étudier l'association entre les conditions météorologiques et la surmortalité.

Variables météorologiques	Variables de surmortalité
Température [max, min, moy] du jour j	Surmortalité du jour j, j+1 ou j+2
Température [max, min, moy] moyenne des jours j-2, j-1, j	Surmortalité cumulée de j-2, j-1, j
Température du jour j – température moyenne des [7, 15] jours précédents	Surmortalité cumulée de j, j+1, j+2

Le graphique qui suit montre la relation entre la surmortalité et la température maximale du même jour à Montréal. La relation a une forme semblable à celle typiquement observée dans d'autres grandes villes.

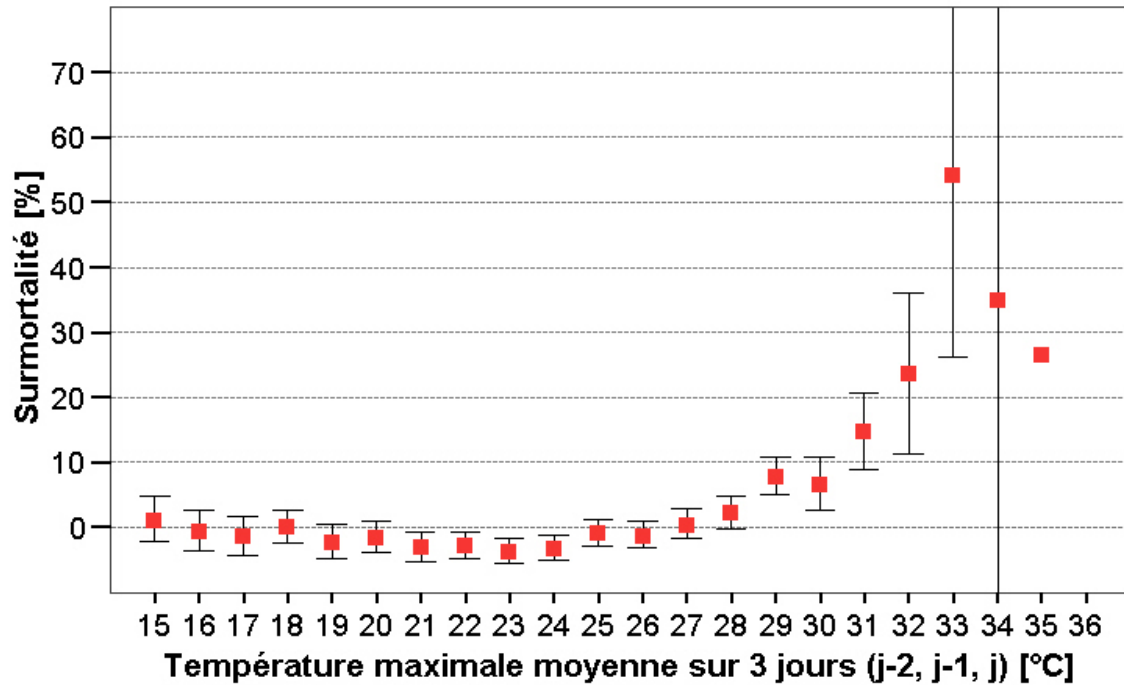
Figure 3 : Surmortalité quotidienne moyenne à Montréal selon la température maximale du même jour, mois de mai à septembre, 1984-2003.



Il existe une zone de plateau, correspondant à un régime de températures « confortables », où la mortalité demeure basse. À Montréal, cette zone s'étend jusqu'à environ 26 degrés celsius. Au-delà de cette température, la mortalité commence à s'élever ; lorsqu'on atteint environ 33 degrés, elle semble s'accroître de manière exponentielle. À noter qu'en incluant les journées froides du reste de l'année dans ce graphique, nous aurions observé une relation en U, avec une augmentation en miroir de la mortalité au fur et à mesure que la température s'abaisse.

Le graphique suivant, semblable au premier, montre la relation entre la température maximale moyenne sur trois jours et la surmortalité du troisième jour.

Figure 4 : Surmortalité quotidienne moyenne à Montréal selon la température maximale moyenne sur trois jours, mois de mai à septembre, 1984-2003.



Sous cette forme, la relation entre température et mortalité devient encore plus prononcée. Après trois jours consécutifs avec une moyenne de température maximale de 33 degrés, la surmortalité quotidienne moyenne qui est déjà en hausse grimpe rapidement à plus de 50 % d'excès. Ces observations suggèrent qu'à Montréal, les températures chaudes ont beaucoup plus d'impact si elles perdurent pendant au moins quelques jours.

Il est toutefois important de noter que très peu d'épisodes de chaleur se sont produits dans la région pendant la période étudiée et par conséquent, pour les températures les plus élevées, la surmortalité moyenne est calculée avec un échantillon de seulement quelques jours. C'est pourquoi l'incertitude est beaucoup plus élevée que pour les températures plus basses.

Les points d'inflexion observés dans les courbes précédentes peuvent nous guider empiriquement dans le choix d'un seuil d'alerte ou d'intervention qui serait basé sur la température maximale prévue. Toutefois, elles ne nous renseignent pas sur la sensibilité ou spécificité potentielle de ces seuils, ni sur la performance relative d'autres indicateurs.

La méthodologie suivie dans la prochaine section permet de pallier à ces lacunes et elle s'avère beaucoup plus utile pour identifier des critères précis de prévision de la surmortalité.

4.3 Indicateurs et seuils prévisionnels de surmortalité

La première étape de cette démarche consiste à identifier les épisodes de surmortalité survenus historiquement que l'on considère comme étant significatifs, c'est-à-dire les épisodes que l'on aurait souhaité prévoir si un système de vigie avait été en place. Nous effectuons ensuite des simulations avec les données historiques en testant différents indicateurs, chacun avec différents

niveaux seuils, pour trouver celui qui nous aurait permis de prévoir les épisodes significatifs le plus fidèlement possible.

4.3.1 Identification des épisodes de surmortalité significatifs

La mortalité quotidienne est un phénomène empreint d'une grande variabilité naturelle, comme on peut le voir à la Figure 1. En l'absence de toute influence extérieure (canicule, pollution, épidémie, accident, catastrophe naturelle, etc.), il est plausible de penser que le nombre de décès survenant à chaque période de 24 h obéisse à une distribution de Poisson. Or, avec un nombre moyen de 40 décès par jour comme c'est le cas à Montréal durant l'été, la distribution de Poisson montre qu'on dénombrera entre 25 et 55 décès quotidiens (dans 97,2 % des cas) par le simple fait du hasard. (Nos données montréalaises correspondent de près à une distribution de Poisson si l'on exclut les jours aberrants avec une mortalité nettement plus élevée).

Ce niveau de variabilité est inhérent à la nature aléatoire et indépendante de la plupart des décès, ce qui doit être pris en compte lorsqu'on étudie l'influence de facteurs externes tels la chaleur sur la mortalité. En effet, toute variation du nombre de décès d'amplitude inférieure à la variabilité naturelle pourra difficilement être attribuée à l'influence d'un facteur externe, car elle ne pourra être distinguée d'une variation purement aléatoire (par analogie, on ne peut pas isoler un signal inférieur au niveau moyen de bruit).

Tenant compte de cet état de fait, lorsqu'on cherche à identifier les épisodes significatifs de surmortalité, il est nécessaire de fixer un seuil assez élevé qui nous place au-delà de l'intervalle de variation aléatoire. L'étude de l'InVS suggère que pour une grande ville de la taille de Montréal, un seuil d'excès de 50 % par rapport à la moyenne quotidienne attendue peut être retenu pour identifier les épisodes significatifs. Avec des villes plus petites, un seuil d'excès de 100 % est mieux adapté pour tenir compte du faible nombre de décès quotidiens et du coefficient de variation qui est alors plus élevé.

En s'inspirant des conclusions de l'InVS, nous avons d'abord identifié 21 journées ayant une surmortalité d'au moins 50 % au cours des vingt années étudiées. On trouve en annexe des tableaux regroupant les données sanitaires et météorologiques pour ces 21 journées, lesquels se répartissent en 15 épisodes distincts (chaque épisode pouvant comporter plus d'une journée successive). L'analyse des données météorologiques correspondantes a toutefois révélé que les conditions de chaleur et d'humidité présentes lors de ces 21 journées sont peu spécifiques. En effet, il y a plusieurs autres jours avec des températures semblables mais sans aucun excès de mortalité.

Une analyse plus approfondie en testant des seuils croissants de 55 % et 60 % d'excès pour définir une surmortalité significative nous a finalement amené à retenir un seuil de 60% pour Montréal. Avec cette valeur, on trouve un total de sept journées avec une surmortalité significative, lesquels forment cinq épisodes distincts, incluant ceux de juillet 1987 et juin 1994 qui ont chacun duré deux jours.

Tableau 3 : Journées avec une surmortalité de plus de 60 % et épisodes correspondants.

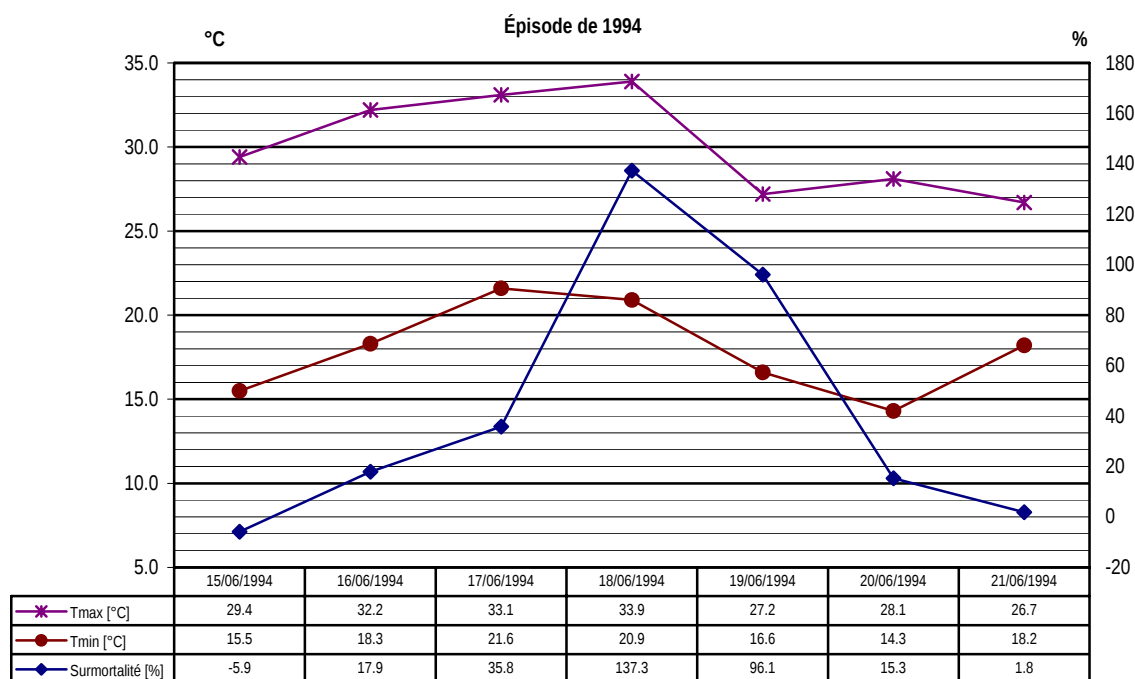
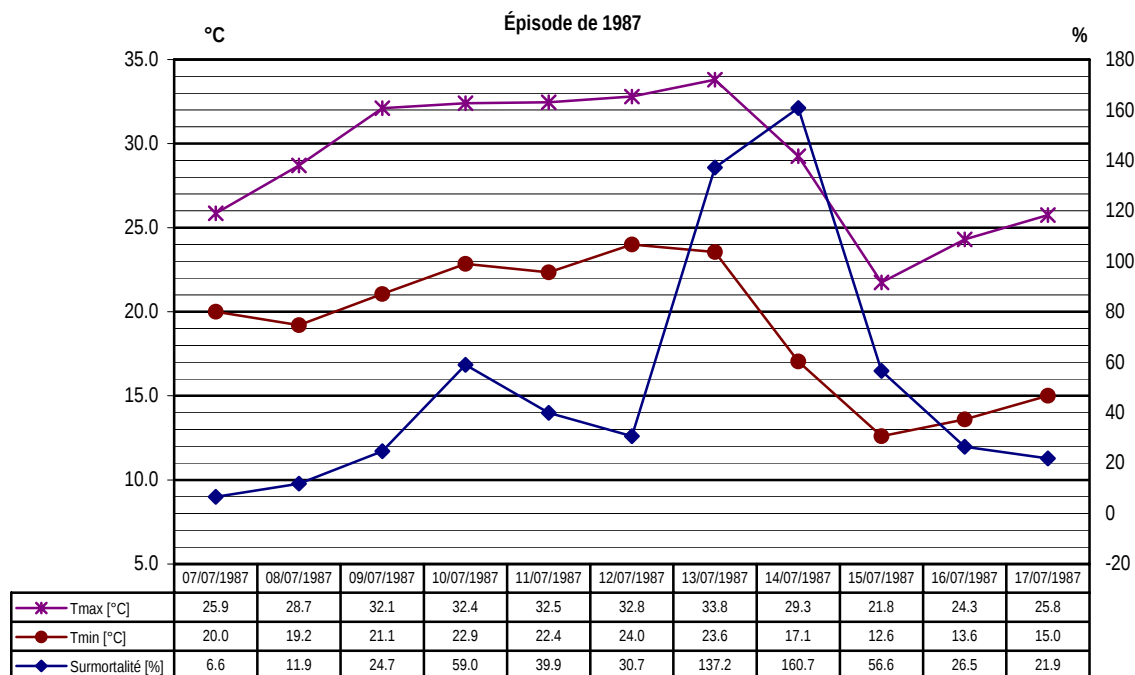
Date	13/07/1987	14/07/1987	18/06/1994	19/06/1994	03/07/2002	15/06/1988	10/06/1988
Surmortalité [%]	137.2	160.7	137.3	96.1	71.6	71.4	61.7
Tmax [°C]	33.8	29.3	33.9	27.2	33.9	33.5	20.0
Tmin [°C]	23.6	17.1	20.9	16.6	24.5	21.2	8.2
	Épisode 1		Épisode 2		Épisode 3	Épisode 4	Épisode 5
	Épisodes dus à la chaleur						

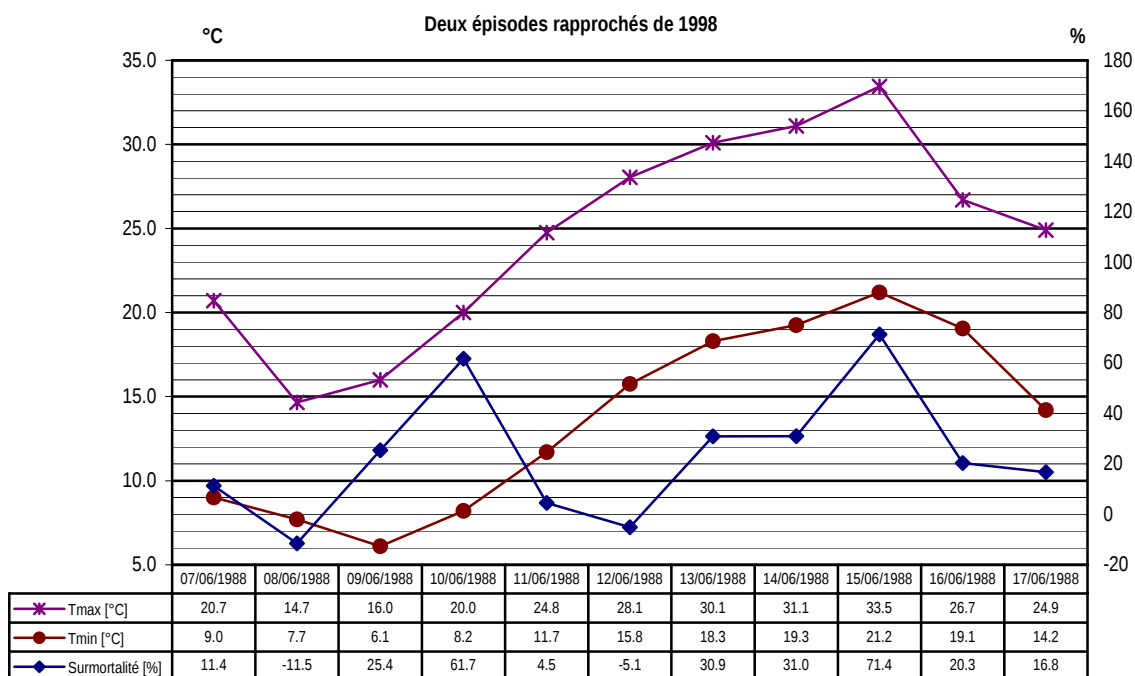
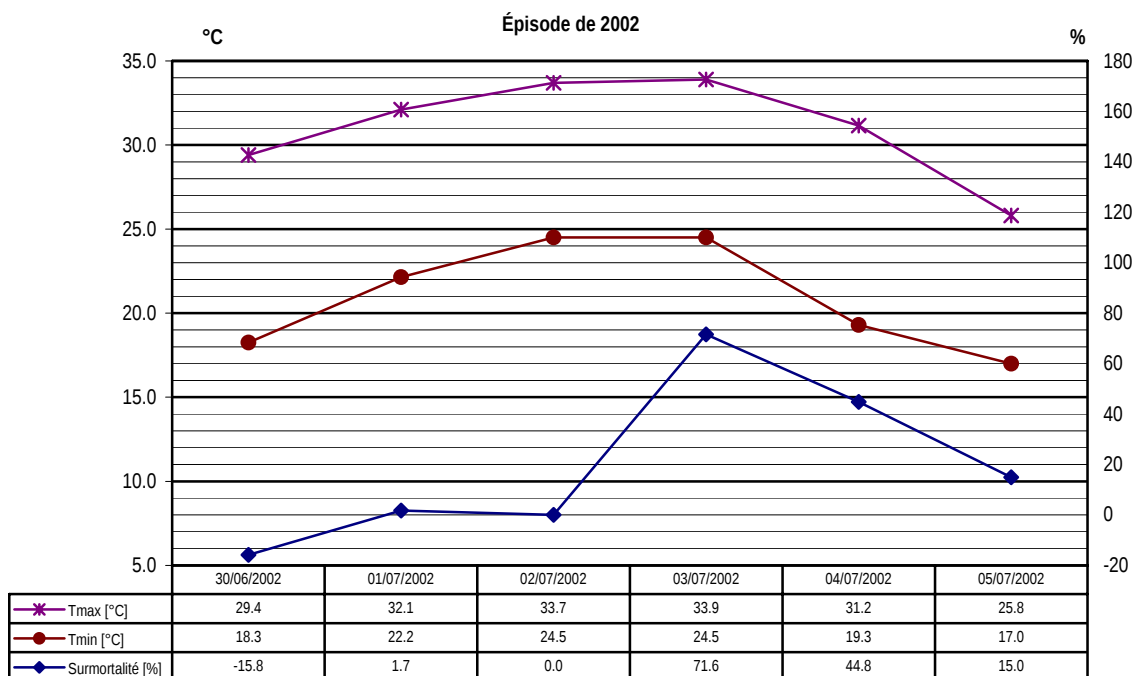
On remarque que tous les épisodes correspondent à des températures chaudes, à l'exception du dernier (10/06/1988), durant lequel les températures étaient fraîches (et l'humidité basse, comme on peut le voir en annexe). Cela signifie que l'excès de mortalité observé n'est pas lié à la chaleur, bien qu'il puisse être lié à d'autres conditions environnementales. Cette journée a été omise des épisodes significatifs à prévoir, ce qui nous laisse avec une cible de quatre épisodes pour les simulations. De ceux-ci, les épisodes 1 et 2 sont clairement les plus importants.

À noter que la ligne de base (c'est-à-dire la mortalité attendue calculée plus tôt) n'a que peu d'influence parce que nous ne retenons que les épisodes avec une surmortalité élevée ; pour ceux-ci, de petites variations de la ligne de base ont très peu d'impact.

Les graphiques qui suivent illustrent l'évolution de la mortalité et de la température autour de ces épisodes. Des données complètes se trouvent en annexe.

Figure 5 : Évolution de la mortalité et de la température autour des épisodes de surmortalité de plus de 60 % à Montréal.





On peut constater, tel qu'on l'avait déduit à la section précédente, que la première journée d'excès de mortalité apparaît habituellement après quelques jours de température élevée, ce qui dénote l'importance d'une chaleur persistante dans la genèse d'une surmortalité populationnelle, en plus d'une latence avant l'apparition de celle-ci. Ces trouvailles sont cohérentes avec les phénomènes observés ailleurs lors des grandes canicules.

4.3.2 Recherche d'indicateurs et de seuils par simulation

Une fois que l'on a identifié les quatre épisodes de surmortalité significatifs, on peut tester différents indicateurs et seuils de prévision avec les données météorologiques historiques. Le but est de trouver des conditions précises, portant sur une ou plusieurs variables météorologiques, qui puissent prédire ces épisodes de surmortalité avec la meilleure sensibilité et spécificité possible.

Pour chaque indicateur considéré, il s'agit de faire varier le seuil de prévision et de calculer à chaque fois le nombre d'épisodes prédits, le nombre d'épisodes manqués, ainsi que le nombre de fausses alertes (une fausse alerte est un épisode qui aurait été prédit selon le seuil retenu mais qui ne s'est pas produit en réalité). Ces données nous permettent ensuite de calculer la sensibilité et la spécificité obtenue avec chaque seuil, puis de choisir le seuil optimal pour l'indicateur donné. Par exemple, en utilisant un indicateur basé à la fois sur T_{max} et T_{min} , avec un critère de la forme $[(T_{ma} > t1) \text{ ET } (T_{min} > t2)]$, on fait varier les seuils $t1$ et $t2$ pour trouver le couple $(t1, t2)$ qui donne la meilleure sensibilité et spécificité prévisionnelle. En répétant ce processus pour les différents indicateurs considérés, on peut trouver celui qui donne la meilleure performance.

Pour calculer la sensibilité et la spécificité, nous avons utilisé comme cible de prévision les six jours de surmortalité supérieure à 60 % qui forment quatre épisodes tels que décrits précédemment. Nous avons considéré qu'un épisode était correctement prédit pourvu que l'on prédise au moins la première journée d'excès de l'épisode (l'intérêt étant d'anticiper précocement tout épisode, le fait de prédire seulement la deuxième journée ne suffirait pas). Pour le choix d'un seuil, nous avons en outre jugé qu'il était incontournable de prévoir correctement les épisodes 1 et 2.

Dans leur étude multicentrique, l'InVS a conclu que les deux variables les plus importantes sont la température maximale (T_{max}) et la température minimale (T_{min}), car c'est avec des seuils portant *simultanément* sur ces deux variables qu'ils obtiennent une sensibilité et spécificité optimales. À l'instar de l'InVS, l'analyse avec les données montréalaises a montré que des seuils portant à la fois sur T_{max} et T_{min} donnent la meilleure performance ; les résultats sont présentés ci-dessous.

4.3.3 Indicateur basé sur les températures maximale et minimale du même jour

Le Tableau 4 montre les sensibilités et spécificités obtenues avec des seuils portant simultanément sur la température maximale du jour (T_{max}) et la température minimale du jour (T_{min}). Étant donné que nous n'avons que six journées à prédire, la sensibilité variera de façon discrète en incréments d'un sixième. Pour chaque valeur de sensibilité possible, nous avons retenu le seuil qui donne la meilleure spécificité.

Tableau 4 : Seuils optimaux avec un indicateur basé sur T_{max} et T_{min} .

Tmax	Tmin	Jours prévus	Jours manqués	Sensibilité	Fausses alertes	Spécificité	Épisodes prévus
27	16	6	1	85.7%	518	82.92%	1-2-3-4
29	17	5	2	71.4%	257	91.53%	1-2-3-4
33	20	4	3	57.1%	13	99.57%	1-2-3-4
33	21	3	4	42.9%	12	99.61%	1-3-4
33	23	2	5	28.6%	3	99.90%	1-3
33	24	1	6	14.3%	2	99.93%	3

Avec cet indicateur, en respectant la condition que les épisodes 1 et 2 doivent être correctement prédits, les seuils optimaux seraient $T_{max} > 33$ et $T_{min} > 20$. Clairement, la spécificité est très importante car on ne peut pas tolérer un nombre élevé de fausses alertes. Le détail des jours et épisodes prévus avec ces seuils apparaît dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Jours et épisodes prévus (en ombragé) avec un indicateur basé sur T_{max} et T_{min} , seuils de 33 et 20.

Date	13/07/1987	14/07/1987	18/06/1994	19/06/1994	03/07/2002	15/06/1988	10/06/1988
Surmortalité [%]	137.2	160.7	137.3	96.1	71.6	71.4	61.7
Tmax [°C]	33.8	29.3	33.9	27.2	33.9	33.5	20.0
Tmin [°C]	23.6	17.1	20.9	16.6	24.5	21.2	8.2
	Épisode 1		Épisode 2		Épisode 3	Épisode 4	Épisode 5

En somme, avec des seuils combinés sur T_{max} et T_{min} , on peut prévoir tous les épisodes, tout en n'émettant que 13 fausses alertes en 20 ans, soit moins d'une par année. La valeur prédictive positive est alors de 24 %.

Il faut aussi savoir que les fausses alertes correspondent le plus souvent à des journées où la mortalité était plus élevée qu'en moyenne, bien qu'elle n'ait pas atteint l'excès ciblé de 60 %. D'un point de vue de santé publique, ces alertes ne seraient donc pas complètement injustifiées.

Notons que l'on peut également tester des seuils portant uniquement sur T_{max} ou T_{min} pour étudier leur apport respectif. Une telle analyse révèle que T_{max} est la variable la plus importante, tant pour la sensibilité que la spécificité. Le fait d'ajouter une condition supplémentaire sur T_{min} ne permet pas de gagner en sensibilité, mais elle permet néanmoins de réduire le nombre de fausses alertes de un ou deux en 20 ans.

4.3.4 Indicateur basé sur les températures maximale et minimale moyennées sur trois jours

Nous avons trouvé qu'il était possible d'améliorer encore la spécificité des seuils prévisionnels en considérant la moyenne des températures sur une période de 3 jours qui se termine le jour de l'excès de mortalité à prévoir. Si la journée d'excès à prévoir est dénotée j , on prend alors la température maximale moyenne et minimale moyenne des jours $j-2$, $j-1$ et j (dénotées T_{max3j} et T_{min3j}). De toutes les variables de température testées lors des analyses, il s'agit de celles qui permettent d'obtenir les meilleurs résultats.

Tableau 6 : Seuils optimaux avec un indicateur basé sur T_{max3j} et T_{min3j} .

Tmax	Tmin	Jours prévus	Jours manqués	Sensibilité	Fausses alertes	Spécificité	Épisodes prévus
31	19	6	1	85.1%	42	98.64%	1-2-3-4
31	20	4	3	57.1%	36	98.83%	1-2-3
33	20	3	4	42.9%	4	99.87%	1-2-3
33	23	2	5	28.6%	0	100.00%	1-3

Par rapport à précédemment, les seuils optimaux sont encore de 33 et 20, mais cette fois-ci on ne prévoit que trois des quatre épisodes dus à la chaleur. Cependant, on gagne beaucoup en

spécificité, avec seulement quatre fausses alertes en 20 ans, plutôt que 13. De plus, on prévoit toujours les deux épisodes majeurs qui sont nos incontournables. Les quatre fausses alertes forment en fait trois épisodes (deux d'entre elles étant des journées successives), ce qui donne une valeur prédictive positive de 50 % en termes d'épisodes (et de 43 % en termes de journées).

Tableau 7 : Jours et épisodes prévus (en ombragé) avec un indicateur basé sur T_{max3j} et T_{min3j} , seuils de 33 et 20.

Date	13/07/1987	14/07/1987	18/06/1994	19/06/1994	03/07/2002	15/06/1988	10/06/1988
Surmortalité [%]	137.2	160.7	137.3	96.1	71.6	71.4	61.7
Tmax [°C]	33.8	29.3	33.9	27.2	33.9	33.5	20.0
Tmin [°C]	23.6	17.1	20.9	16.6	24.5	21.2	8.2
	Épisode 1		Épisode 2		Épisode 3	Épisode 4	Épisode 5

4.3.5 Indicateur basé sur l'humidex maximal moyenné sur trois jours

Le seul autre indicateur qui ait démontré une performance supérieure à T_{max3j} et T_{min3j} est la moyenne de l'humidex maximal sur trois jours (dénote H_{max3j}). Les résultats sont présentés ci-dessous.

Tableau 8 : Seuils optimaux avec un indicateur basé sur H_{max3j} .

Hmax	Jours prévus	Jours manqués	Sensibilité	Fausses alertes	Spécificité	Épisodes prévus
34	6	1	85.1%	297	92.99%	1-2-3-4
39	5	2	71.4%	29	99.05%	1-2-3
42	4	3	57.1%	3	99.90%	1-2-3
43	3	4	42.9%	1	99.97%	1-2-3

On voit qu'avec le seuil $H_{max3j} > 43$, on obtient une spécificité légèrement supérieure qu'avec T_{max3j} et T_{min3j} . En effet, on prévoit les trois mêmes jours et les trois épisodes les plus importants, mais on réduit les fausses alertes à seulement une en 20 ans, par comparaison à trois si on utilise les températures. Cela fait grimper la valeur prédictive à 75 %.

Tableau 9 : Jours et épisodes prévus (en ombragé) avec un indicateur basé sur H_{max3j} , seuil de 43.

Date	13/07/1987	14/07/1987	18/06/1994	19/06/1994	03/07/2002	15/06/1988	10/06/1988
Surmortalité [%]	137.2	160.7	137.3	96.1	71.6	71.4	61.7
Tmax [°C]	33.8	29.3	33.9	27.2	33.9	33.5	20.0
Tmin [°C]	23.6	17.1	20.9	16.6	24.5	21.2	8.2
	Épisode 1		Épisode 2		Épisode 3	Épisode 4	Épisode 5

Les résultats ne sont pas présentés ici, mais nous avons aussi comparé l'humidex maximal du même jour aux températures (T_{max} et T_{min}), avec lesquelles on obtient 13 fausses alertes (Tableau 4). Avec l'humidex maximal, on prévoit les trois mêmes épisodes, mais on obtient 10 fausses alertes en 20 ans. L'humidex est donc légèrement plus performant que les températures à cause d'une spécificité accrue.

Ces résultats pourraient porter à croire qu'il est préférable d'utiliser l'humidex plutôt que les températures dans un système prévisionnel pour la vigie sanitaire. Il faut cependant se rappeler que lorsque que tels critères sont appliqués en temps réel, les données météorologiques dont on dispose sont elles-mêmes des prévisions comportant une marge d'incertitude. Étant donné que l'humidex est un facteur qui dépend à la fois de la température et de l'humidité relative, les incertitudes sur ces deux paramètres seront cumulées dans la prévision du facteur humidex (on sait que l'incertitude sur les prévisions d'humidité est plus élevée que celle sur les températures). De plus, l'humidité et/ou l'humidex ne font pas partie des variables courantes dans les bulletins météo à long terme (plus de 24 h), ce qui limite considérablement leur utilité dans un système prospectif de vigie où on cherche à prévoir quelques jours à l'avance les excès probables de mortalité.

4.3.6 *Autres variables sanitaires*

D'autres variables sanitaires ont aussi été testées. Par exemple, pour essayer de tenir compte des épisodes de surmortalité qui durent plus d'une journée, nous avons aussi effectué les mêmes analyses en fonction d'épisodes définis selon la surmortalité cumulée sur deux ou trois jours. Avec nos données montréalaises comportant un petit nombre d'épisodes, une telle définition ne permet pas d'améliorer la performance des prévisions.

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

L'analyse effectuée nous amène à recommander les seuils suivants pour prévoir les épisodes de surmortalité d'au moins 60 % qui durent au moins une journée :

$$T_{max3j} > 33 \text{ et } T_{min3j} > 20 ;$$

où T_{max3j} est la température maximale moyenne sur trois jours consécutifs et T_{min3j} est la température minimale moyenne sur trois jours consécutifs.

En surveillant les prévisions météorologiques des 72 heures à venir, on peut anticiper un épisode de surmortalité débutant au troisième jour lorsque ces seuils de température moyenne sur trois jours sont dépassés (valeur prédictive positive de 50 %).

Lorsque ces mêmes seuils sont atteints pour une seule journée :

$$T_{max} > 33 \text{ et } T_{min} > 20 ;$$

il est également possible qu'on observe un excès de mortalité le même jour, mais la valeur prédictive positive est alors beaucoup plus basse (24 %). Il est toutefois probable que la valeur prédictive soit plus grande si les températures atteignent des niveaux encore plus élevés que ces seuils, même pour une seule journée. Des températures extrêmes durant une seule journée devraient donc être considérées à risque aussi, même si nos données sont actuellement insuffisantes pour identifier un seuil au-delà de 33/20.

Rappelons que les conditions sur les températures minimales sont secondaires ; leur présence réduit légèrement la probabilité d'une fausse alerte, mais des valeurs de température maximale élevées devraient aussi être considérées à risque, même si la température minimale n'atteignait

pas 20 degrés. Une telle situation est de toute façon extrêmement rare parce que les températures maximale et minimale sont fortement corrélées.

Il faut aussi insister sur les nombreuses limitations des seuils retenus. L'analyse a été effectuée avec des données d'observation et non pas avec des prévisions. Or, l'incertitude des prévisions météorologiques, surtout celles à long terme, peut être considérable. De plus, les données historiques demeurent extrêmement limitées. En effet, il y a eu très peu de journées où les seuils ont été dépassés, et aucun épisode prolongé de canicule ne s'est jamais produit au cours de la période étudiée. Les données ne nous permettent pas de prédire quelle serait la réponse populationnelle à une canicule comparable à celle survenue en Europe à l'été 2003. La portée de l'analyse se limite à identifier un seuil au-delà duquel le risque augmente sans contredit ; une fois ce seuil traversé, la relation dose-réponse demeure essentiellement inconnue.

Pour toutes ces raisons, il ne faut en aucun cas appliquer ces seuils de manière rigide ou machinale. Ils devraient servir comme guide pour les responsables de la vigie, lesquels doivent avant tout exercer un jugement de santé publique en tenant compte de toute l'information disponible sur la situation réelle à laquelle ils sont confrontés.

Il faut entre autres allouer une marge d'incertitude aux prévisions météorologiques et tenir compte de conditions d'exposition particulières, telles des températures extrêmes pour une période brève, ou encore la présence concomitante d'une pollution atmosphérique inhabituelle. Pour éviter qu'une situation imprévue ne nous échappe, il est par ailleurs utile de se doter d'un « filet de sécurité » et d'effectuer la surveillance de la mortalité en temps réel. Un tel système de surveillance a été mis en place à Montréal dès l'été 2004.

Pour plus d'informations sur l'application des seuils identifiés dans ce document et sur le programme de prévention montréalais des effets de la chaleur, vous pouvez consulter le document intitulé *Plan montréalais de prévention et protection en cas de chaleur accablante 2005*, disponible sur le site internet de la Direction de santé publique de Montréal au <http://santepub-mtl.qc.ca>.

BIBLIOGRAPHIE

Auger N et Kosatsky T. Hot weather watch warning system: A proposal for Montreal-Centre. Direction de santé publique de Montréal, janvier 2002.

Koppe C et al., Heat-waves : risks and responses. Health and Global Environment Change, Series N°2. Organisation mondiale de la santé Europe, mars 2004.

http://www.who.dk/eprise/main/WHO/Progs/CASH/HeatCold/20040331_1

Laaidi K et al., Système d'Alerte Canicule et Santé 2004. Rapport opérationnel. Institut national de veille sanitaire de France, avril 2004.

http://www.invs.sante.fr/publications/2004/syst_alerte_canicule/index.html

ANNEXES

Tableaux de données pour les journées estivales (mai à septembre) avec une surmortalité d'au moins 50%, 1984-2003

On trouve 21 journées avec une surmortalité d'au moins 50% (en jaune), regroupées en 15 épisodes. De ces 21 journées, 7 ont des excès qui dépassent 60% (en orange) et elles sont réparties sur 5 épisodes. Les épisodes sont présentés par ordre décroissant de la surmortalité maximale atteinte. T est la température et H est l'humidex; les valeurs maximum, minimum et moyenne sont pour la période de 24h allant de 0h à 23h59.

Épisode 1	10049	10050	10051	10052	10053	10054	10055	10056	10057	10058	10059
Date	07/07/1987	08/07/1987	09/07/1987	10/07/1987	11/07/1987	12/07/1987	13/07/1987	14/07/1987	15/07/1987	16/07/1987	17/07/1987
Surmortalité [%]	6.6	11.9	24.7	59.0	39.9	30.7	137.2	160.7	56.6	26.5	21.9
Nb décès	44	46	51	65	57	53	96	105	63	51	49
Tmax [°C]	25.9	28.7	32.1	32.4	32.5	32.8	33.8	29.3	21.8	24.3	25.8
Tmin [°C]	20.0	19.2	21.1	22.9	22.4	24.0	23.6	17.1	12.6	13.6	15.0
Tmoy [°C]	23.0	24.0	26.6	27.7	27.5	28.5	28.7	23.2	17.2	19.0	20.4
Hmax [°C]	31.2	37.6	41.3	41.1	42.8	43.8	43.7	38.9	22.3	24.3	28.4
Hmin [°C]	24.4	24.4	26.6	30.0	29.7	32.6	31.3	20.6	14.0	13.0	16.9
Hmoy [°C]	27.1	30.2	35.1	35.9	36.5	38.4	36.8	30.8	18.3	19.7	23.3

Épisode 2	12584	12585	12586	12587	12588	12589	12590
Date	15/06/1994	16/06/1994	17/06/1994	18/06/1994	19/06/1994	20/06/1994	21/06/1994
Surmortalité [%]	-5.9	17.9	35.8	137.3	96.1	15.3	1.8
Nb décès	39	49	57	100	83	49	43
Tmax [°C]	29.4	32.2	33.1	33.9	27.2	28.1	26.7
Tmin [°C]	15.5	18.3	21.6	20.9	16.6	14.3	18.2
Tmoy [°C]	22.5	25.3	27.4	27.4	21.9	21.2	22.5
Hmax [°C]	35.7	42.5	44.5	44.3	30.0	29.1	33.9
Hmin [°C]	21.3	23.9	30.2	28.5	23.1	18.2	22.5
Hmoy [°C]	29.6	34.3	36.7	37.0	27.1	25.4	28.2

Épisode 3	15521	15522	15523	15524	15525	15526
Date	30/06/2002	01/07/2002	02/07/2002	03/07/2002	04/07/2002	05/07/2002
Surmortalité [%]	-15.8	1.7	0.0	71.6	44.8	15.0
Nb décès	35	42	41	70	59	47
Tmax [°C]	29.4	32.1	33.7	33.9	31.2	25.8
Tmin [°C]	18.3	22.2	24.5	24.5	19.3	17.0
Tmoy [°C]	23.9	27.2	29.2	29.2	25.3	21.4
Hmax [°C]	33.6	43.1	45.8	44.1	38.3	29.2
Hmin [°C]	21.4	27.4	33.0	33.3	23.5	20.6
Hmoy [°C]	28.6	34.2	38.7	38.7	33.2	24.4

Épisodes 4 et 5	10385	10386	10387	10388	10389	10390	10391	10392	10393	10394	10395
Date	07/06/1988	08/06/1988	09/06/1988	10/06/1988	11/06/1988	12/06/1988	13/06/1988	14/06/1988	15/06/1988	16/06/1988	17/06/1988
Surmortalité [%]	11.4	-11.5	25.4	61.7	4.5	-5.1	30.9	31.0	71.4	20.3	16.8
Nb décès	45	36	51	66	43	39	54	54	71	50	49
Tmax [°C]	20.7	14.7	16.0	20.0	24.8	28.1	30.1	31.1	33.5	26.7	24.9
Tmin [°C]	9.0	7.7	6.1	8.2	11.7	15.8	18.3	19.3	21.2	19.1	14.2
Tmoy [°C]	14.9	11.2	11.1	14.2	18.3	21.9	24.2	25.2	27.4	22.9	19.6
Hmax [°C]	17.7	15.0	13.3	18.6	27.3	32.3	33.9	35.2	36.8	28.1	25.3
Hmin [°C]	5.6	4.8	2.6	8.0	11.7	15.2	19.5	20.3	23.2	17.0	14.1
Hmoy [°C]	12.4	10.0	8.9	12.7	19.0	24.2	26.8	28.3	30.4	25.1	19.7

Épisode 6	10766	10767	10768	10769	10770	10771
Date	23/06/1989	24/06/1989	25/06/1989	26/06/1989	27/06/1989	28/06/1989
Surmortalité [%]	18.7	28.4	17.0	59.9	14.5	22.0
Nb décès	50	54	49	67	48	51
Tmax [°C]	32.9	29.9	29.0	28.7	29.2	24.3
Tmin [°C]	20.8	19.9	17.6	21.5	20.4	16.0
Tmoy [°C]	26.8	24.9	23.3	25.1	24.8	20.2
Hmax [°C]	38.1	32.9	33.3	35.9	36.7	29.6
Hmin [°C]	25.4	24.5	20.7	24.8	25.0	13.6
Hmoy [°C]	32.5	28.8	27.5	29.6	31.0	23.6

Épisode 7	15563	15564	15565	15566	15567	15568
Date	11/08/2002	12/08/2002	13/08/2002	14/08/2002	15/08/2002	16/08/2002
Surmortalité [%]	-8.6	4.2	-3.5	59.0	-0.6	28.9
Nb décès	35	40	37	61	38	49
Tmax [°C]	31.6	32.6	31.8	35.4	29.5	31.4
Tmin [°C]	19.0	20.9	23.4	22.1	23.6	21.6
Tmoy [°C]	25.3	26.8	27.7	28.8	26.6	26.5
Hmax [°C]	36.4	37.9	39.4	41.6	37.4	40.6
Hmin [°C]	22.0	25.8	29.4	28.0	31.5	30.3
Hmoy [°C]	29.4	32.4	34.5	35.0	33.9	35.1

Épisode 8	10414	10415	10416	10417	10418	10419	10420	10421	10422
Date	06/07/1988	07/07/1988	08/07/1988	09/07/1988	10/07/1989	11/07/1989	12/07/1989	13/07/1989	14/07/1989
Surmortalité [%]	2.2	-17.6	24.0	56.5	51.6	49.8	52.9	6.3	19.2
Nb décès	42	34	51	64	62	61	62	43	48
Tmax [°C]	28.3	30.4	32.3	33.5	32.0	26.6	27.2	26.4	26.9
Tmin [°C]	20.1	21.6	23.4	23.6	22.1	21.0	17.9	14.7	15.6
Tmoy [°C]	24.2	26.0	27.9	28.5	27.1	23.8	22.6	20.6	21.3
Hmax [°C]	36.1	37.7	42.1	40.7	40.2	33.8	31.2	27.6	34.6
Hmin [°C]	23.1	27.0	28.8	29.8	27.2	28.8	18.1	15.1	18.5
Hmoy [°C]	29.5	32.6	35.6	35.4	34.7	31.1	27.3	22.4	26.5

Épisode 9	8922	8923	8924	8925	8926	8927
Date	05/06/1984	06/06/1984	07/06/1984	08/06/1984	09/06/1984	10/06/1984
Surmortalité [%]	19.9	-12.9	-3.5	54.8	18.0	-21.6
Nb décès	48	35	39	63	48	32
Tmax [°C]	26.0	25.3	29.1	30.2	29.4	29.3
Tmin [°C]	12.8	16.2	19.2	20.8	20.4	17.2
Tmoy [°C]	19.4	20.8	24.2	25.5	24.9	23.3
Hmax [°C]	26.9	31.6	39.6	37.9	35.9	36.8
Hmin [°C]	12.1	18.5	24.8	26.9	24.0	19.9
Hmoy [°C]	20.6	24.4	30.2	31.8	31.4	27.6

Épisode 10	10073	10074	10075	10076	10077	10078
Date	31/07/1987	01/08/1987	02/08/1987	03/08/1987	04/08/1987	05/08/1987
Surmortalité [%]	12.3	19.6	-5.3	53.5	30.8	-7.1
Nb décès	44	47	37	60	51	36
Tmax [°C]	23.6	25.8	27.6	26.4	26.1	22.3
Tmin [°C]	12.8	12.5	13.4	19.2	19.1	11.3
Tmoy [°C]	18.2	19.2	20.5	22.8	22.7	16.8
Hmax [°C]	24.2	25.0	28.8	33.8	34.3	21.6
Hmin [°C]	11.8	10.0	13.7	25.8	20.8	10.2
Hmoy [°C]	18.0	18.7	23.3	29.4	28.8	17.6

Épisode 11	11565	11566	11567	11568	11569	11570
Date	31/08/1991	01/09/1991	02/09/1991	03/09/1991	04/09/1991	05/09/1991
Surmortalité [%]	32.9	15.1	4.3	53.4	16.8	-11.3
Nb décès	51	44	40	59	45	34
Tmax [°C]	21.2	17.7	20.7	26.7	21.3	24.2
Tmin [°C]	7.8	7.6	9.9	12.5	16.3	14.4
Tmoy [°C]	14.5	12.7	15.3	19.6	18.9	19.3
Hmax [°C]	27.9	16.6	21.2	29.6	25.5	26.4
Hmin [°C]	8.2	6.5	8.0	14.1	16.5	15.4
Hmoy [°C]	19.5	11.3	15.4	21.8	22.0	21.3

Épisode 12	11134	11135	11136	11137	11138	11139
Date	26/06/1990	27/06/1990	28/06/1990	29/06/1990	30/06/1990	01/07/1990
Surmortalité [%]	5.0	16.9	-4.3	52.7	-3.8	-22.5
Nb décès	44	49	40	64	40	32
Tmax [°C]	27.1	22.9	20.0	17.6	22.4	23.4
Tmin [°C]	15.9	15.5	12.3	12.2	13.2	14.7
Tmoy [°C]	21.5	19.3	16.2	15.0	17.9	19.1
Hmax [°C]	29.7	27.4	20.4	18.5	25.0	26.7
Hmin [°C]	17.5	15.6	11.8	12.3	15.2	17.9
Hmoy [°C]	23.9	22.0	15.7	15.6	20.1	21.4

Épisode 13	9693	9694	9695	9696	9697	9698
Date	16/07/1986	17/07/1986	18/07/1986	19/07/1986	20/07/1986	21/07/1986
Surmortalité [%]	-47.9	-10.5	11.6	52.3	0.4	5.7
Nb décès	21	36	45	61	40	42
Tmax [°C]	27.2	27.3	28.7	30.1	26.3	22.8
Tmin [°C]	15.6	18.2	19.8	20.0	20.3	14.2
Tmoy [°C]	21.4	22.8	24.3	25.1	23.3	18.5
Hmax [°C]	30.6	32.8	36.1	34.7	37.4	25.2
Hmin [°C]	18.3	21.5	25.8	26.6	25.2	15.5
Hmoy [°C]	24.9	27.8	31.2	30.9	31.1	20.5

Épisode 14	10839	10840	10841	10842	10843	10844
Date	04/09/1989	05/09/1989	06/09/1989	07/09/1989	08/09/1989	09/09/1989
Surmortalité [%]	19.4	17.4	-0.8	51.7	-13.6	17.6
Nb décès	46	45	38	58	33	45
Tmax [°C]	22.7	21.8	25.2	27.8	28.0	28.9
Tmin [°C]	8.1	12.7	14.7	16.5	18.0	20.8
Tmoy [°C]	15.4	17.3	19.9	22.2	23.0	24.9
Hmax [°C]	22.1	23.6	30.7	33.0	34.1	37.5
Hmin [°C]	4.2	12.2	15.4	19.7	21.8	27.4
Hmoy [°C]	15.4	18.1	22.8	26.6	28.7	31.8

Épisode 15	13339	13340	13341	13342	13343	13344
Date	09/07/1996	10/07/1996	11/07/1996	12/07/1996	13/07/1996	14/07/1996
Surmortalité [%]	-19.3	34.5	0.7	50.4	-13.5	-0.7
Nb décès	33	55	41	61	35	40
Tmax [°C]	24.9	21.1	25.3	27.5	24.0	27.6
Tmin [°C]	13.8	12.9	13.7	15.3	16.7	17.2
Tmoy [°C]	19.4	17.0	19.5	21.4	20.4	22.4
Hmax [°C]	27.7	22.7	28.0	30.2	30.1	34.3
Hmin [°C]	16.9	15.2	16.2	17.7	23.7	21.5
Hmoy [°C]	23.6	19.5	22.3	24.5	26.9	28.7

BON DE COMMANDE

QUANTITÉ	TITRE DE LA PUBLICATION	PRIX UNITAIRE (tous frais inclus)	TOTAL
	Programme de vigie et de prévention des effets de la chaleur accablante à Montréal Définition épidémiologique des seuils d'alerte et de mobilisation pour Montréal	10\$	
	NUMÉRO D'ISBN OU D'ISSN 2-89494-468-3		
Nom _____			
Organisme _____			
Adresse _____			
No _____ Rue _____ App. _____			
Ville _____ Code postal _____			
Téléphone _____ Télécopieur _____			

**Les commandes sont payables à l'avance par chèque ou mandat-poste à l'ordre de la
Direction de santé publique de Montréal.**

Retourner à l'adresse suivante :

Centre de documentation
Direction de santé publique de Montréal
1301, rue Sherbrooke Est
Montréal (Québec)
H2L 1M3

Pour information : (514) 528-2400, poste 3646.

