

Science, impacts et adaptation. Risques associés à la température en milieu urbain: Apport d'approches de modélisation spatio-temporelle de l'exposition des populations

Audrey Smargiassi, Ph.D.

Chaire sur la pollution de l'air, les changements
climatiques et la santé en partenariat avec l'INSPQ
et la DSP de Montréal, Université de Montréal

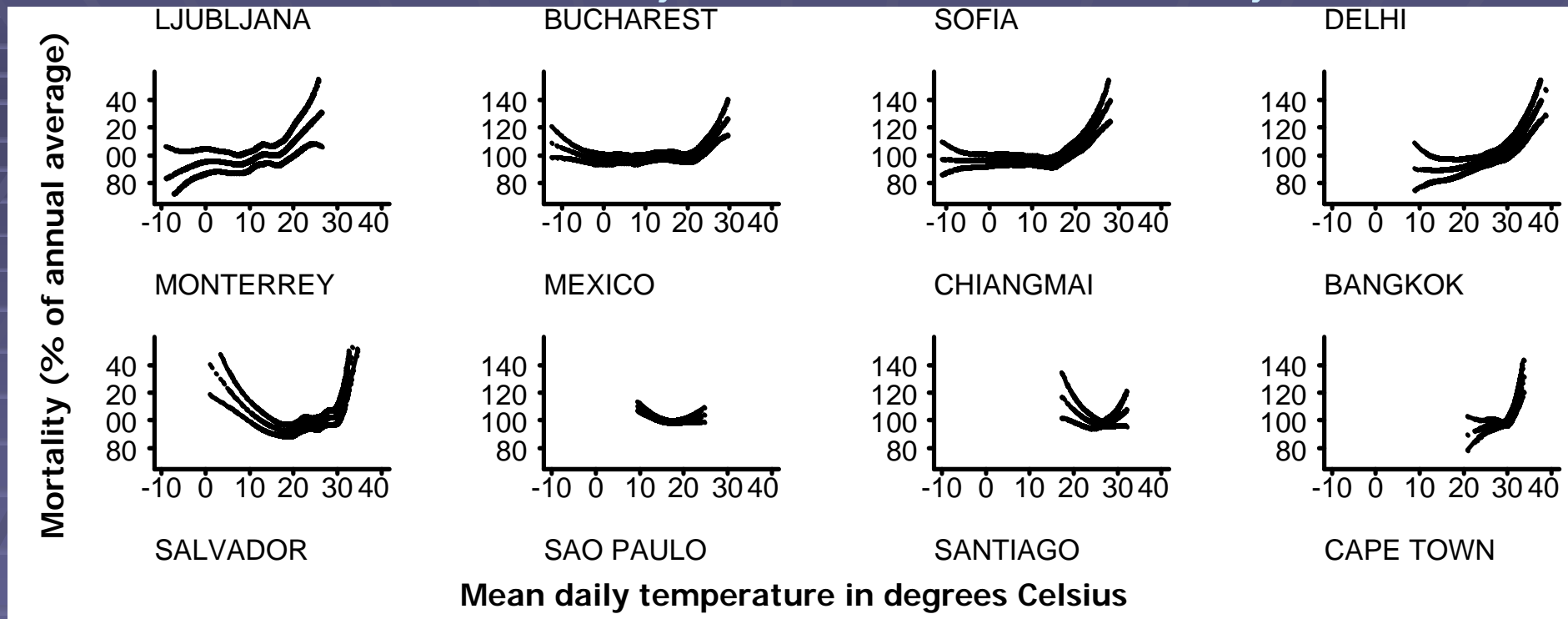
27 avril 2010

Plan

1. Données probantes quant à la variation géographique des risques de mortalité associés à la température
2. Approche visant à localiser les individus les plus exposés à la chaleur à Montréal

Introduction

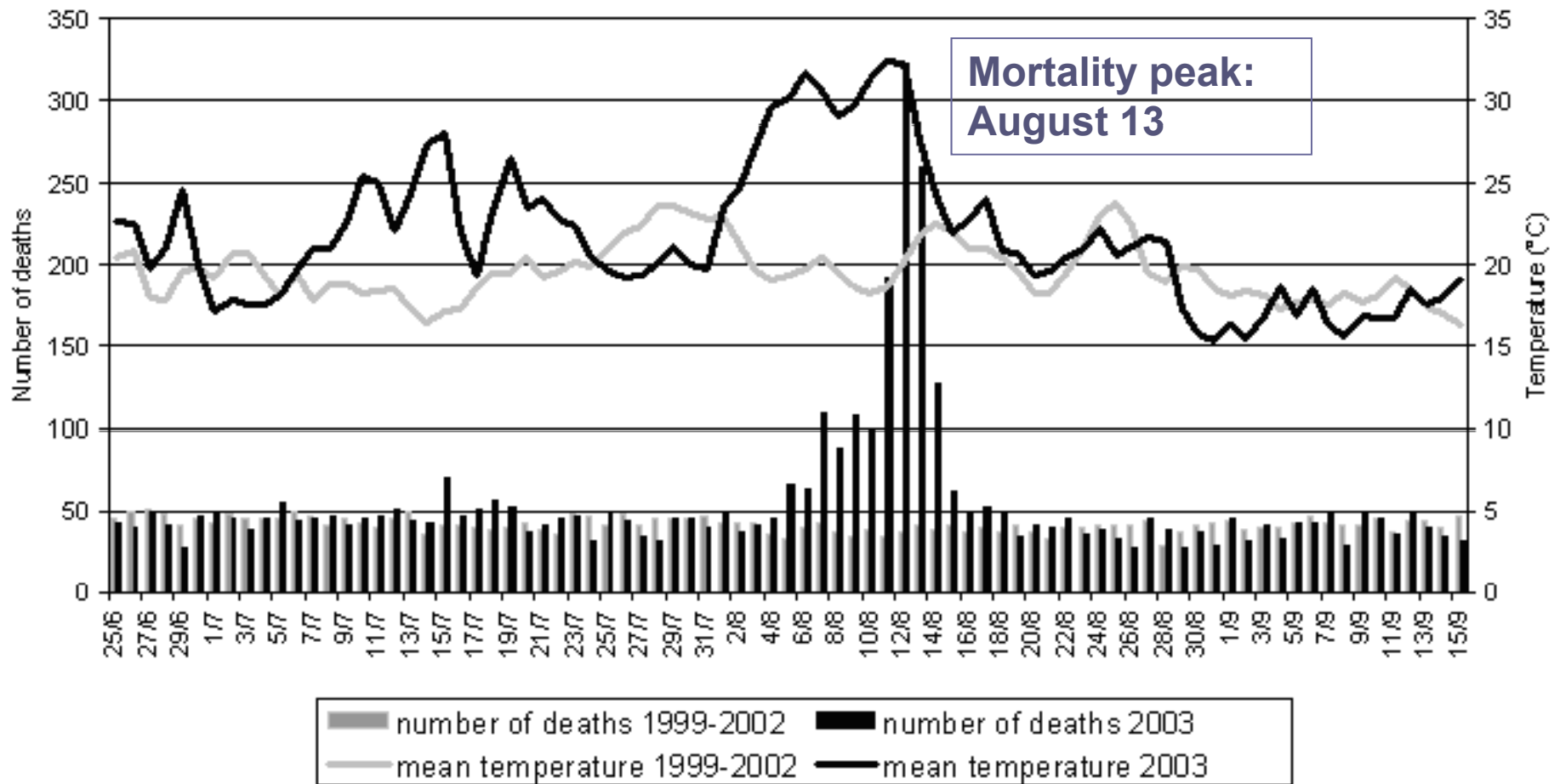
Relation entre la mortalité journalière et la T° des 2 jrs avant:



- Les études épidémiologiques effectuées chez des populations urbaines ont montré que la mortalité journalière augmente avec l'augmentation de la T° ambiante au-dessus d'un seuil spécifique à chaque ville (Time-series et case-crossover)
- L'effet est plus prononcé avec la T° le jour de la mort ou le jour avant

Introduction

Excès de mortalité durant l'épisode de chaleur de Paris de 2003, vs 1999-2002



Introduction

- Les T° ambiantes peuvent varier considérablement au sein des villes et entre les villes et les régions
- Est-ce que les risques de mortalité en période de chaleur sont plus élevés dans certains secteurs d'une ville?
- Doit-on orienter les interventions de santé publique et les mesures d'adaptation aux changements climatiques, à la chaleur, dans certains secteurs d'une ville?

Objectif

- Malgré que la T° ambiante n'est pas uniforme au sein des villes, peu d'études sanitaires ont considéré cette hétérogénéité (la majorité des études ont utilisées une seule station de mesures de la T° ambiante pour une région)
- Est-ce que les gens localisés dans des secteurs chauds -les micro-îlots de chaleur urbains (institution ou maison), et donc possiblement exposés à une T° plus élevée, sont plus à risque de mourir lors des journées chaudes de l'été?

Méthodes

DONNÉES

- Mortalités journalières de Mtl, été 1990-2003 (> 14 ans)
- T° ambiante journalière, Aéroport international, Dorval
- Landsat5-7/ETM+ image satellite, canal infra-rouge (étés 1990 et 2001)

ANALYSES STATISTIQUES

- Relation T°-mortalité établie avec un design case-crossover
- Relations stratifiées par 1) T° de surface à l'endroit du décès (Landsat5-7)
- Non-linéarité des relations caractérisées à l'aide de fonctions splines cubiques (4 df)

Les bandes spectrales des images satellites peuvent être utilisées pour identifier les «hot spots» urbains

Case-Crossover design ~ Case-Control design

CAS 1



CAS 2



- Comparaison des expositions des périodes à 'risque' et de plusieurs périodes 'contrôle'

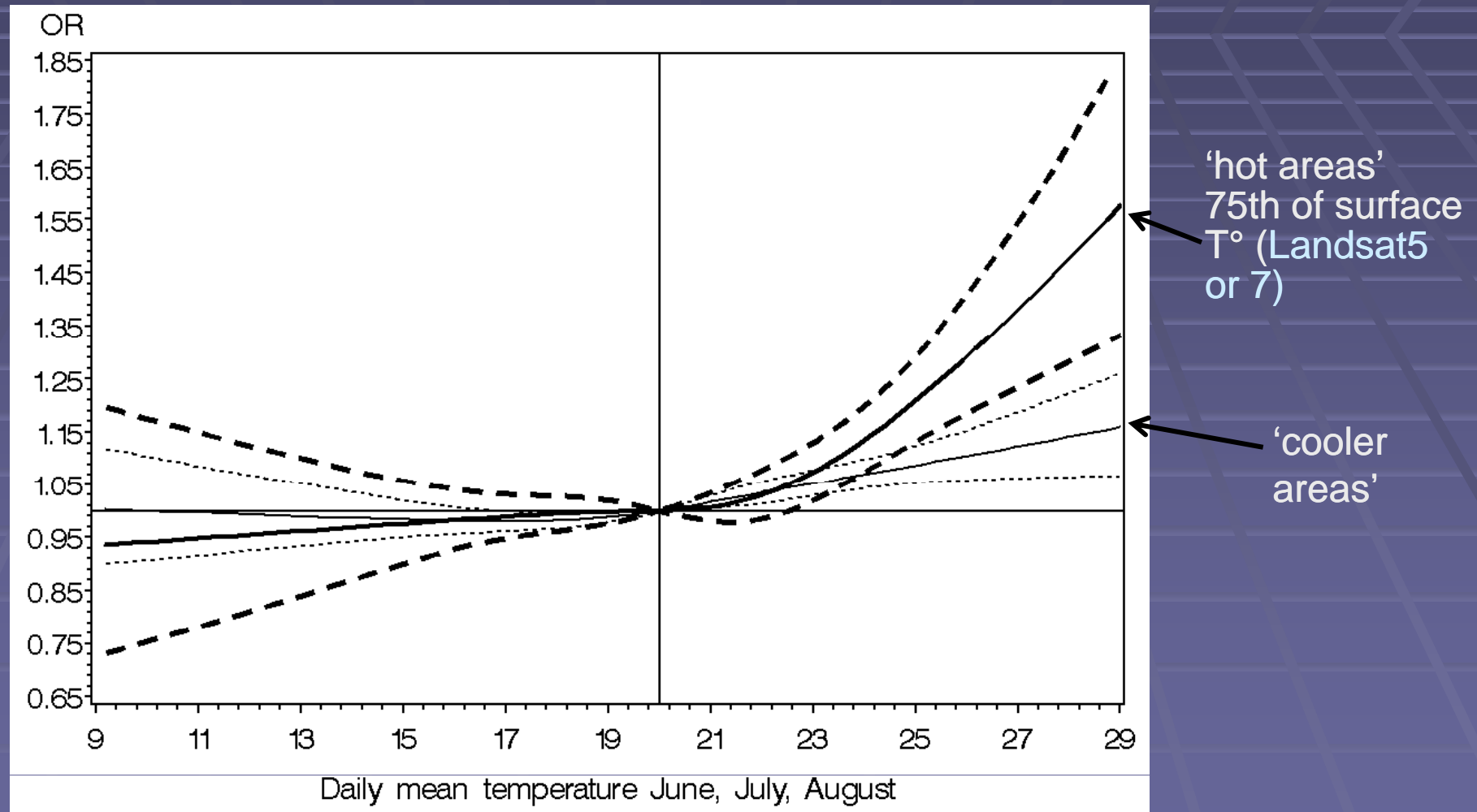
Données Descriptives, Montréal étés 1990-2003 (1288j)

	Nb de décès	Moyennes (É.-t)	Min	Max
Mortalités j. totales	48,272	31.5 (7.1)	15	97
Total, >65 ans	37,689	29.3 (6.3)	11	73
Cause de décès				
Respiratoires	3,675	2.9 (1.8)	0	10
Cardiovasculaires	16,433	12.8 (4.0)	1	45
T° j..moyenne ambiante (°C)	-----	20.4 (3.2)	9.6	29.3
T° j. maximale ambiante (°C)	-----	24.9 (3.7)	12.2	35.6
Moyenne j. O3 (µg/m ³)	-----	42.3 (20.1)	3.5	133.6
T° de surface à l'endroit du décès				
Landsat5 1990 (décès de '90-'96)		26.4 (2.3)	12	32
Landsat7 2001 (décès de '97-2003)		30.2 (1.8)	20	39

Risques de mortalité par augmentations de 2°C de T° journalière, Mtl étés '90-'03

Étendue des T° moyennes ambiantes	OR non ajustés (95%IC)	OR ajustés pour l'O ₃ (95%IC)
Lag 0 jour		
20-22°C	1.04 (1.02-1.06)	1.05 (1.03-1.07)
22-24°C	1.05 (1.04-1.07)	1.06 (1.04-1.08)
24-26°C	1.06 (1.03-1.08)	1.07 (1.04-1.09)
26-28°C	1.06 (1.03-1.08)	1.07 (1.04-1.09)
Lag 1 jour		
20-22°C	1.02 (1.00-1.03)	1.01 (0.99-1.03)
22-24°C	1.06 (1.05-1.07)	1.06 (1.04-1.08)
24-26°C	1.09 (1.07-1.11)	1.09 (1.05-1.11)
26-28°C	1.09 (1.07-1.20)	1.09 (1.05-1.11)

T° ambiante journalière et mortalité, Montréal (étés '90-'03, lag 0)



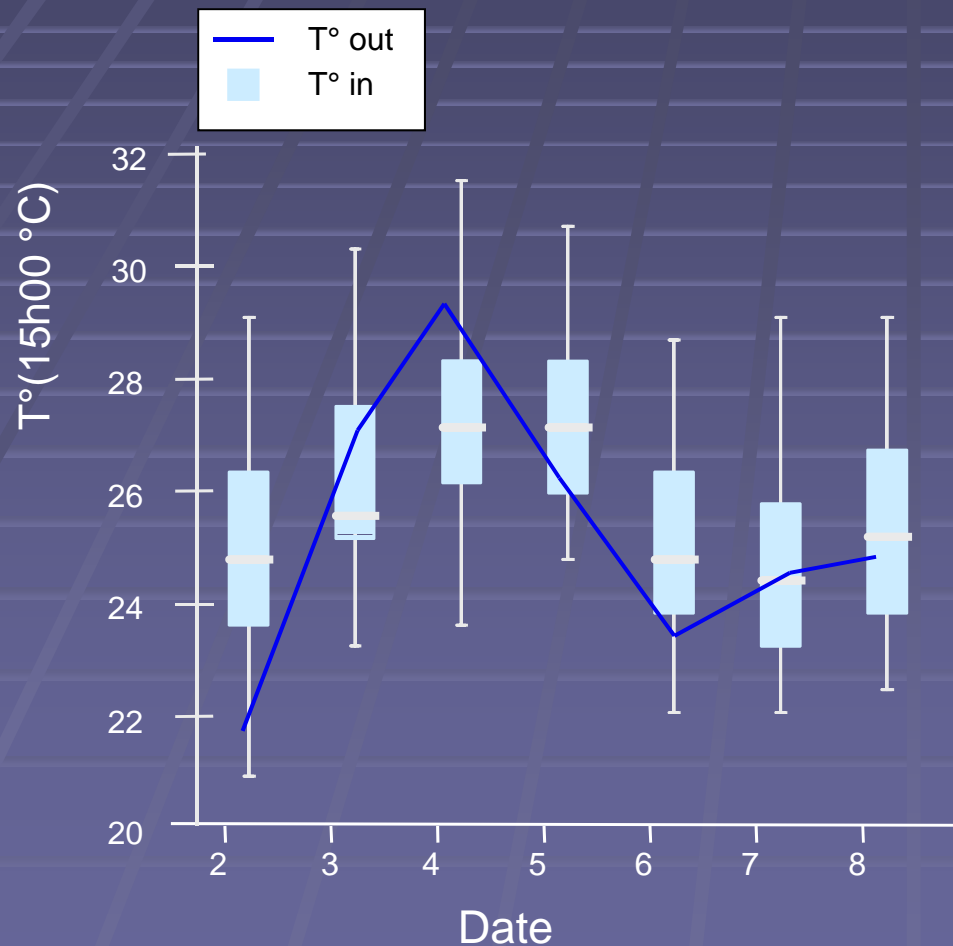
International airport

Conclusions

- Nos résultats suggèrent que ceux localisés dans des îlots de chaleur micro-urbains (dans une institution ou à la maison), et donc possiblement exposés à des T° plus élevées, seraient plus à risque de mourir lors des journées chaudes de l'été.
- L'exposition aux températures élevées dépend d'autres facteurs que l'endroit où on se trouve dans une ville. L'étage de résidence et la présence d'a/c sont d'autres facteurs qui influencent l'exposition et les risques de mortalité.

Introduction

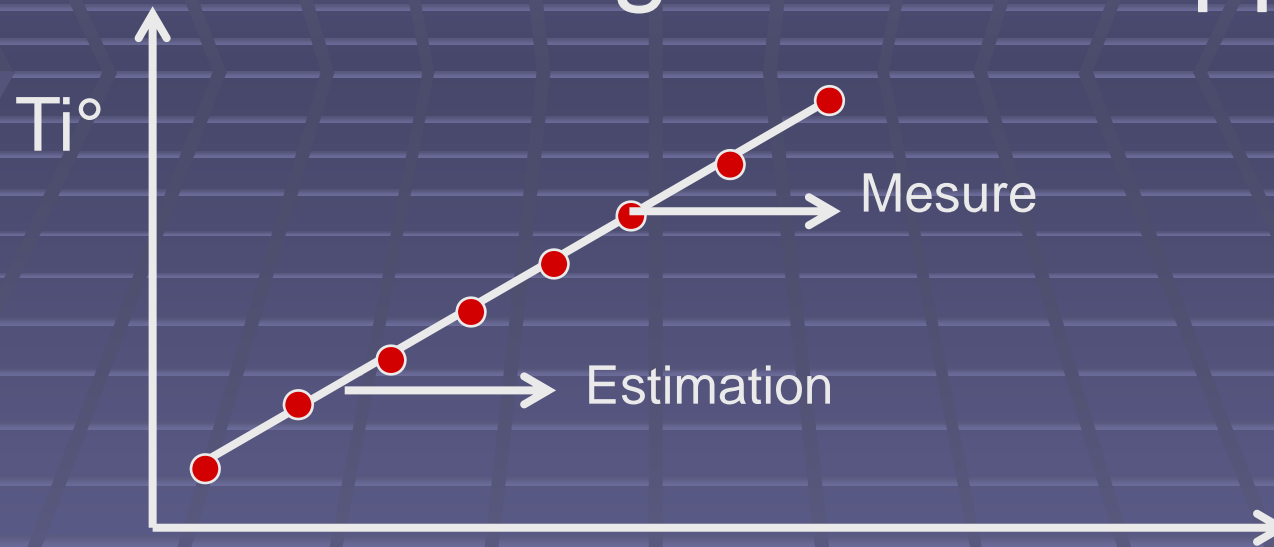
Variation des T° intérieures de 75 appt. (Mtl, été 2005)



Déterminants des T° int. d'appt. non a/c

- T° ext. à l'endroit du bâtiment (réflexion et rétention de la chaleur)
- Caractéristiques des bâtiments (# fenêtres, exposition au soleil, matériaux de construction)
- Étages supérieurs
- habitudes des habitants

Prédiction de l'exposition par une approche de "Regression Mapping"



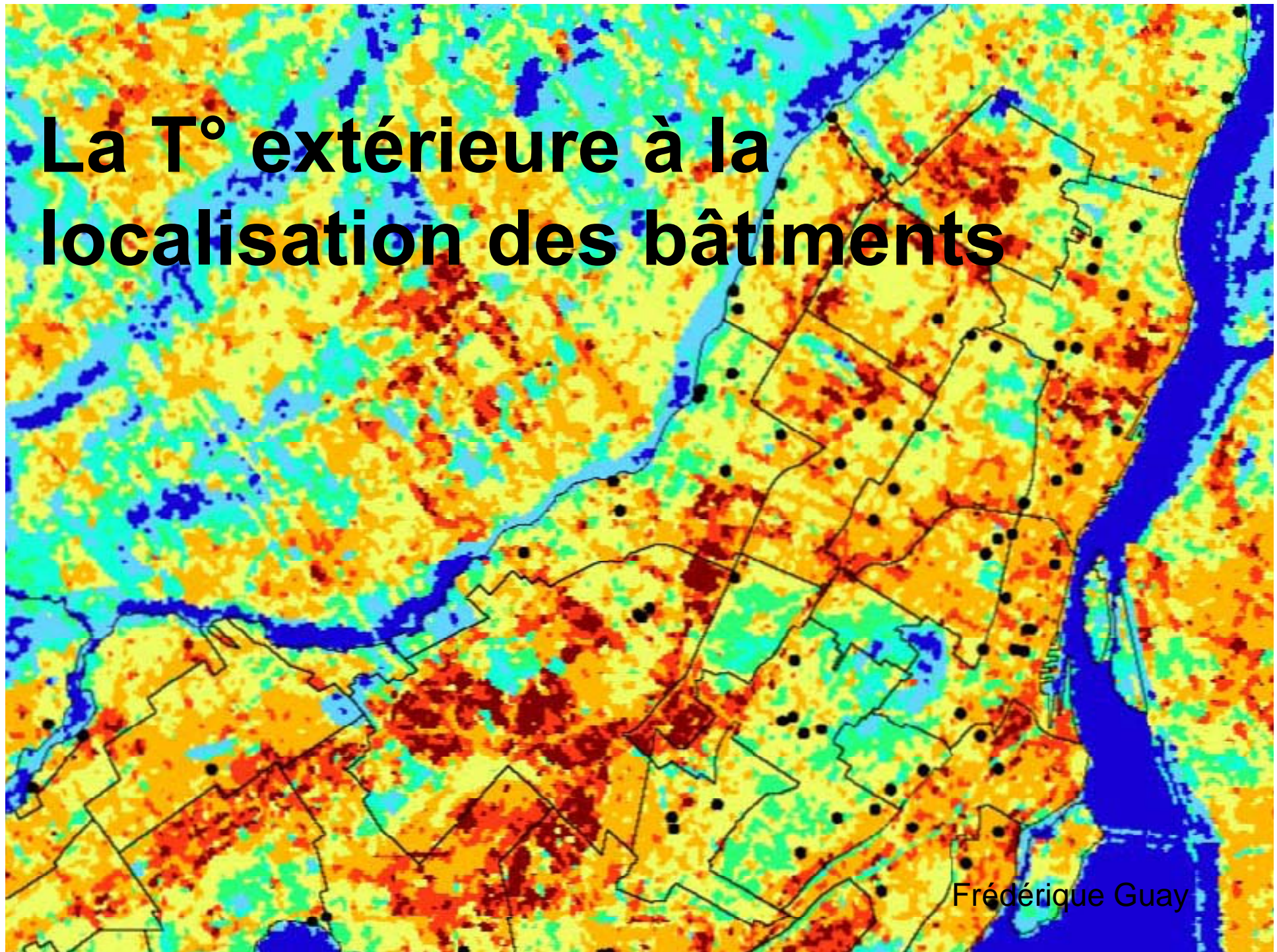
Déterminants spatiaux (disponibles à un moment donné pour tous les bâtiments d'une ville):

- Type de bâtiment– non A/C
- T° de surface (d'une image satellite)

Déterminants temporels (identiques pour tous les bâtiments):

- T° ambiante

La T° extérieure à la localisation des bâtiments



Frédérique Guay

Recrutement de logis pour maximiser la variation de la T° intérieure à l'été 2005:

Type de territoire	Type de bâtiment	
	<4 étages	≥4 étages
Normal : plus de 200 m d'un espace vert ou d'une aire minéralisée	15	14
'Végétalisé' : moins de 50 m d'un espace vert	13	7
Minéralisé : moins de 50 m d'une aire minéralisée	11	15

- Mesure de la T° intérieure de façon simultanées à tous les 10 minutes dans tous les logis (pré-programmation des "loggers") – utilisation des moyennes horaires

Modèle statistique:

- General Estimating Equations (GEE)
- Permet de considérer des déterminants spatiaux en considérant l'autocorrélation temporelle des températures

Déterminants:

- T° à Dorval
- MA24h
- Type de bâtiment: variable binaire (± 3 logis)
- T° de surface, image d'août 2001

Validité:

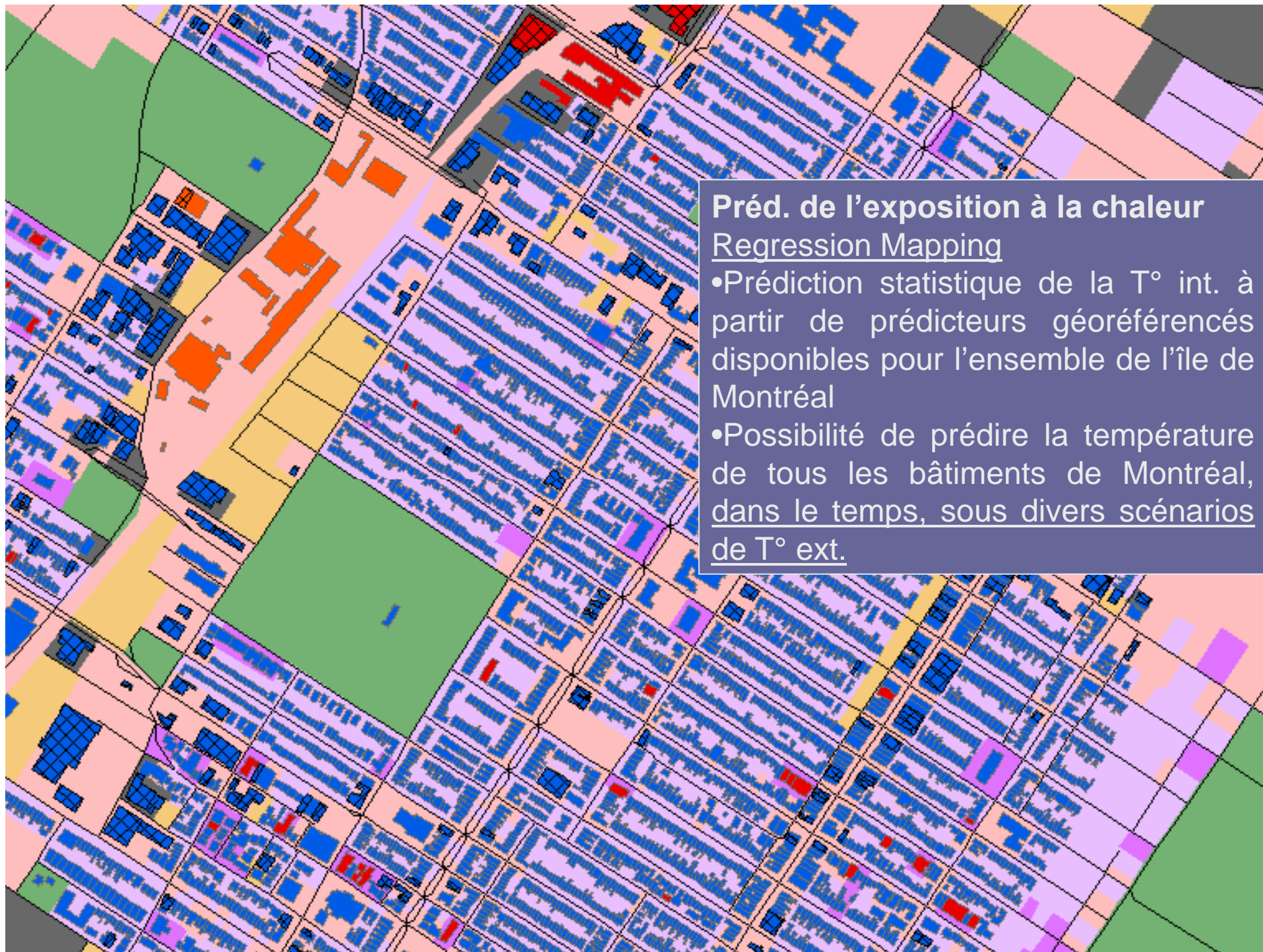
- Prédiction dans le temps: premier 2 semaines pour prédire les deux autres et inverse
- Prédiction dans l'espace: 200 échantillons bootstrap

Prédiction des températures intérieures

	Model 1	Model 2	Model 3
	beta_(CI95)	beta_(CI95)	beta_(CI95)
T° ambiante	.05 (.05-.05)	.05 (.05-.05)	0.05 (0.05-0.05)
24h moving average T° ambiante	-	0.36 (0.34-0.38)	0.36 (0.35-0.38)
T° de surface	-	-	0.32 (0.24-0.41)
Type de bâtiment	-	-	1.36 (1.13-1.59)
Constante	25.51 (25.29-25.73)	17.31 (16.87-17.76)	7.97 (5.69-10.24)
R2	0.22	0.40	0.54
RMSE	2.20	1.80	1.57

•Tous les paramètres sont significatifs à $p < 0.001$

•Smargiassi et al. 2008, Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology



Préd. de l'exposition à la chaleur

Regression Mapping

- Prédiction statistique de la T° int. à partir de prédicteurs géoréférencés disponibles pour l'ensemble de l'île de Montréal
- Possibilité de prédire la température de tous les bâtiments de Montréal, dans le temps, sous divers scénarios de T° ext.

MRC Mirabel

MRC Thérèse-De Blainville

Bâtiments résidentiels

- < 4 étages, < 29°C
- ≥ 4 étages, < 29°C
- < 4 étages, ≥ 29°C
- ≥ 4 étages, ≥ 29°C

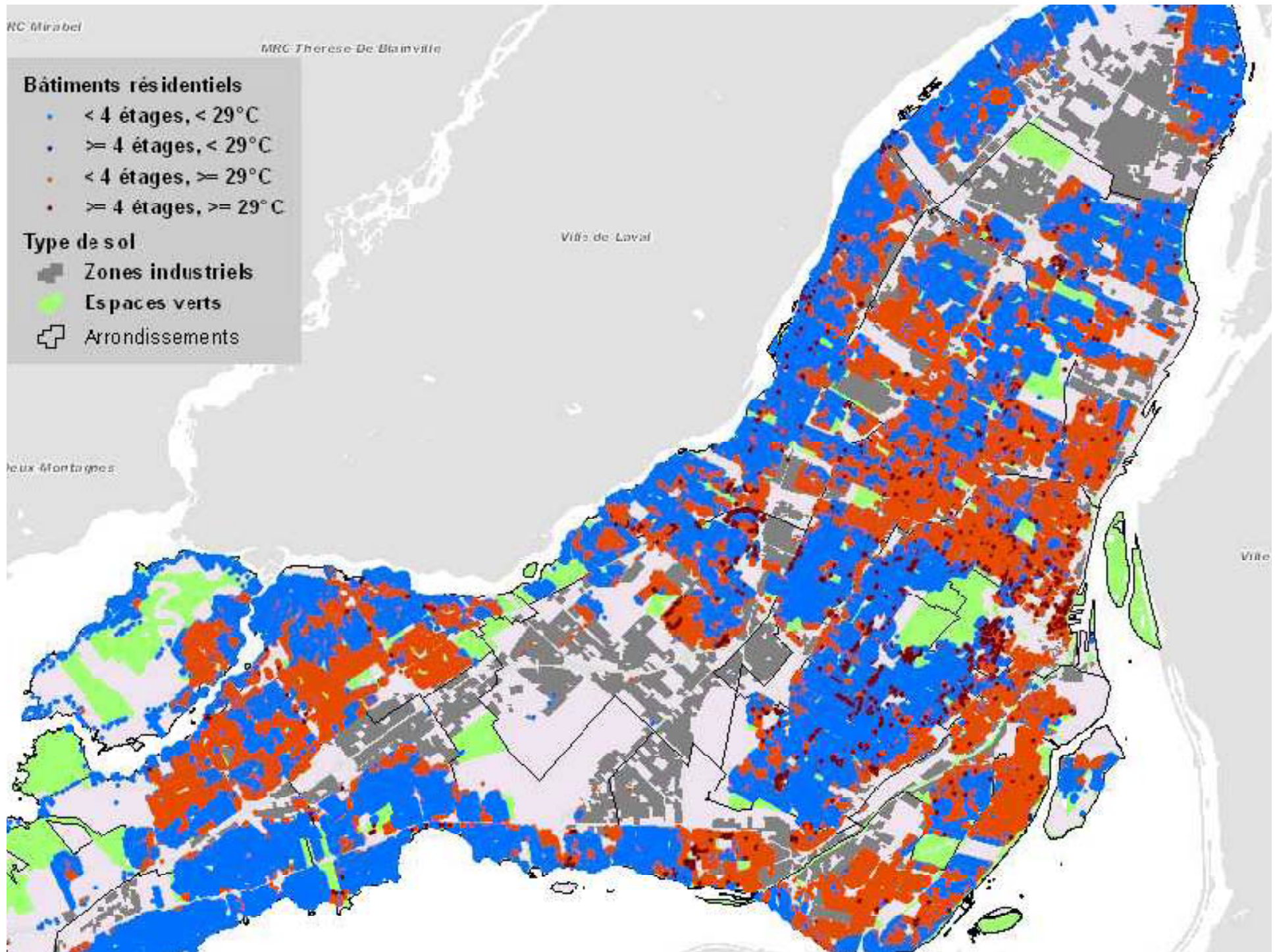
Type de sol

- Zones industriels
- Espaces verts
- Arrondissements

Ville de Laval

Leux-Montgros

Ville



Conclusions: le modèle

- Raffine l'estimation de l'exposition à la chaleur et permet de prédire la variation intra-urbaine de l'exposition
- Ajoute une dimension temporelle aux approches traditionnelles de "Regression Mapping" utilisées pour interpoler l'exposition sur la base de déterminants spatiaux (ex. Briggs et al., 2001) et peut être utilisé pour prédire la T° intérieure sous divers scénarios climatiques.
- Oriente les interventions de santé publique en période de chaleur, et informe les stratégies de développement urbain et les politiques relatives à l'habitation.

Projet financé par Ouranos et le PACC (action 21)

Collaborateurs:

Tom Kosatsky, Epidemiologiste, BC CDC

Mark Goldberg, Epidemiologiste, McGill University

Céline Plante, Statisticienne, Direction de Santé Publique de Montréal

Michel Fournier, Statisticien, Direction de Santé Publique de Montréal

Sophie Goudreau, Technicienne, Direction de Santé Publique de Montréal

Yves Baudouin, Géographe, UQAM