

CERFO

Centre d'enseignement et de recherche
en foresterie de Sainte-Foy inc.



Cartographie des îlots de chaleur urbains (2013 et 2022) et analyse de changement

Brindusa Cristina Budei, Ph. D.

Jean Marchal, Ph. D.

Fiston Nininahazwe, M. Sc.

Batistin Bour, M. Sc.

Marc-Antoine Genest, M. Sc.

Mathieu Varin, M. Sc.

Emmanuelle Boulfroy

Vincent Gauthray-Guyénet

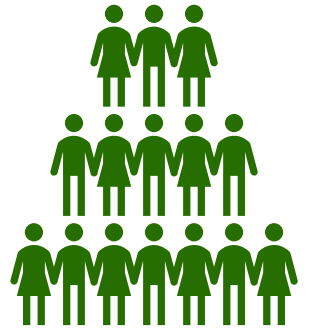
Brindusa Cristina Budei

- Baccalauréat en géographie environnementale, Université de Montréal
- **DESS en Systèmes d'information géographiques, UQAM**
- **Ph. D. En Sciences de l'environnement, UQAM**
Thèse : *Identification de l'espèce d'arbres individuels à partir de données d'un balayeur lidar multispectral aéroporté*
- Chercheuse en télédétection au CERFO depuis 2021



CENTRE D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE EN FORESTERIE

38



19
84



Projets

1) Production des données :

- Cartographie de la canopée
- Cartographie des îlots de chaleur urbains (2013; 2022)
- Changement des îlots de chaleur entre 2013 et 2022

2) Utilisation des données :

- Identifications des sites prioritaires pour verdissement
dans le cadre des projets de plantation des 2 milliards d'arbres



Association forestière des deux rives



Intérêt d'évaluer les îlots de chaleur

- Détérioration de la qualité de l'air extérieur et intérieur
- Hausse de la demande en énergie
- Hausse de la demande en eau potable
- Impacts sur la santé : ↑ vulnérabilité
 - Personnes ayant une maladie chronique
 - Populations socialement isolées
 - Jeunes enfants
 - Personnes âgées

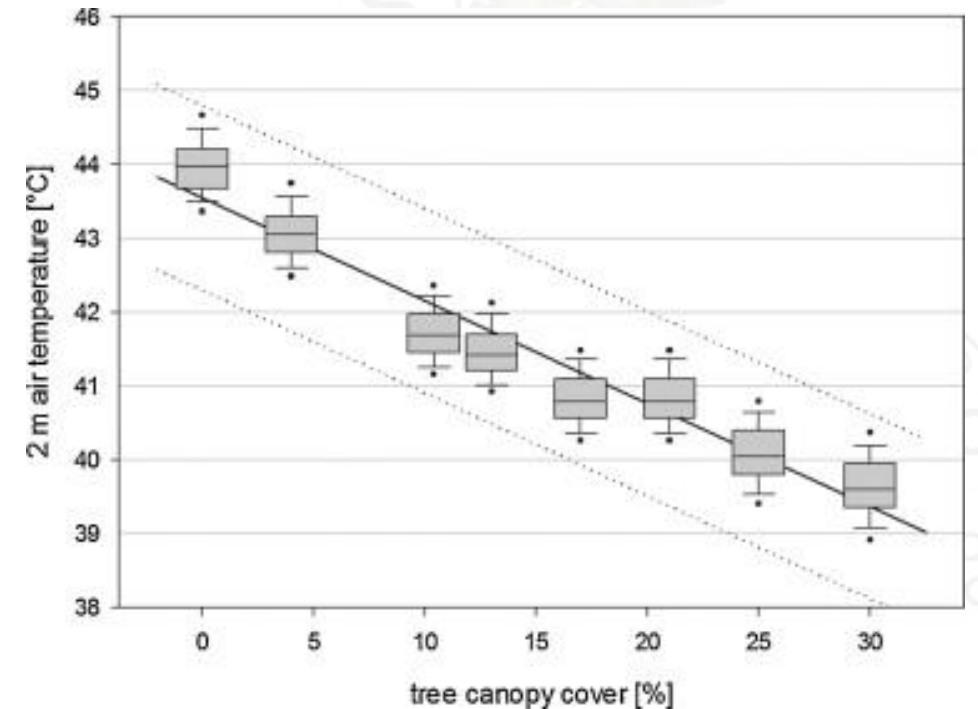
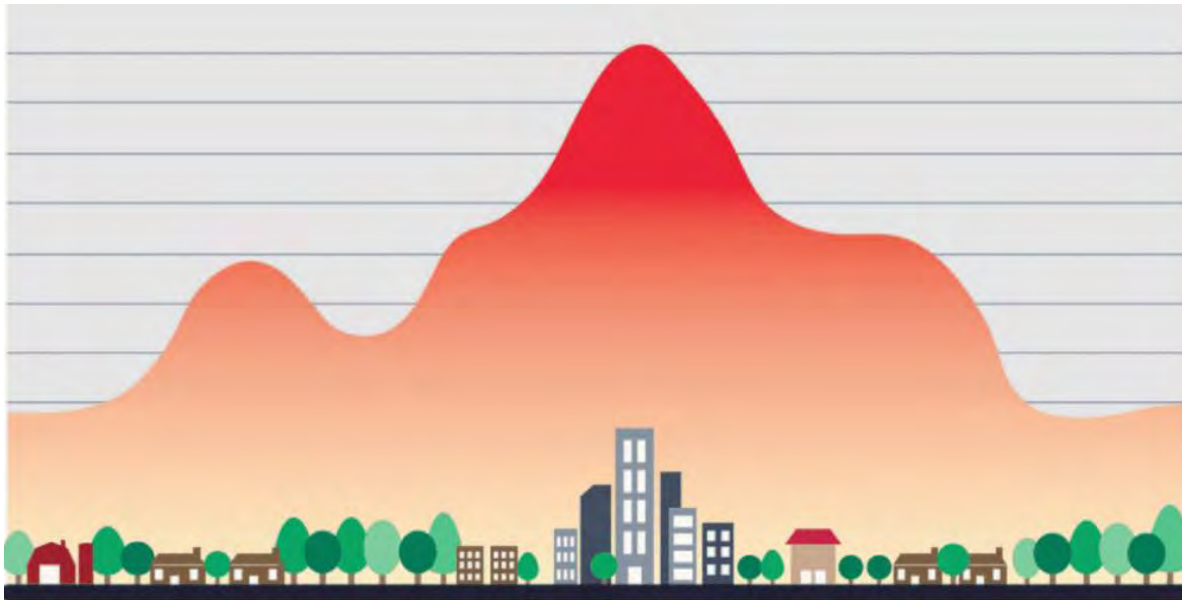


« Qualité de l'air : les “mauvaises” journées ont augmenté à Montréal », Radio-Canada, 18 juin 2019



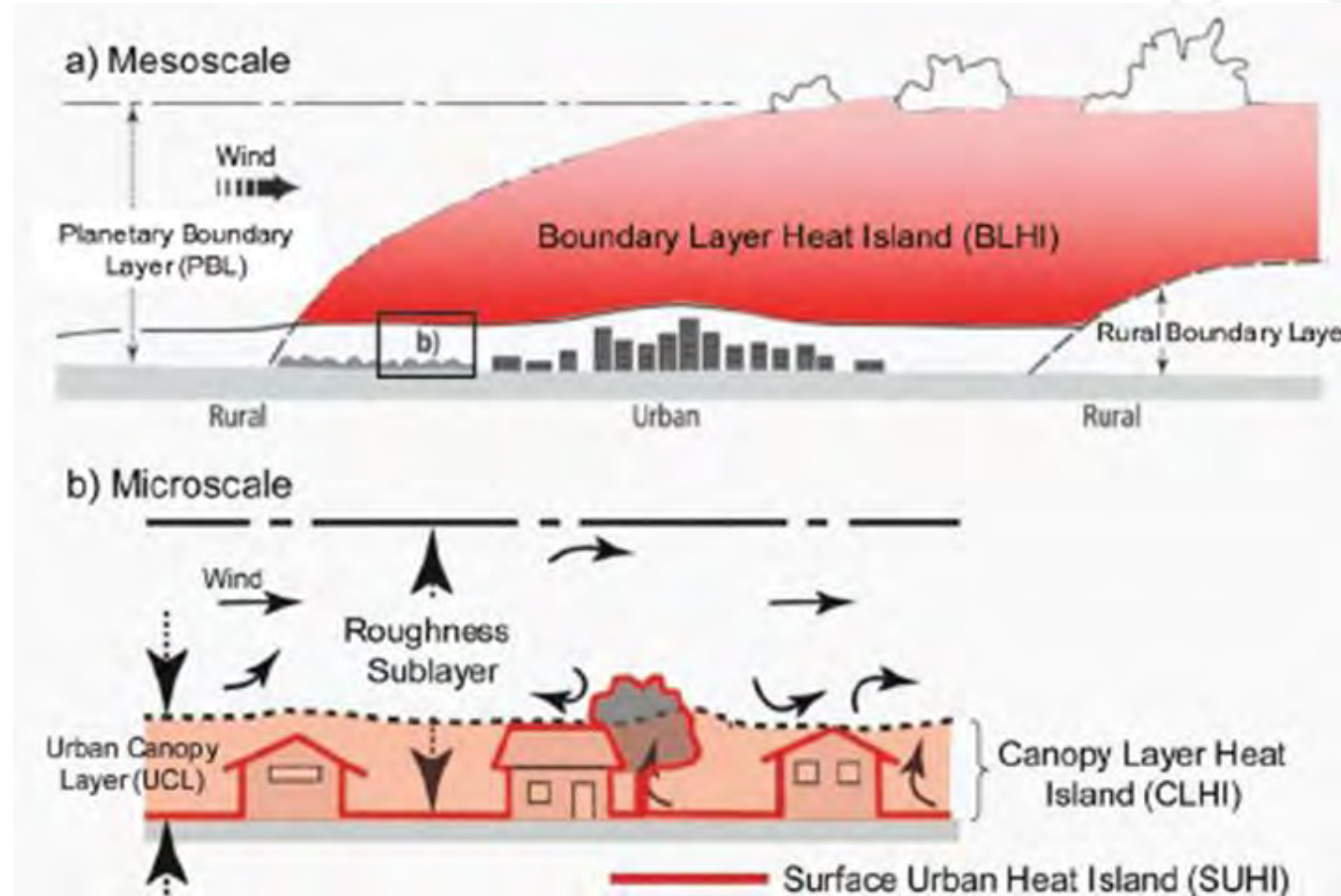
Îlot de chaleur urbain : définition

Températures plus élevées dans les milieux urbains que dans les zones rurales avoisinantes



L'écart peut aller jusqu'à 13 °C si l'on compare les températures dans les îlots de chaleur avec celles à l'ombre, à deux mètres du sol.

Îlot de chaleur urbain : définition



Température de l'air / température de la surface

Température de l'air

- Hauteur de la mesure (2 mètres)
- Vents
- Proximité des plans d'eau ou des forêts

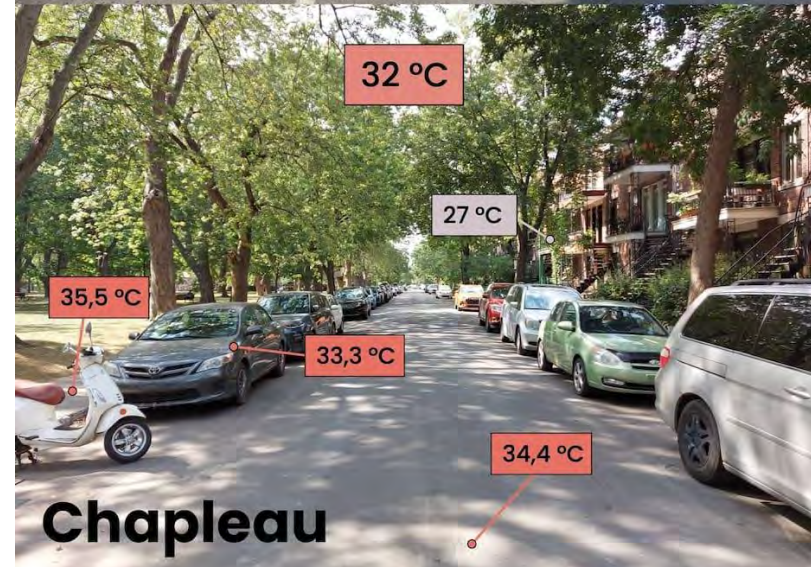
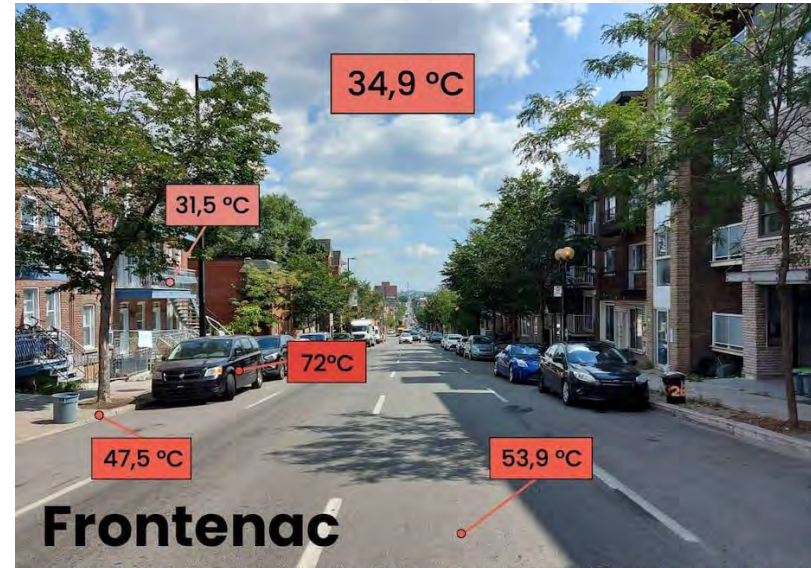
Température de la surface

- Réchauffement différentiel des matériaux
- Différentes capacités de stockage et d'émission de chaleur (eau / ciment / végétation)

Température ressentie

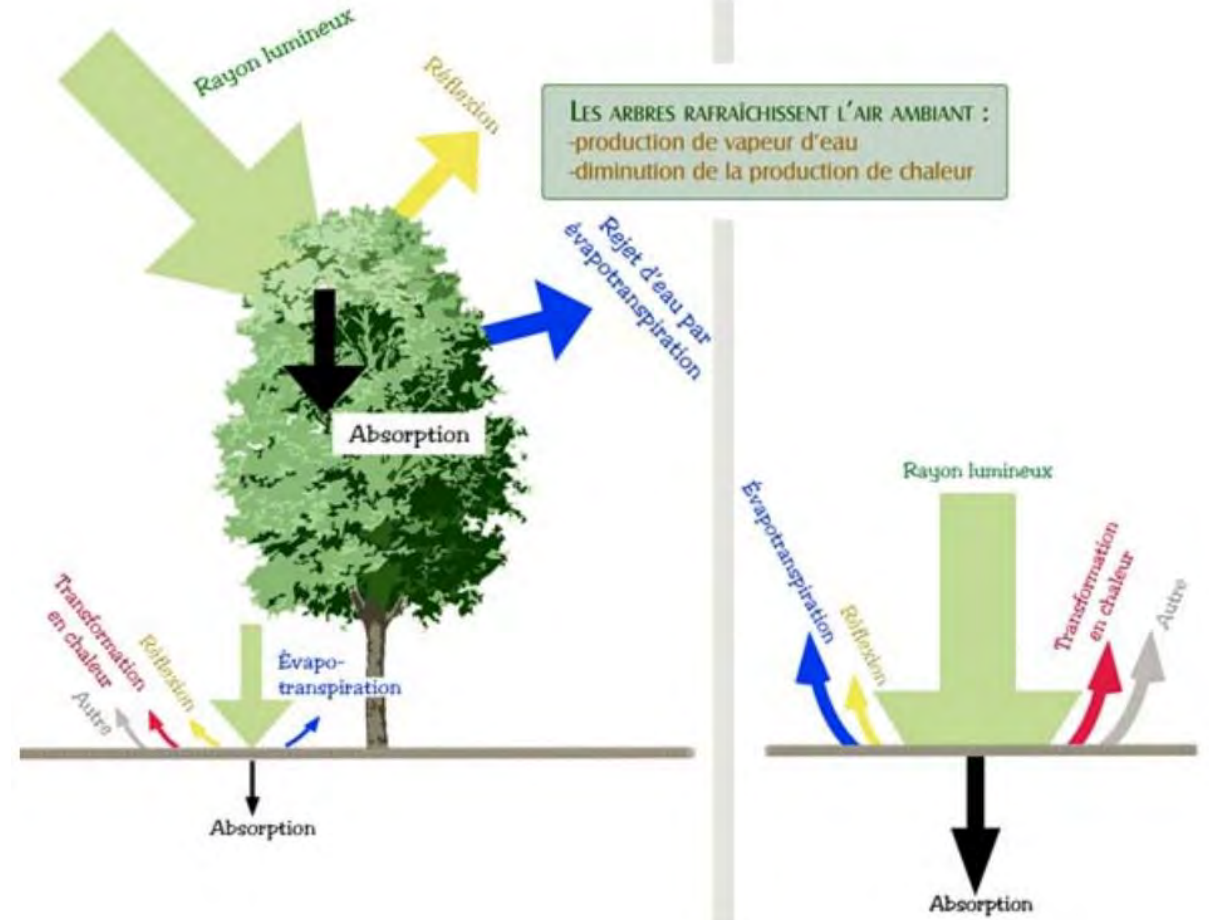
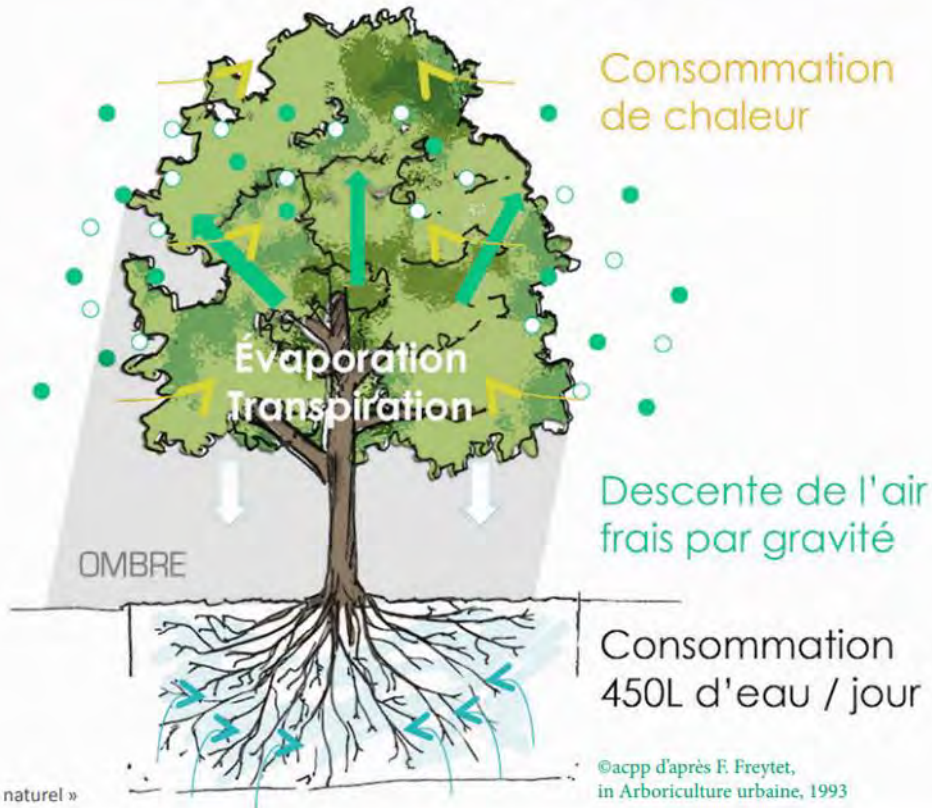
- Facteur humidité

Température au soleil / à l'ombre

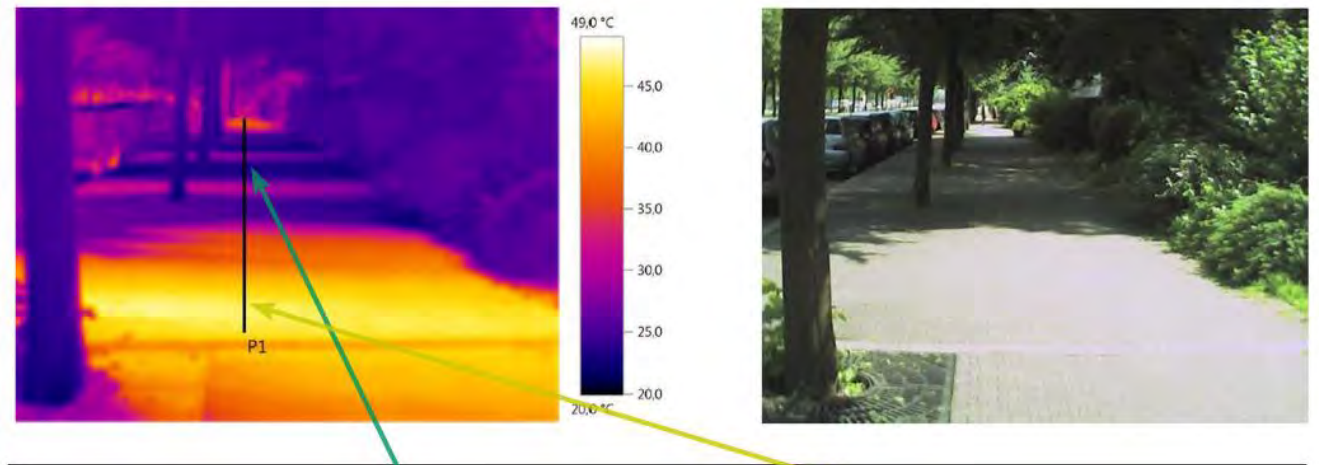


Effet des arbres sur la température : climatiseur naturel

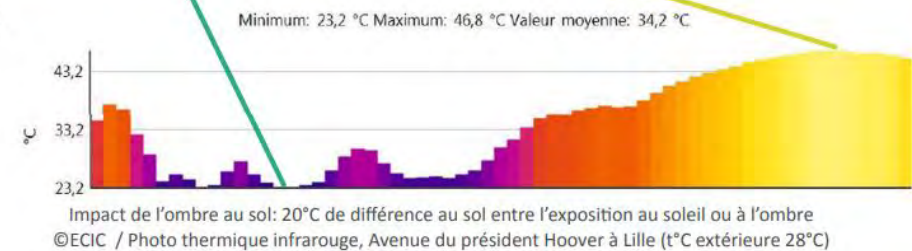
REJET DE VAPEUR D'EAU
RAFRAÎCHISSEMENT DE L'AIR



Effet des arbres sur la température : climatiseur naturel

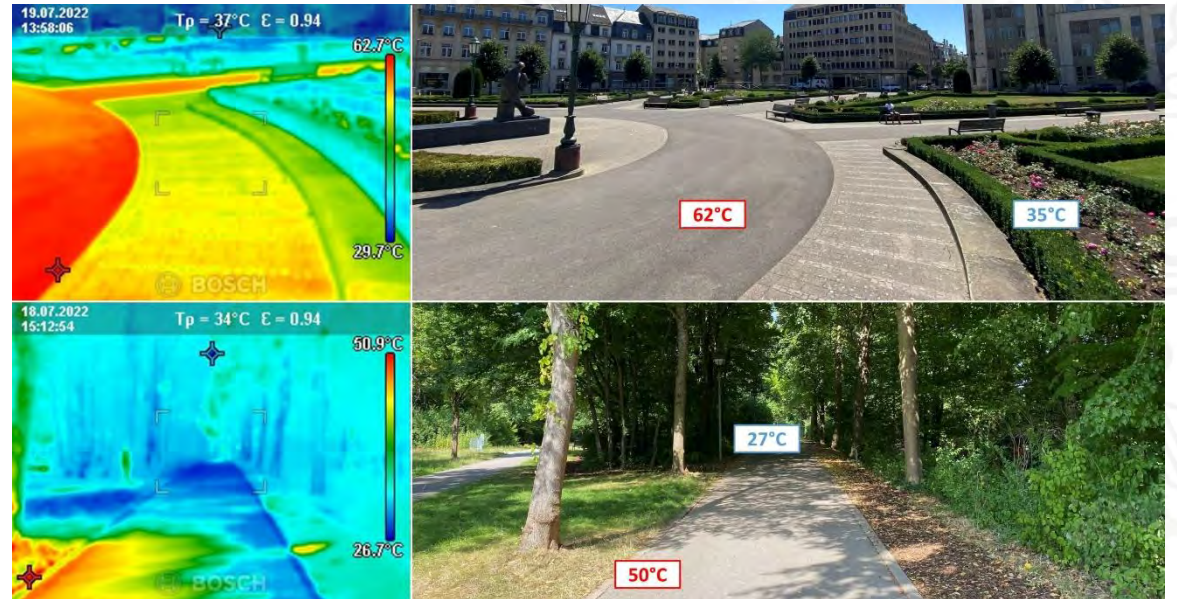


Ligne de profil :



Effet des surfaces imperméables (routes, bâtiments) sur la température

- L'eau : effet modérateur
- Matériaux qui accumulent et perdent de la température plus vite que l'eau
- Surfaces imperméables : limitent la quantité d'eau présente dans le sol ou dans la végétation



Température de référence / Température mesurée par télédétection

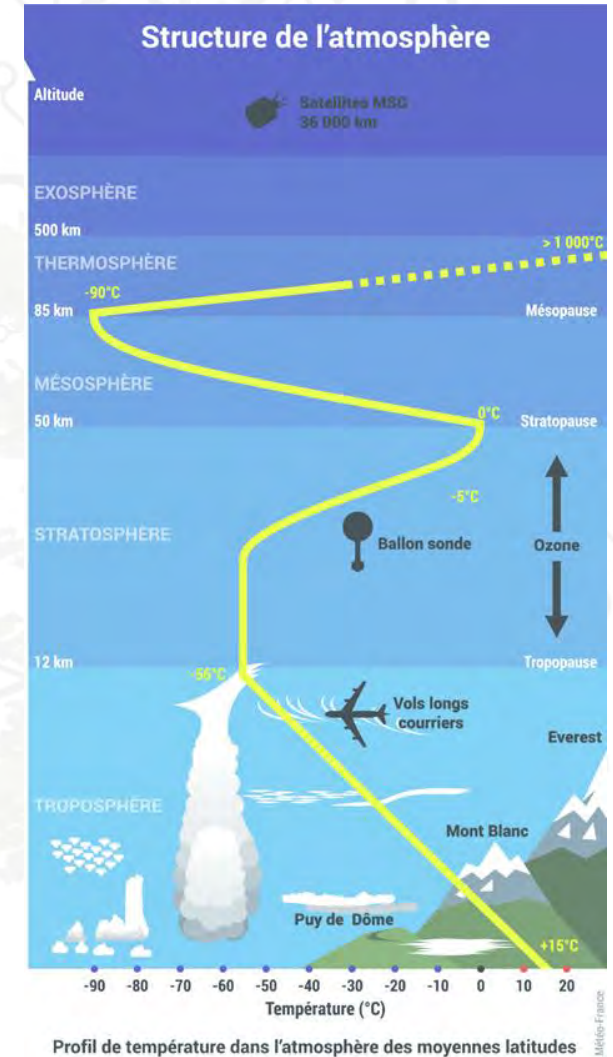
Station météo :

- par contact direct avec l'air
- température de l'air
- mesures continues
- à l'ombre
- à 2 mètres au-dessus du sol
- à l'abri du vent



Par images satellites

- à distance par enregistrement du rayonnement thermique
- température de la surface
- mesure discontinue au sol
 - seulement par ciel sans nuages
 - temps de revisite du satellite



Projets

1) Production des données :

- Cartographie de la canopée
- Cartographie des îlots de chaleur urbains (2013; 2022)
- Changement des îlots de chaleur entre 2013 et 2022

2) Utilisation des données :

- Identifications des sites prioritaires pour verdissement dans le cadre des projets de plantation des 2 milliards d'arbres

**Institut national
de santé publique**

Québec



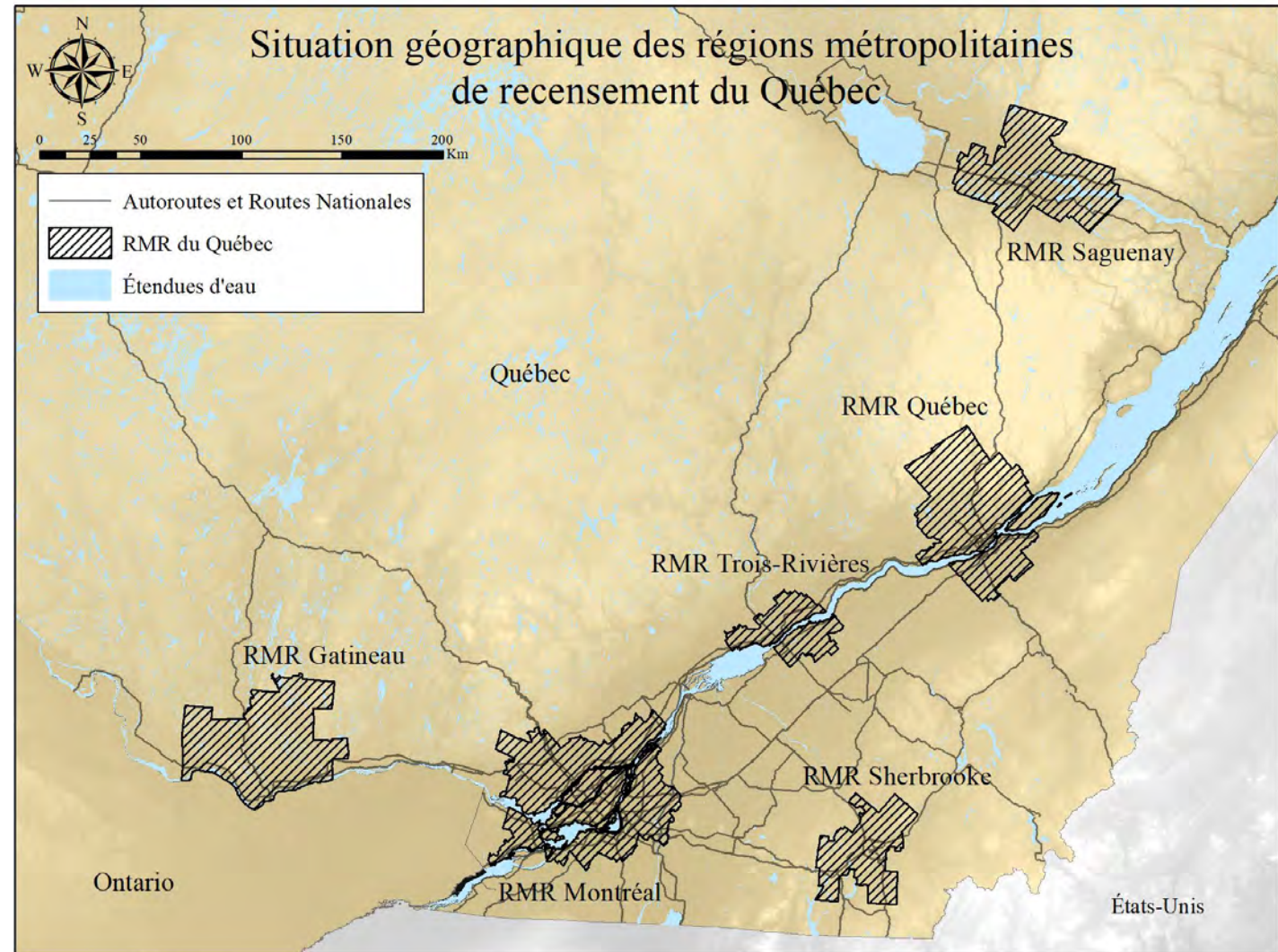
Association forestière des deux rives



AF2R
Association forestière
des deux rives

Cartographie de la canopée

- 2 m et plus
- pour les 6 régions métropolitaines de recensement (RMR) du Québec
- uniquement à partir de lidar
- par apprentissage profond
- défi : séparer entre canopée et bâtiments, lignes électriques, haies



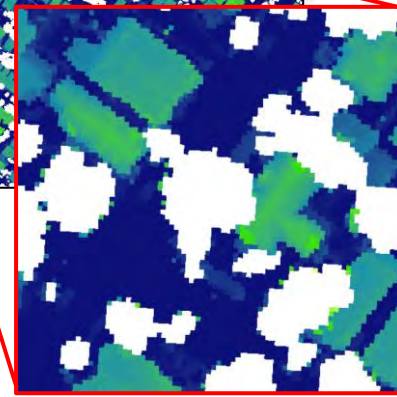
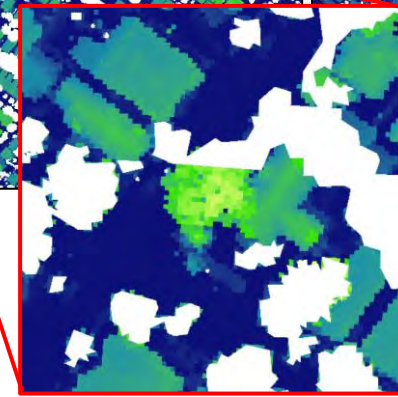
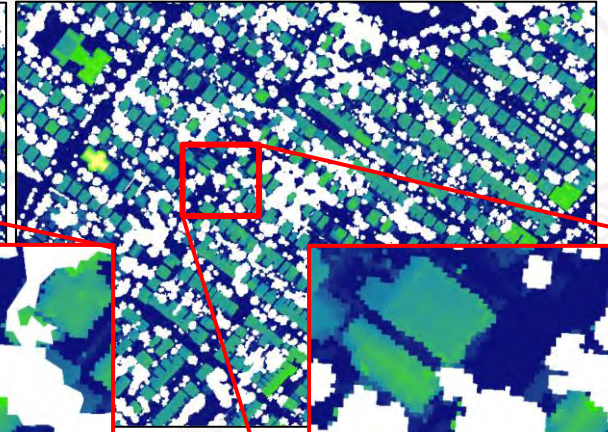
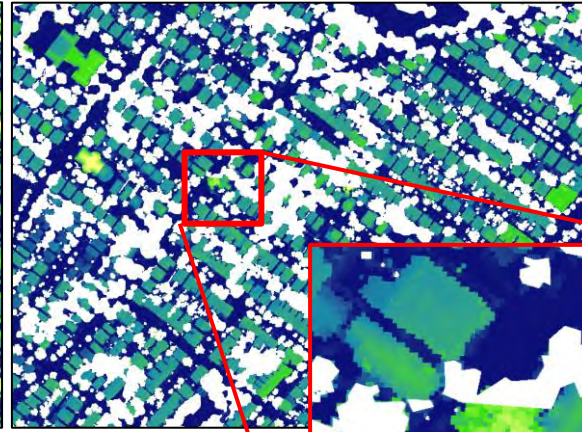
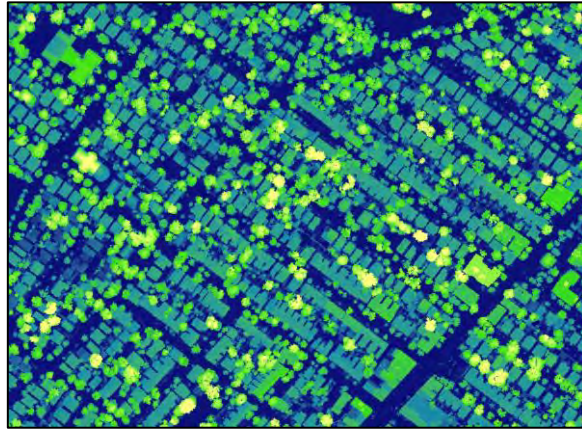
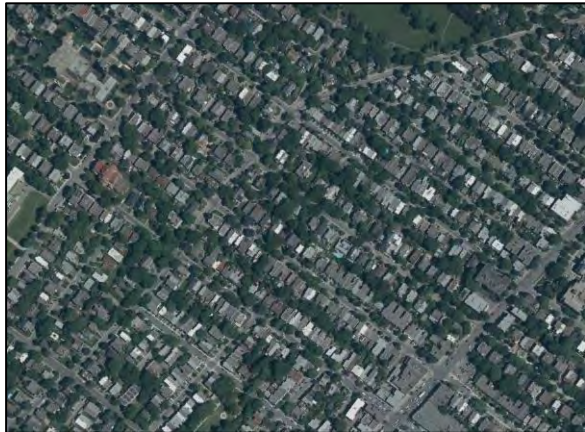
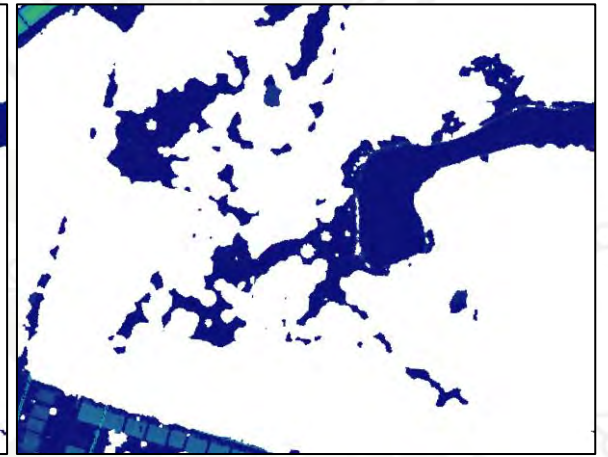
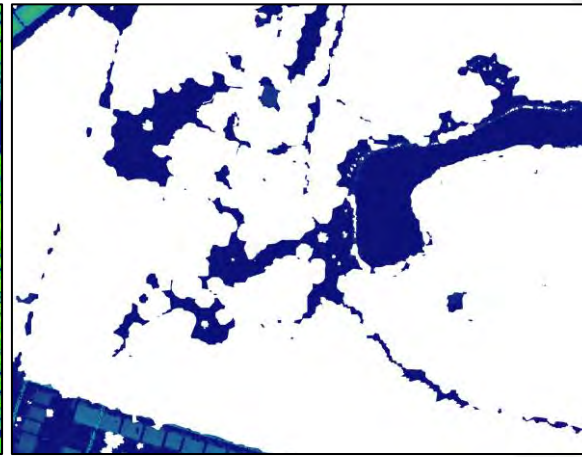
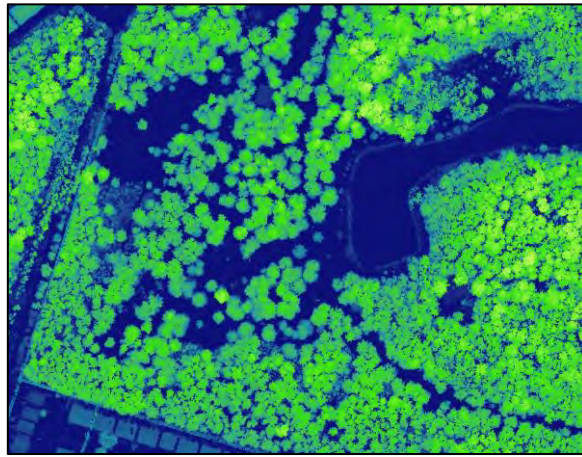
Cartographie de la canopée

Photo aérienne

Modèle numérique
de hauteur

Canopée de référence,
Ville de Montréal

Prédiction
par apprentissage profond



Cartographie de la canopée

Données disponibles sur Données Québec



<https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/canopee-des-six-rmr-du-quebec>

Projets

1) Production des données :

- Cartographie de la canopée
- Cartographie des îlots de chaleur urbains (2013; 2022)
- Changement des îlots de chaleur entre 2013 et 2022

2) Utilisation des données :

- Identifications des sites prioritaires pour verdissement
dans le cadre des projets de plantation des 2 milliards d'arbres

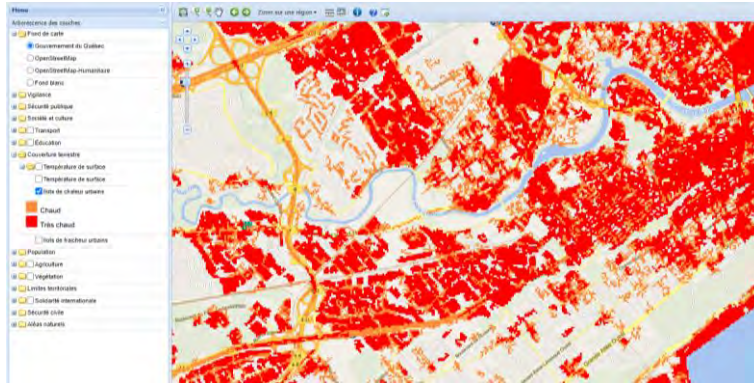


Association forestière des deux rives

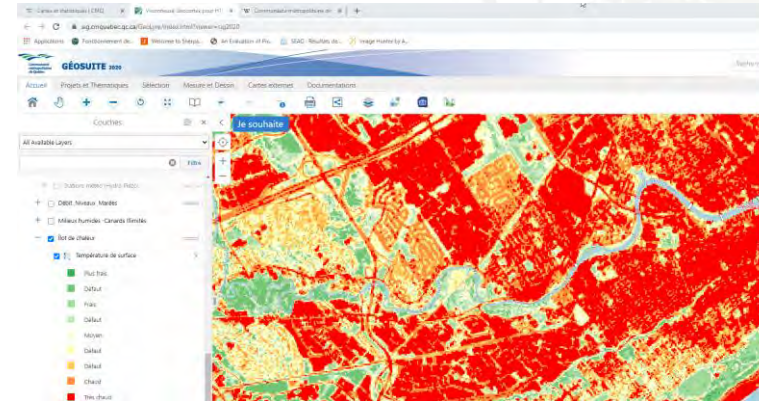


Îlots de chaleur urbains - Cartographies existantes

Réalisées par CERFO :

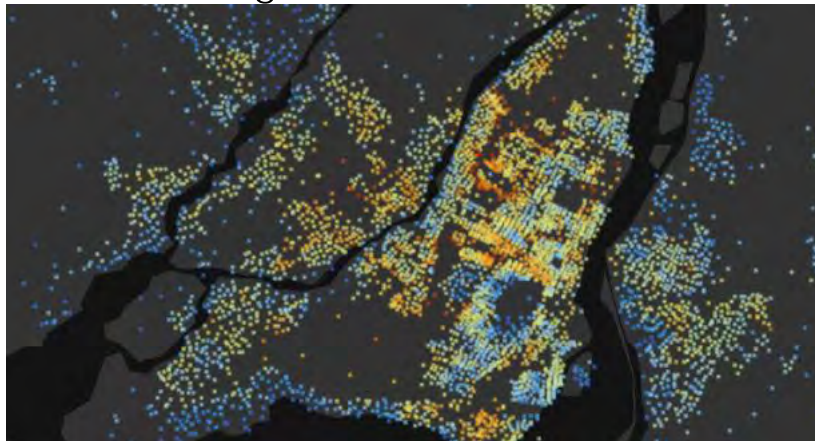


1^{re} édition de la cartographie panquébécoise diffusée en 2012 (2005-2011 selon les régions – 2007 pour Québec)

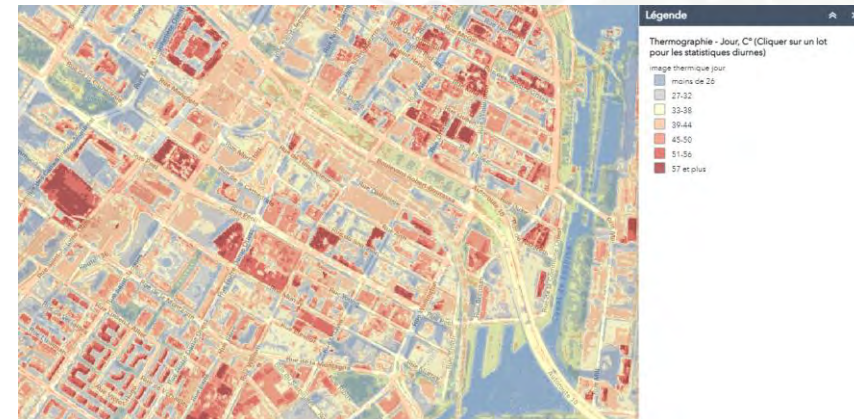


Mise à jour pour la Communauté métropolitaine de Québec diffusée en 2016 (données 2013)

Réalisées par autres organismes :



Thermographie de surface de Radio-Canada (multidate)



Thermographie de surface de la ville de Montréal en 2022 (données 2016)

Cartographier les îlots de chaleur et de fraîcheur urbains (ICFU)

- dans le Québec urbain
- pour les années 2013 et 2022
- **afin d'effectuer une analyse de changement.**

*Québec urbain :

- centres de population

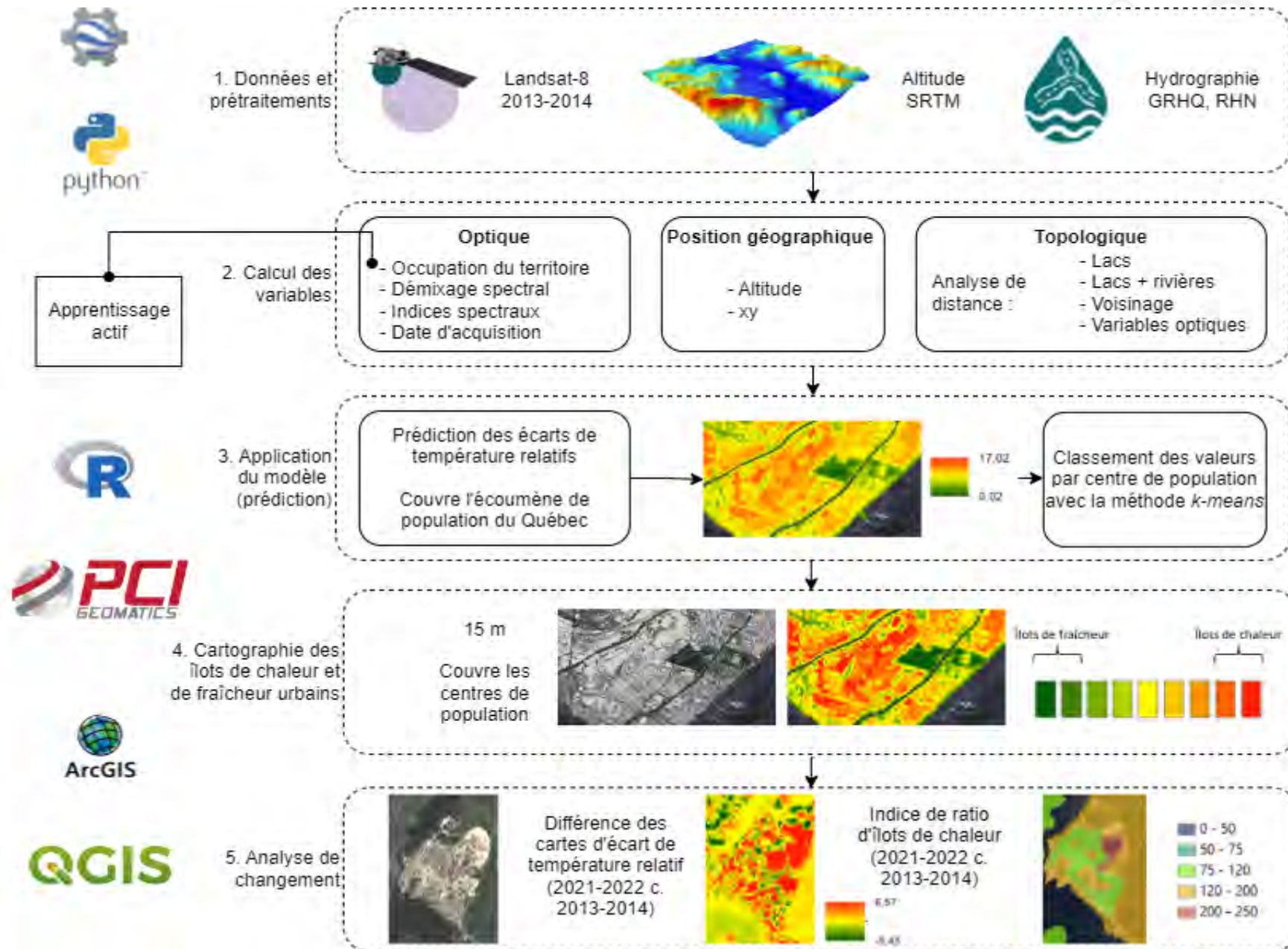
400 hab/km², min 1 000 habitants + 2 km zone tampon

- Écoumène du Québec

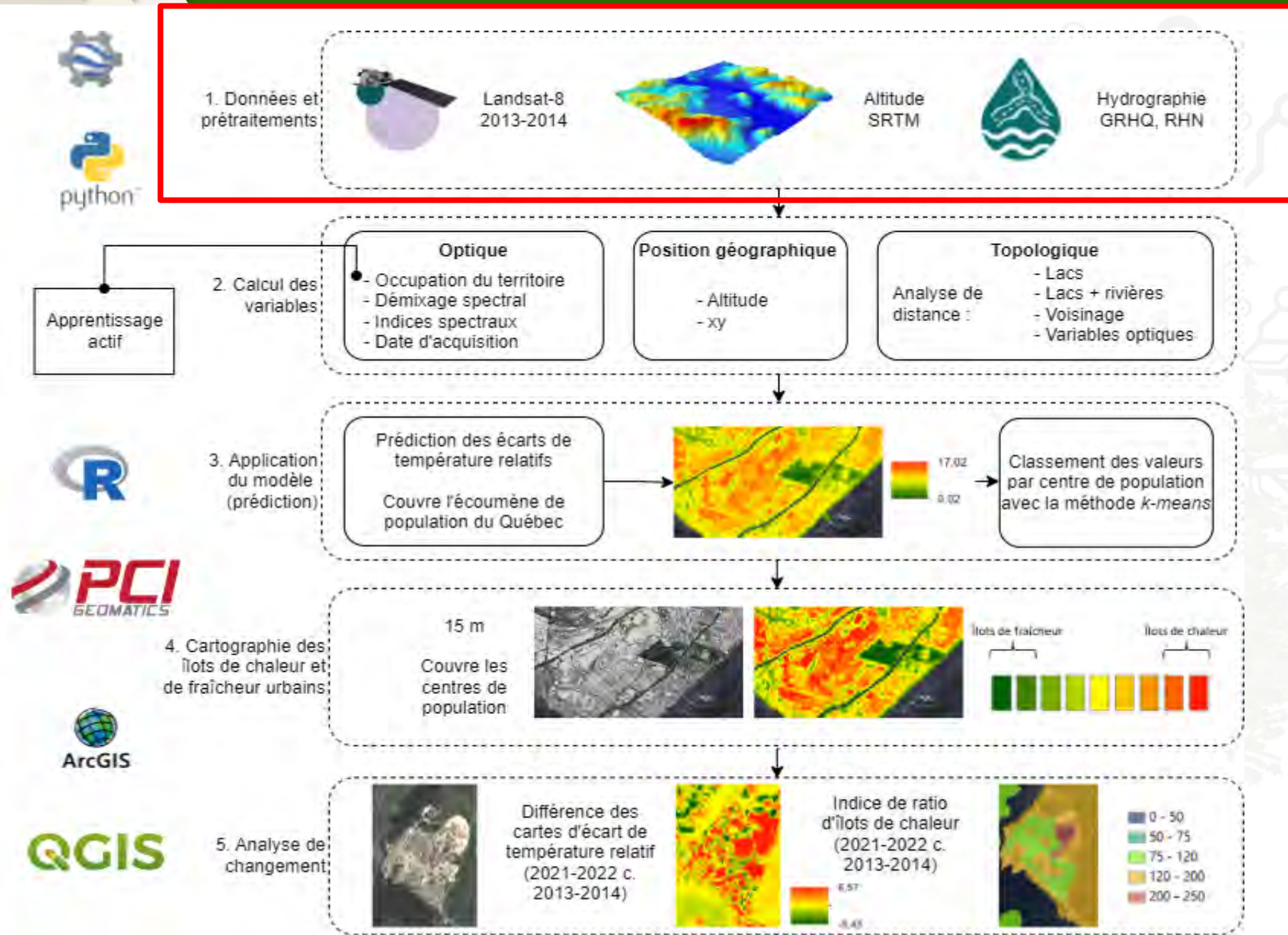
zone habitée + 2 km zone tampon



Principales étapes



Principales étapes



python

Apprentissage actif

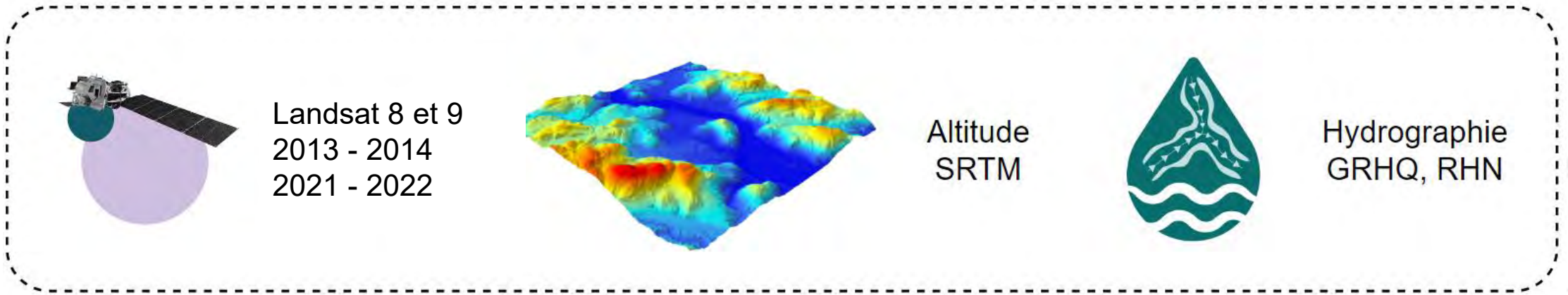
R

PCI GEOMATICS

ArcGIS

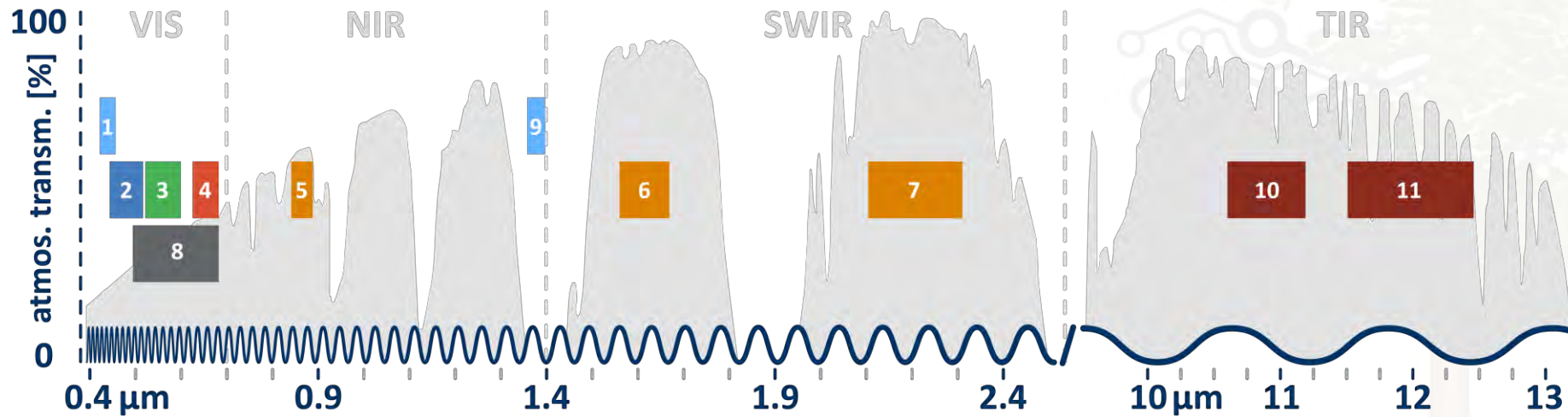
QGIS

1. Données et prétraitements



This section is enclosed in a dashed-line box and contains four data sources:

- Landsat 8 et 9** (2013 - 2014, 2021 - 2022): Represented by an icon of a satellite.
- Altitude SRTM**: Represented by a 3D topographic map showing elevation in various colors.
- Hydrographie GRHQ, RHN**: Represented by a logo of a water drop containing a river network.



1. Données et prétraitements

Images Landsat 8 et 9

- Niveau de traitement :

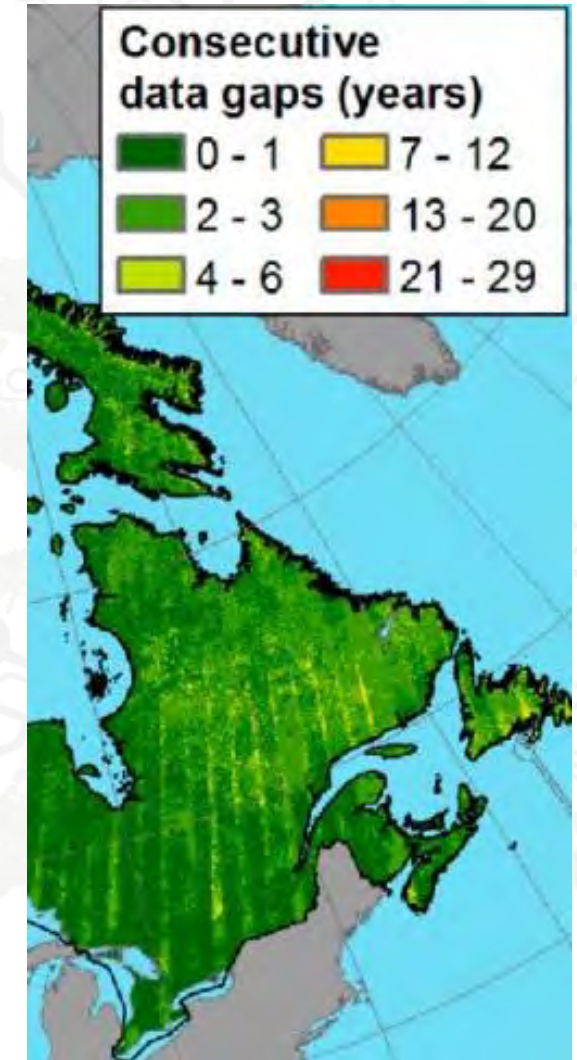
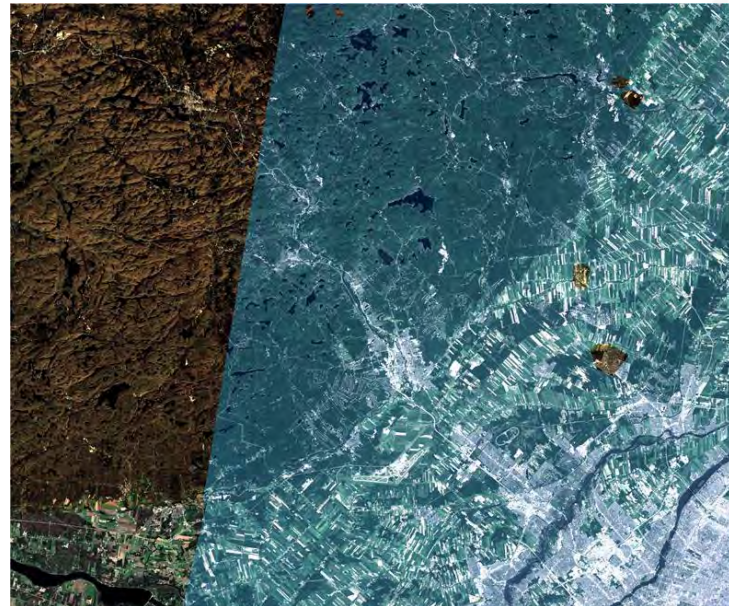
Collection 2 Tier 1 Level 1 Top of the atmosphere reflectance

- **Images d'été (d'automne)**

- Images

- 2013 - 2014 (2015)
- 2022 - 2021 (2020)

Image automne/été

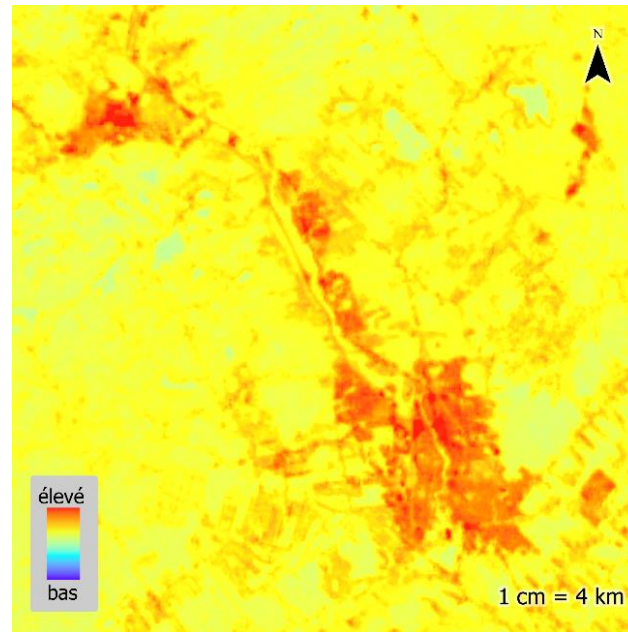


1. Données et prétraitements

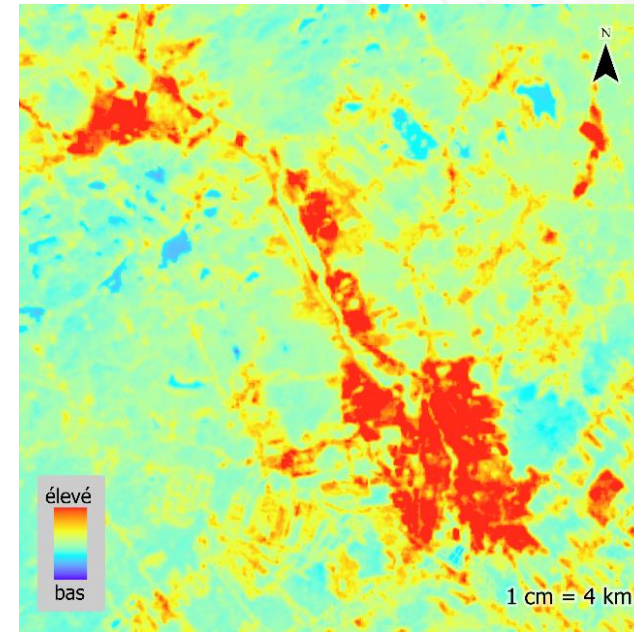
Données de température USGS



Imagerie QC



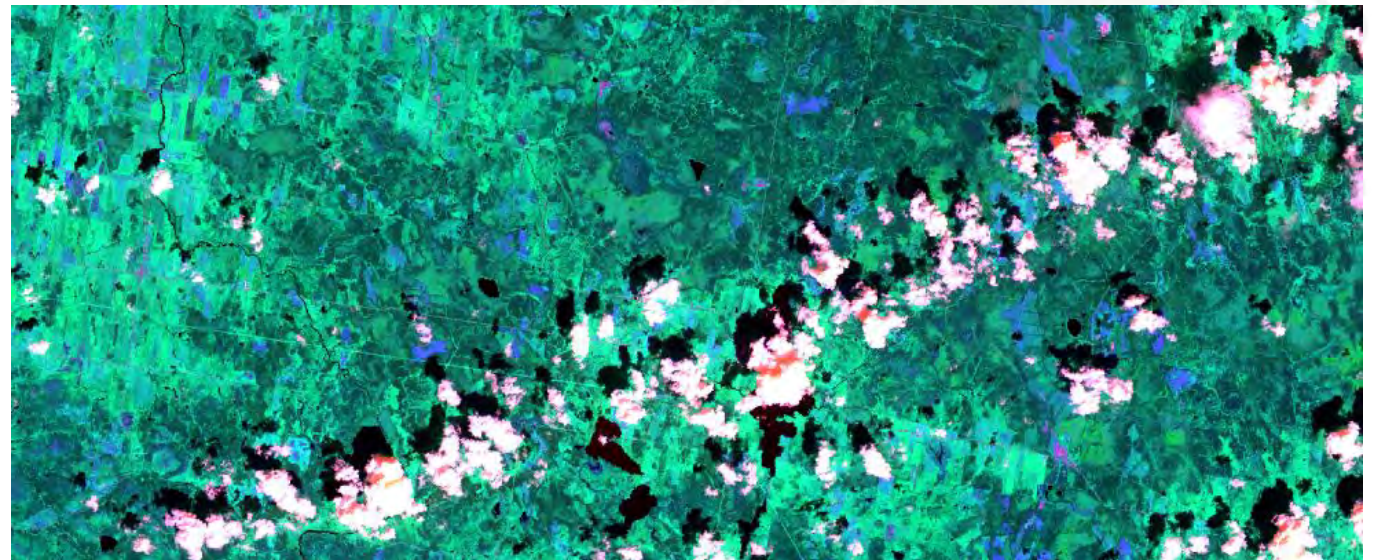
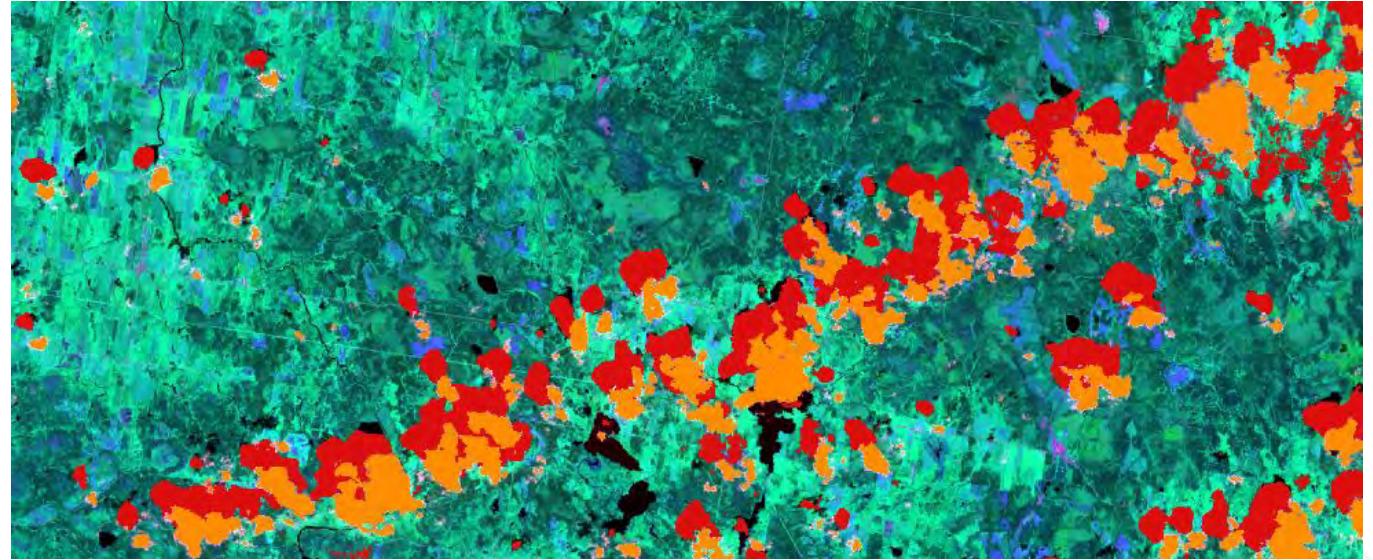
Bande 10



Bande de température USGS

1. Données et prétraitements

Détection des nuages et des ombres :
algorithme d'apprentissage profond



1. Données et prétraitements

- Fusion (pansharpening) des bandes multispectrales avec la bande panchromatique pour augmenter la résolution.
- Correction de l'image fusionnée selon la radiométrie de l'image initiale.

Image brute (30 m)



Image fusionnée (15 m)



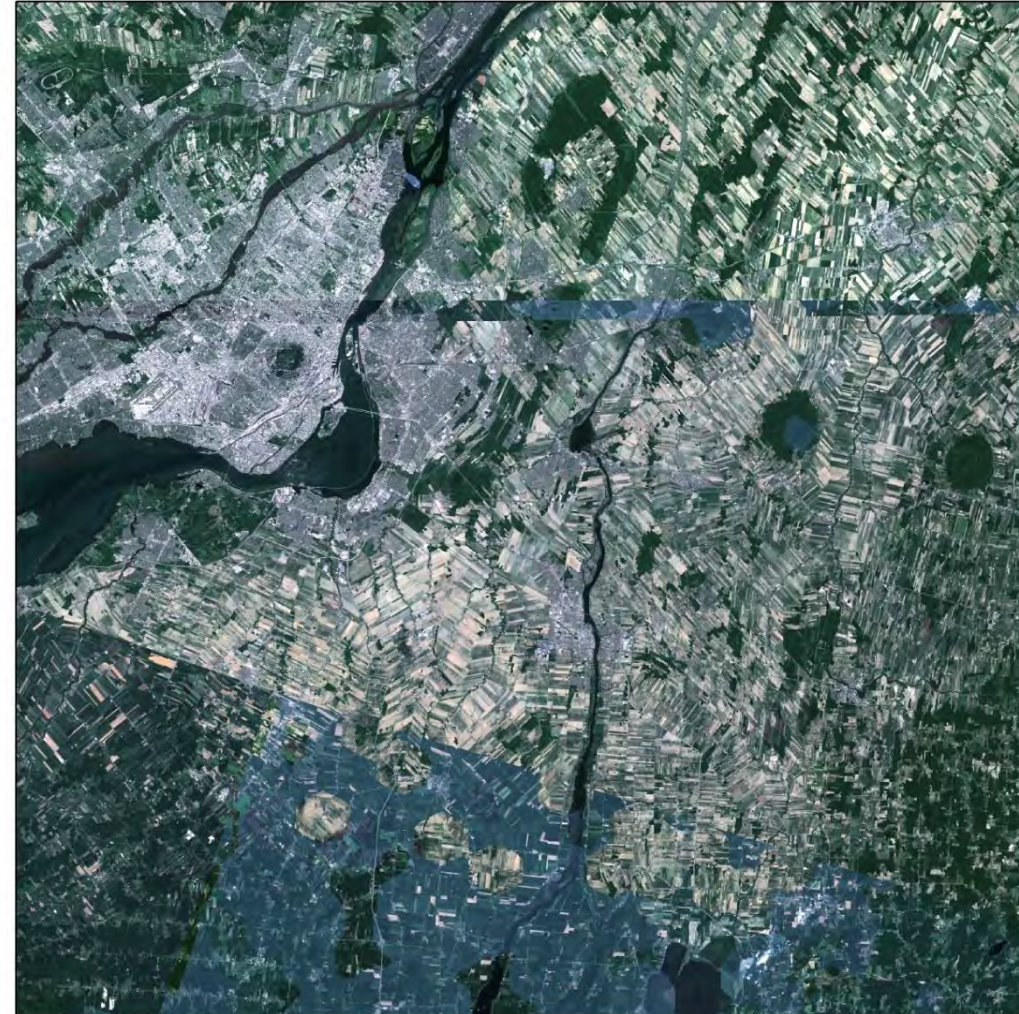
Image fusionnée corrigée (15 m)



1. Données et prétraitements

Mosaïque :

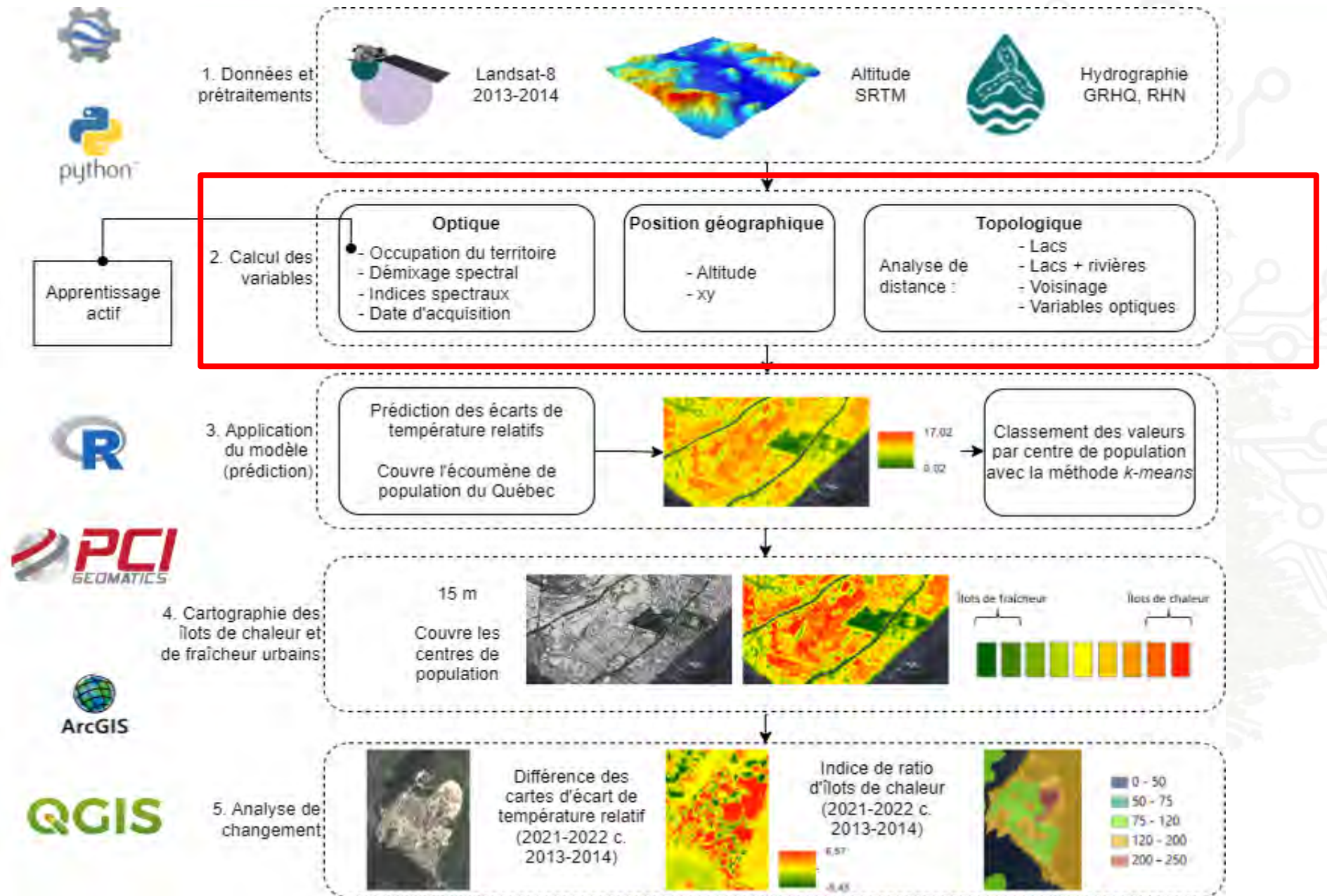
- Prioriser
 - les images de l'année de référence (2022 ou 2013)
 - l'homogénéité de la mosaïque (même date d'acquisition)
 - les images d'été (préférence pour la semaine la plus chaude 30^e)
- Spécifications
 - Enregistrer pour chaque pixel la date d'acquisition
 - Pour un même pixel, toutes les bandes proviennent d'une même image



0 5 10 20 Km

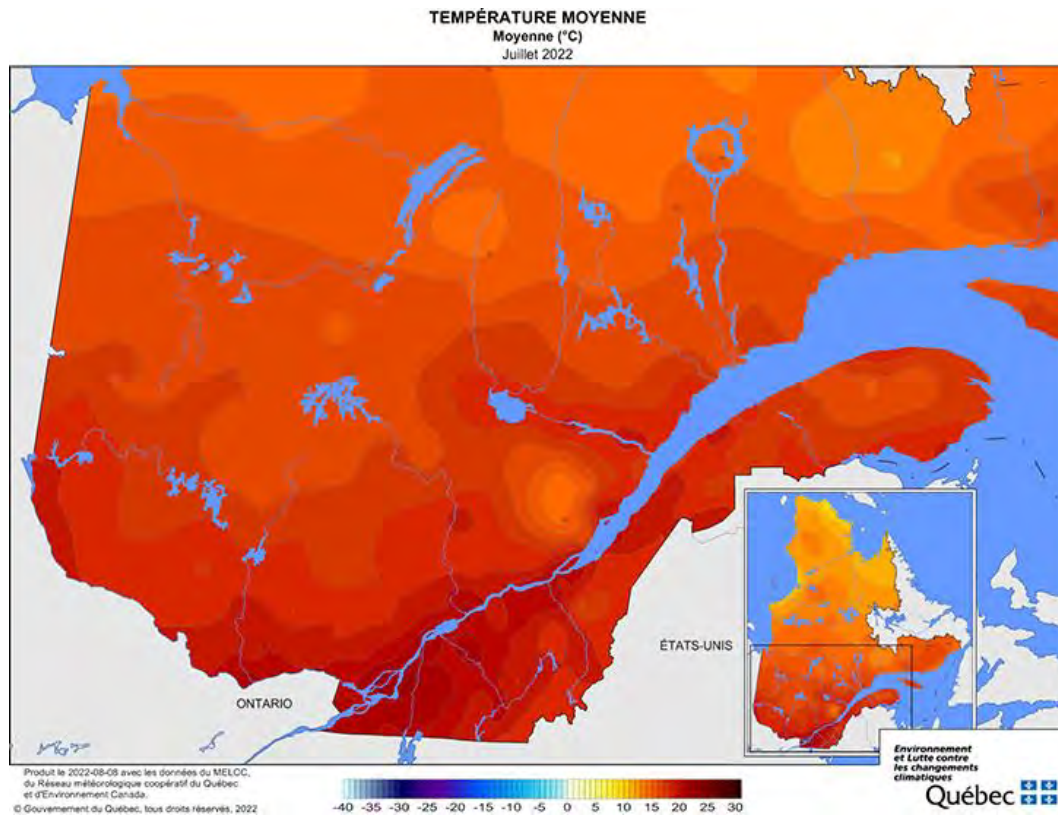


2. Calcul des variables



2. Calcul des variables

A. Position géographique (latitude, longitude et altitude)



2. Calcul des variables

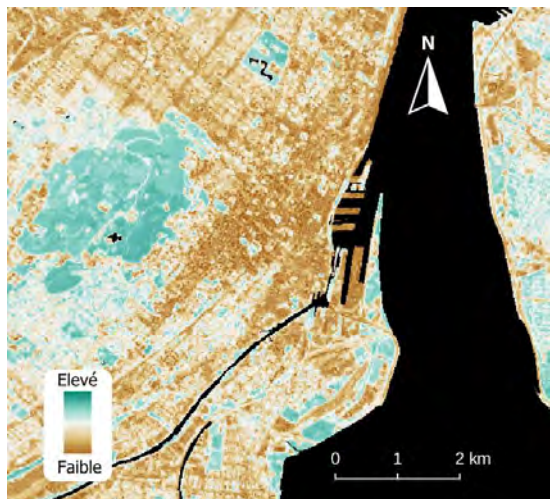
B. Variables optiques

- Date d'acquisition de l'image
- Indices spectraux
- Occupation du territoire
- Démixage spectral

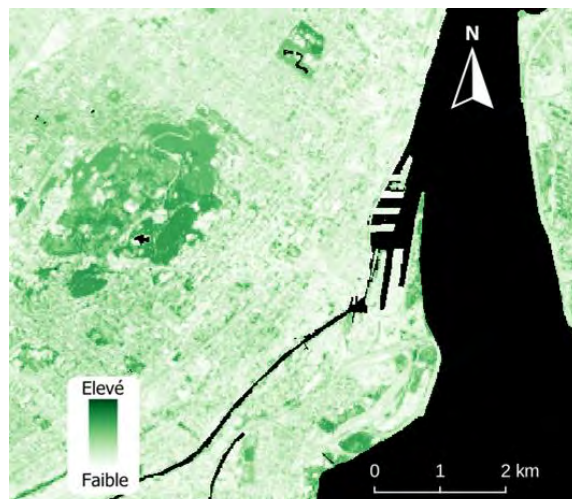
Landsat-8



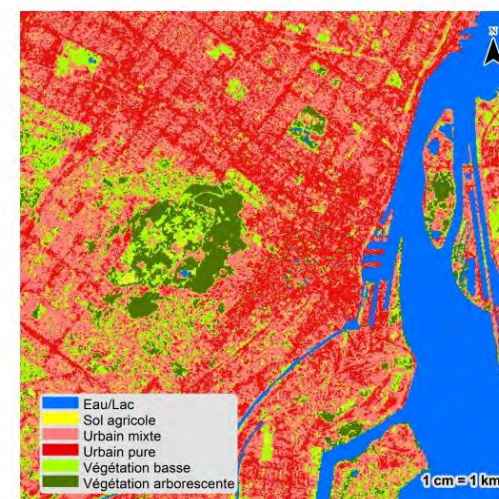
NDVI



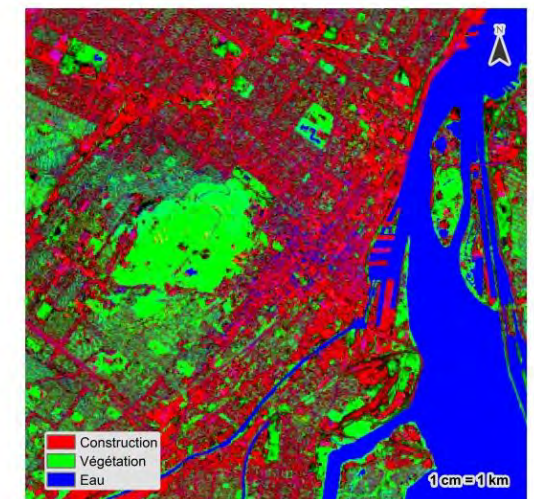
GI (indice de verdure)



Occupation du territoire



Démixage spectral



2. Calcul des variables

B. Variables optiques : Occupation du territoire

- Développer un modèle de prédiction de l'occupation du territoire
- Choix des zones homogènes d'entraînement du modèle
 - a. Eau
 - b. Sol
 - c. Urbain Mixte
 - d. Urbain Pur
 - e. Végétation arborescente
 - f. Végétation basse



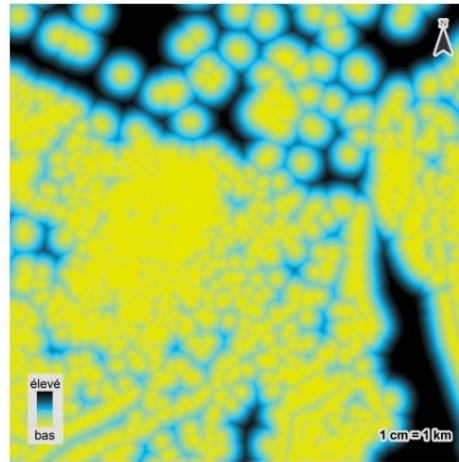
2. Calcul des variables

c. Variables topologiques

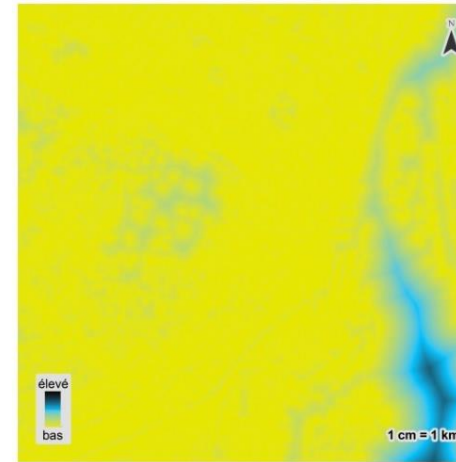
Landsat-8



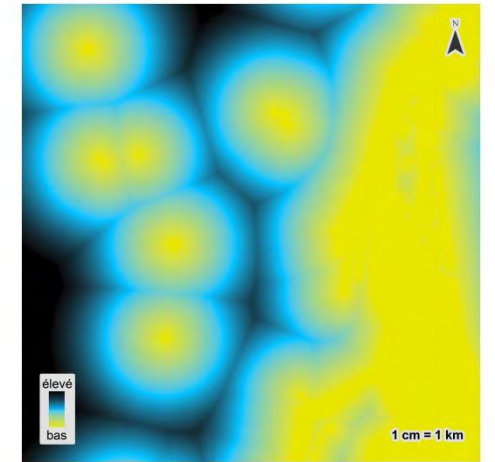
Distance
Végétation
arborescente



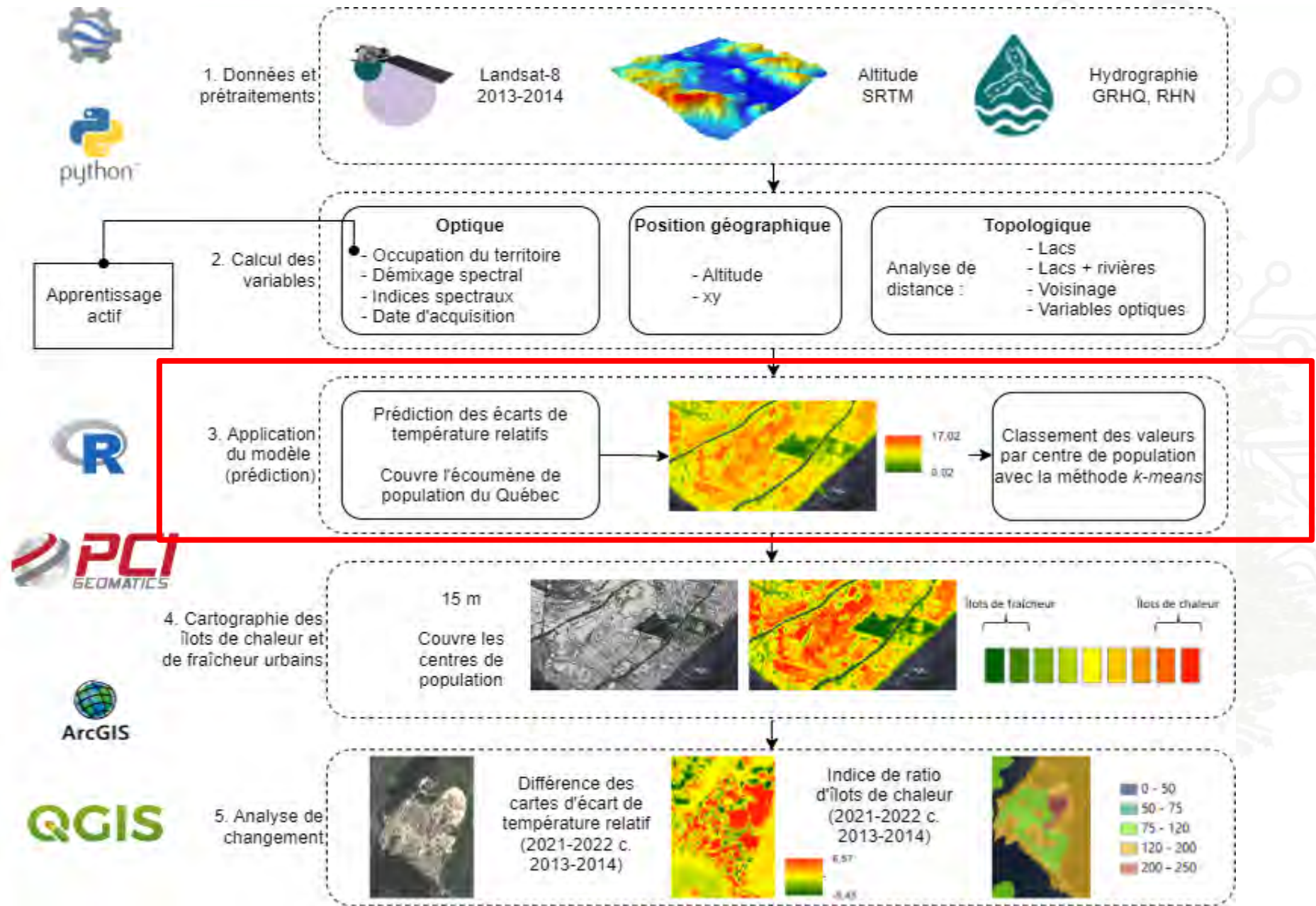
Distance
Construction



Distance
lac, fleuve et mer



Principales étapes

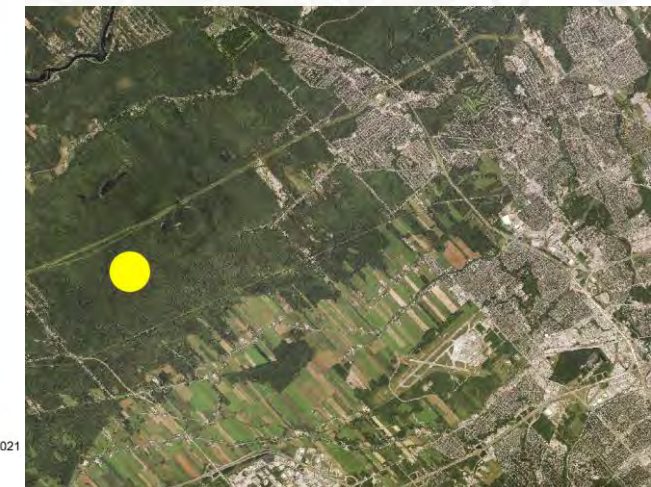
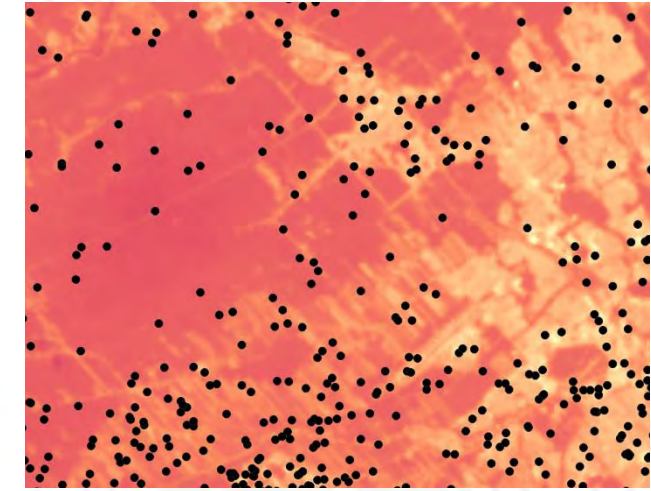
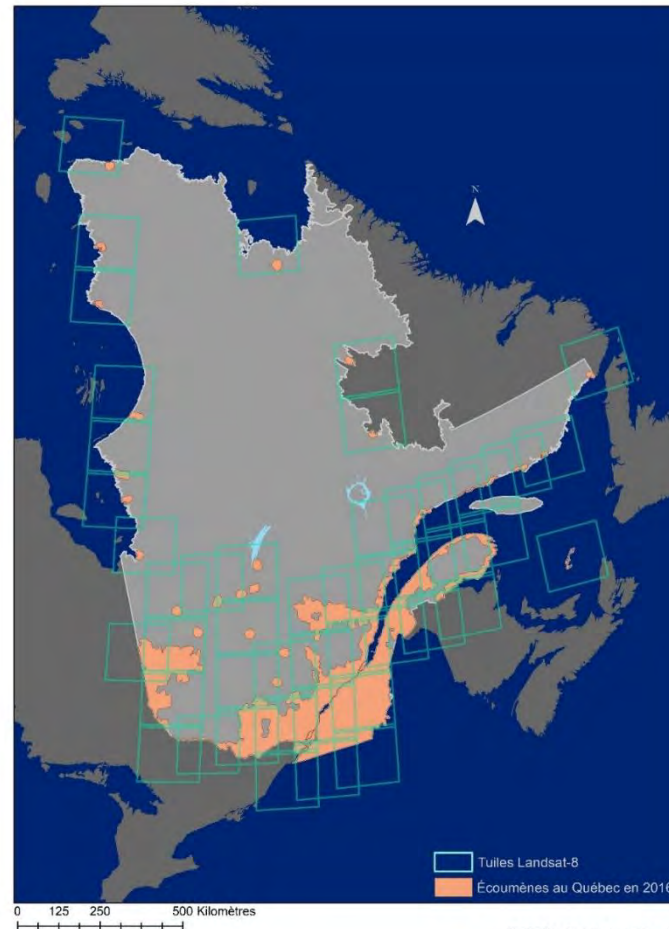


3. Modèle de prédiction de la température

Échantillonnage de température

- 500 points aléatoires par classe **d'occupation du territoire à l'intérieur** des aires de diffusion (total 37 364).
- **Sélection d'un point de température de référence** en milieux forestiers, par scène
- Normalisation de la température (écart de température)

$$T_{norm} = T_{L8} - T_{ref}$$



3. Modèle de prédiction de la température

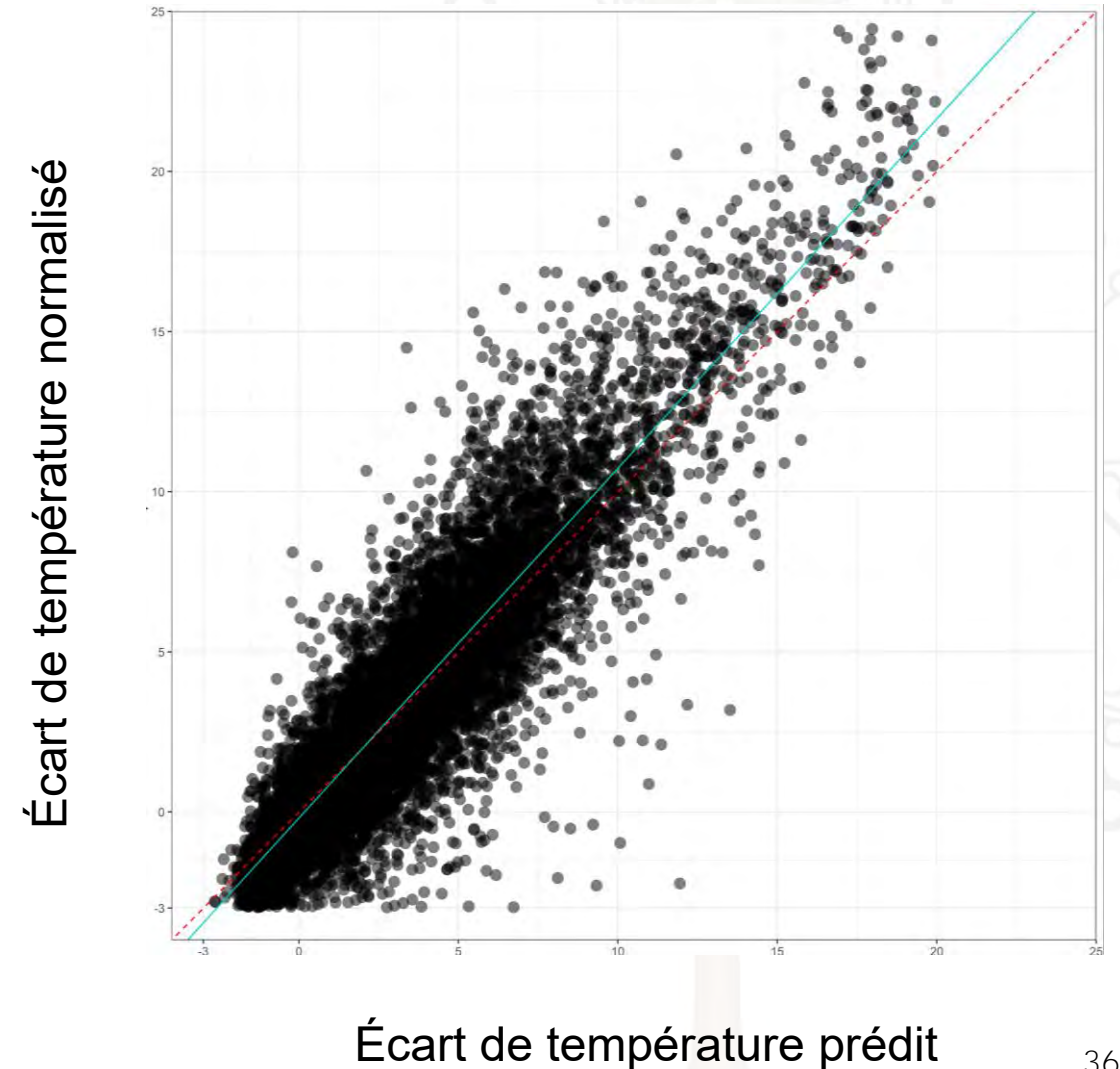
- Random forest
- Importance des variables

Variable	Importance (%)		
y	100.00	MNDWI	2.03
semaine	42.04	NDVI	1.89
DistanceOccTerr_VegetationArborescente	24.48	D_EAU_LIN	1.79
X	14.93	vegetation	1.73
ALT	13.64	NMDI3	1.53
DistanceDemix_Construction	10.53	Sol_nu	1.28
GI	7.21	D_EAU_SURF	1.16
NBR	6.92	EauVoisinage5x5	1.09
MBWI	5.13	DistanceDemix_Eau	0.99
DistanceOccTerr_UrbainPur	4.27	DistanceDemix_vegetation	0.84
Construction	4.08	EauVoisinage7x7	0.67
DistanceDemix_Sol_nu	3.25	Eau	0.63
ABDI1_B5_B6	3.16	EauVoisinage	0.56
DistanceOccTerr_SolAgricole	2.87	OccTerrVegetationArborescente	0.40
DistanceOccTerr_EauLac	2.32	img_indexAUTOMNE	0.30
DistanceOccTerr_VegetationBasse	2.22	OccTerrUrbainPur	0.05
DistanceOccTerr_UrbainMixte	2.19	OccTerrUrbainMixte	0.02
		OccTerrSolAgricole	0.01
		OccTerrVegetationBasse	0.00

3. Modèle de prédiction de la température

Précision du modèle

- R^2 : 0,81
- Erreur moyenne absolue : 1,41
- Écart-type : 1,93
- Erreur quadratique moyenne (RMSE) : 1,93



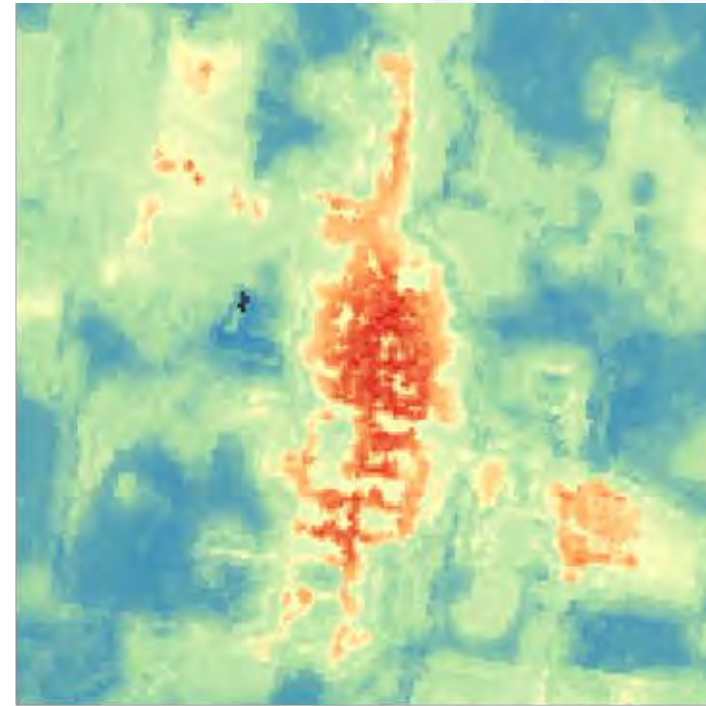
3. Modèle de prédiction de la température

Prédiction des écarts de température

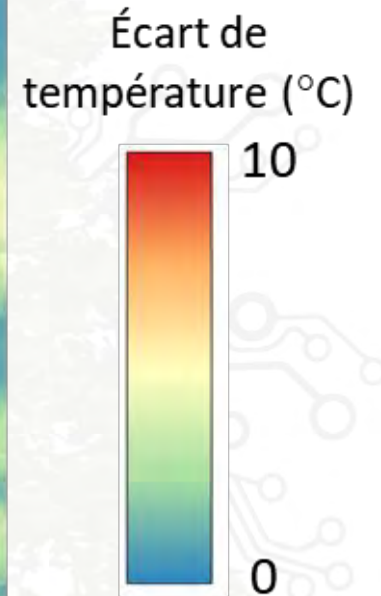
peu affectées par les différences entre les images (date d'acquisition)



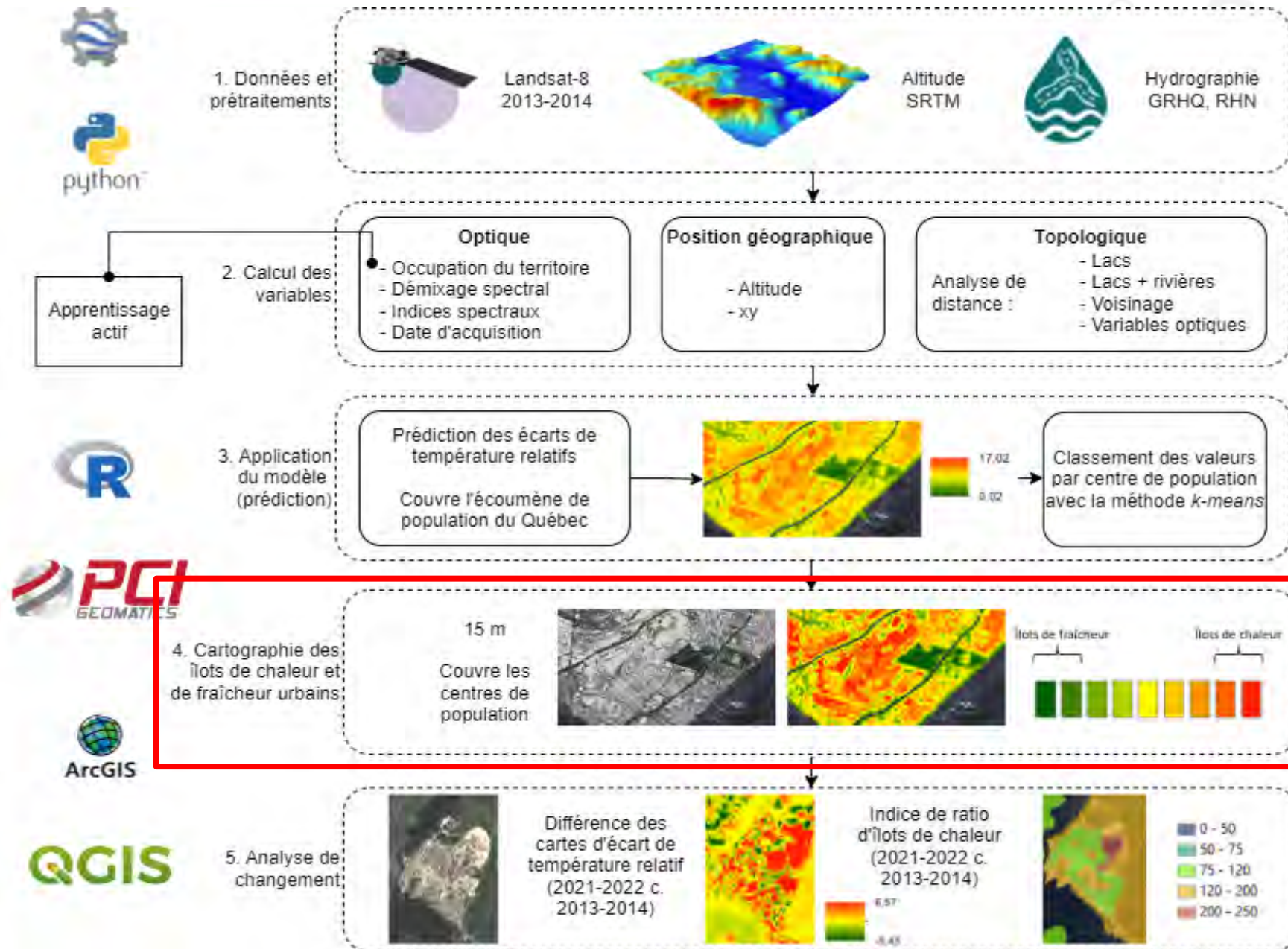
Mosaïque Landsat-8/9



Écart température prédit

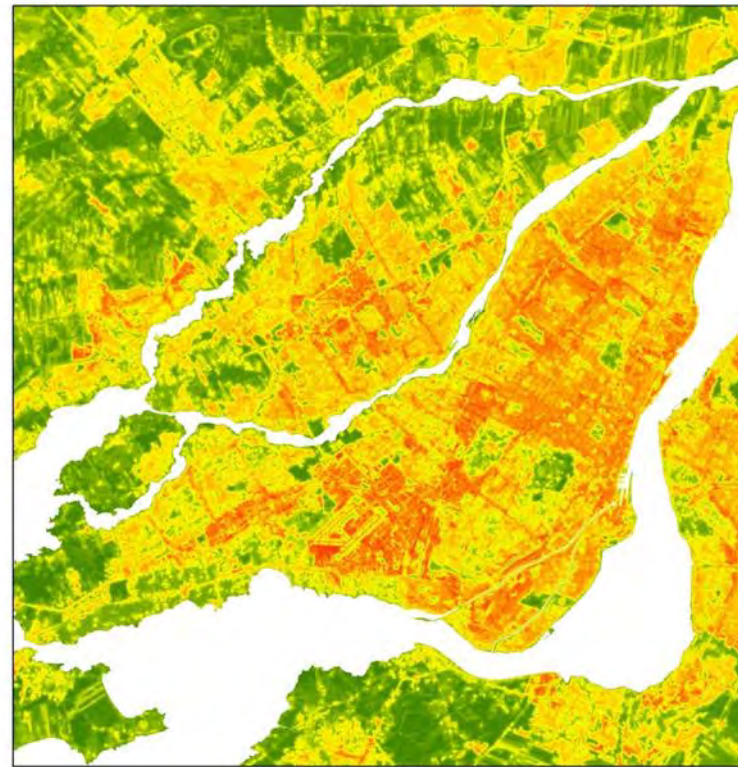


Principales étapes

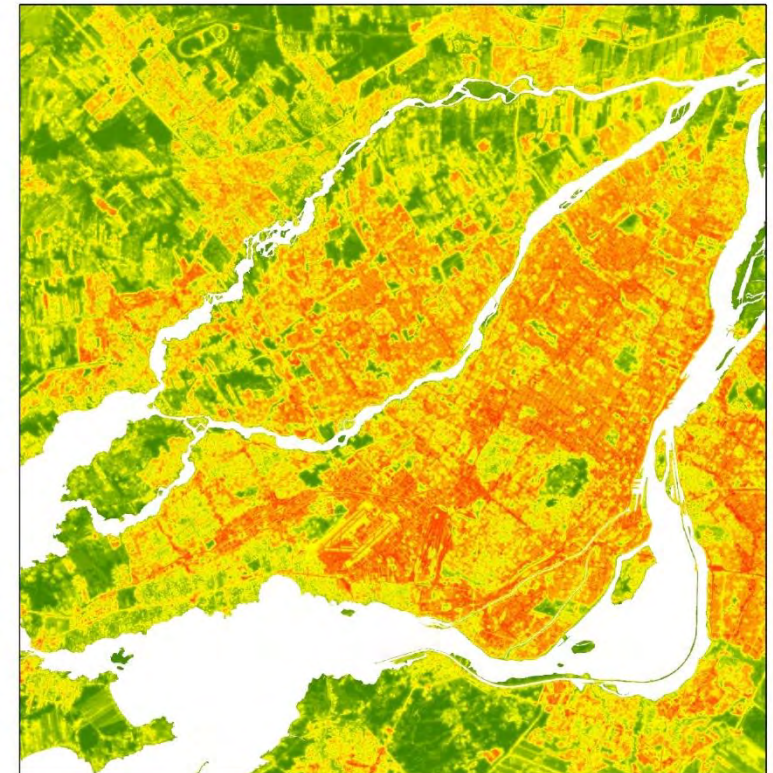
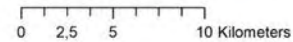


4. Cartographie des îlots de chaleur

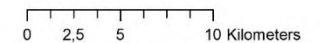
Prédiction des écarts de température pour l'ensemble de l'écoumène



Écart de température relative 2013



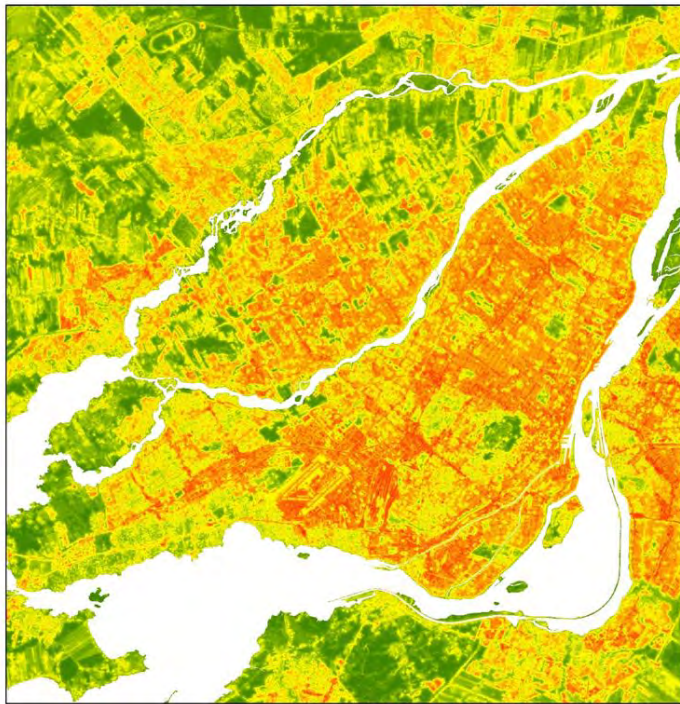
Écart de température relative 2022



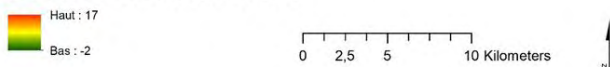
4. Cartographie des îlots de chaleur

Classification des écarts de température en 9 classes (k-means)

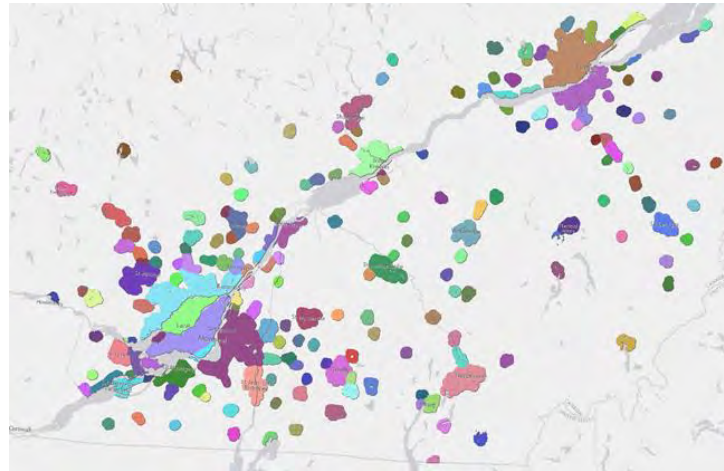
Écart de température prédit



Écart de température relative 2022



par centres de population individuels

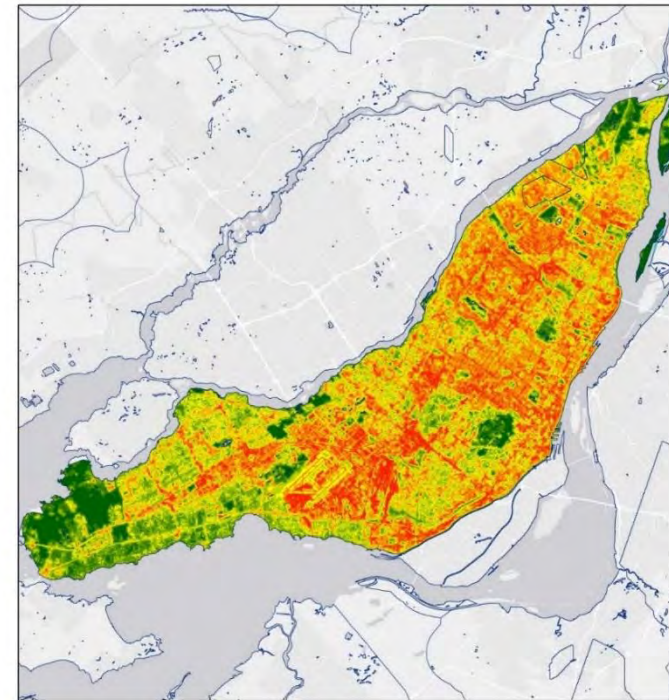


Différences d'écarts de températures

- nord (-2 à 2 °C)
- sud (0,3 à 19,2 °C)

Intervalles de classification spécifiques par centre de population

Classes ICFU

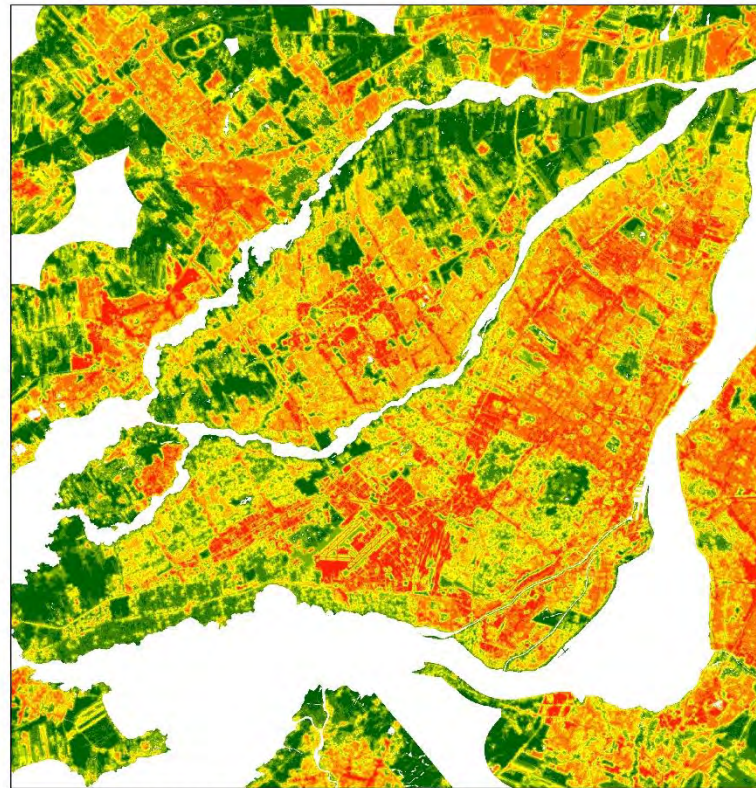


Limites des classes par centre urbain

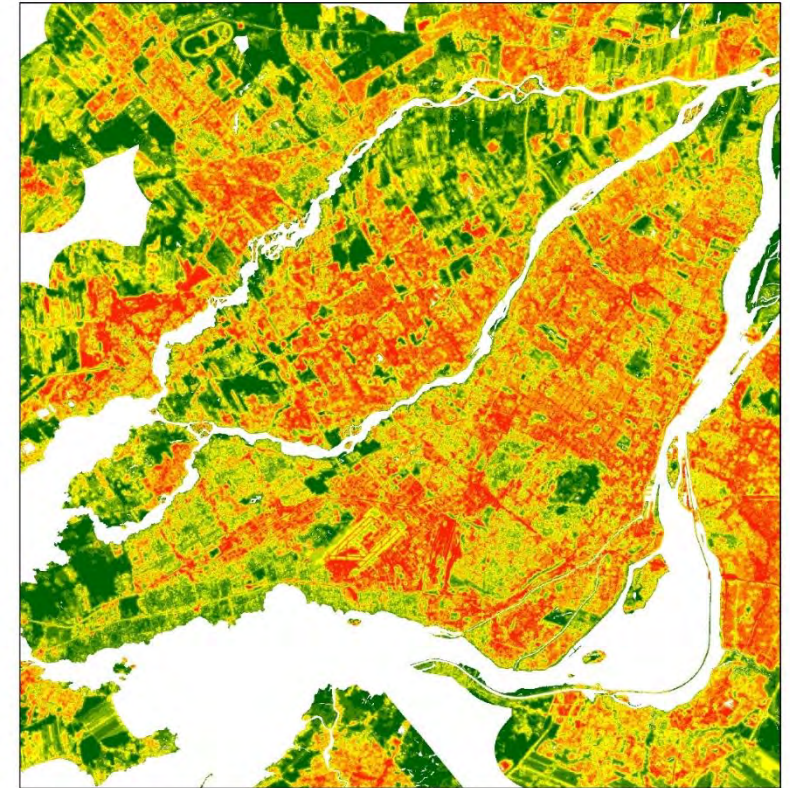
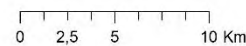
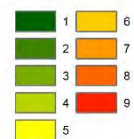


4. Cartographie des îlots de chaleur

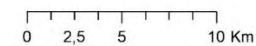
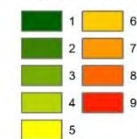
Classification des écarts de température (9 classes) pour les centres de population



Classes de température 2013



Classes de température 2022



4. Cartographie des îlots de chaleur

Calcul de l'indice d'intensité d'îlots de chaleur urbains

(*Surface Urban Heat Island Intensity - SUHII*)

par îlot de diffusion
pour les centres de population

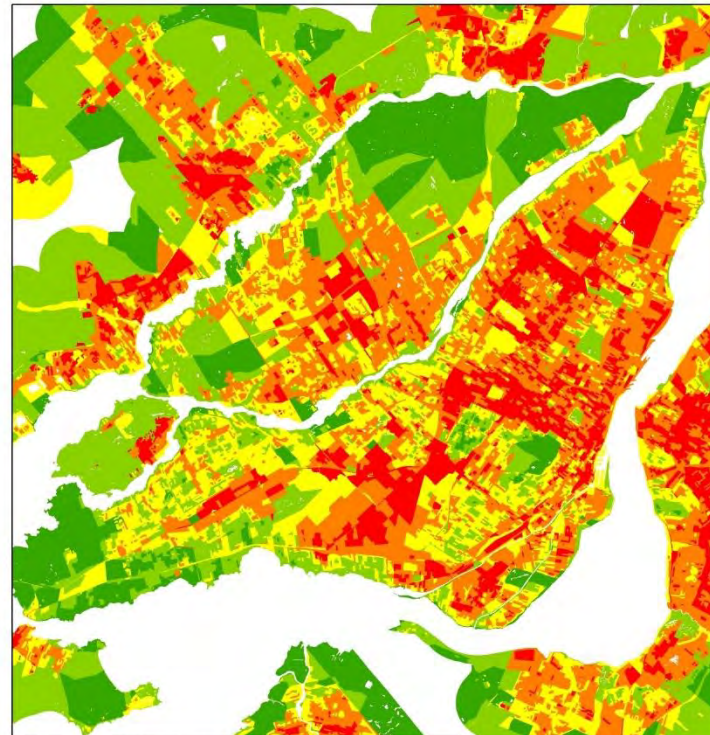
$$SUHII = \frac{1}{100 * m} \sum_{i=1}^n W_i P_i$$

m = nombre des classes = 9

n = nombre des classes considérées comme îlots des chaleurs = 9 (toutes les classes ont été considérées).

W = indice de pondération de la classe

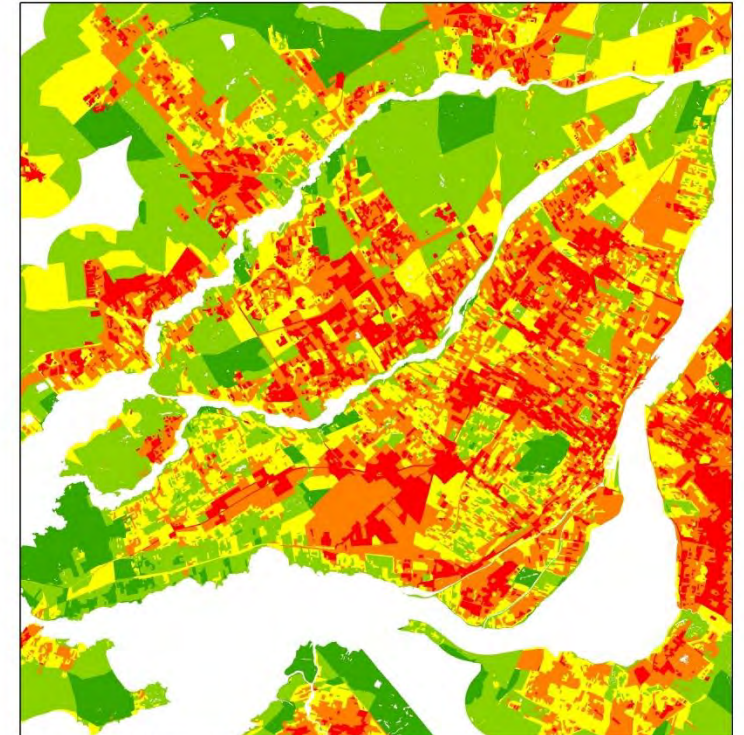
P = le ratio de la surface couverte par les classes des îlots de chaleurs considérées par rapport à la surface de l'îlot de diffusion



SUHII 2013 classes 1-9



0 2,5 5 10 Kilometers



SUHII 2022 classes 1-9



0 2,5 5 10 Kilometers

Projets

1) Production des données :

- Cartographie de la canopée
- Cartographie des îlots de chaleur urbains (2013; 2022)
- Changement des îlots de chaleur entre 2013 et 2022

2) Utilisation des données :

- Identifications des sites prioritaires pour verdissement dans le cadre des projets de plantation des 2 milliards d'arbres

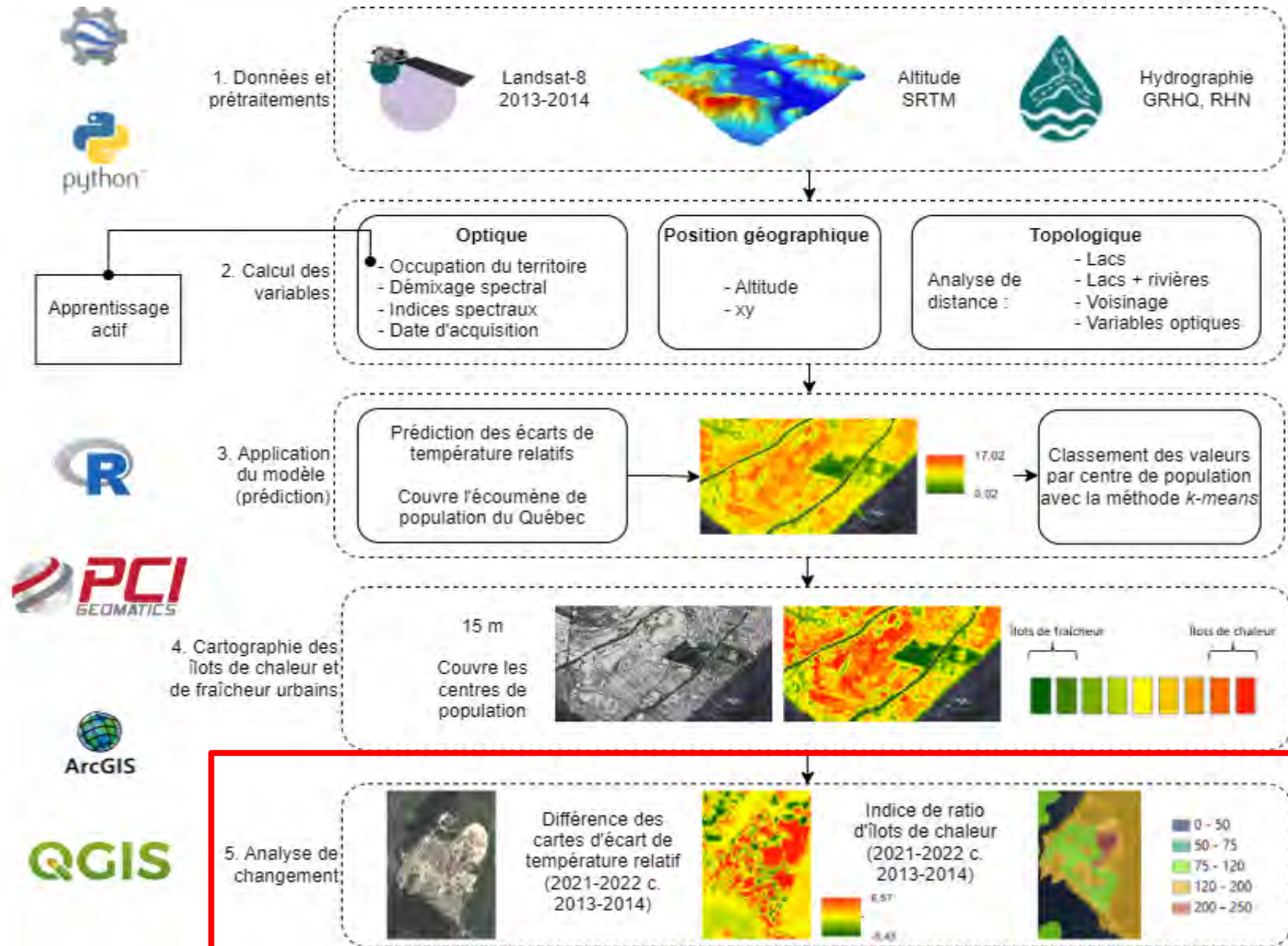
**Institut national
de santé publique**

Québec 

Association forestière des deux rives



Principales étapes



Apprentissage actif



5. Analyse de changement

Méthode 1)

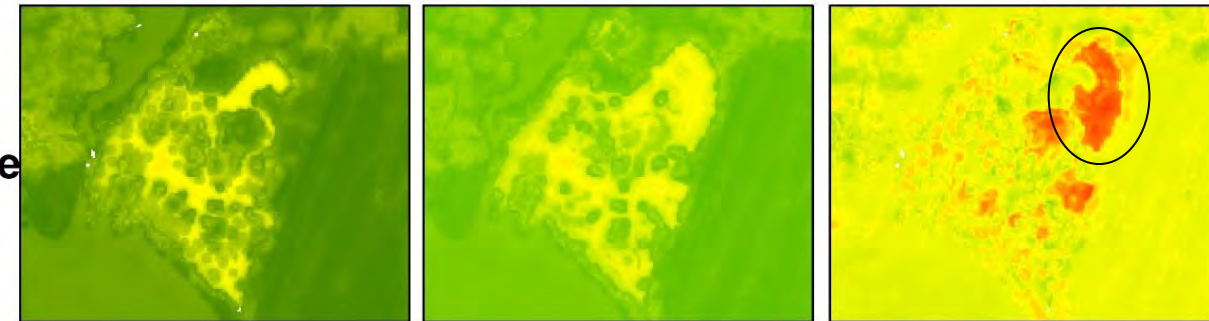
Différence entre les écarts de température relatifs

- au niveau du pixel

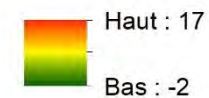
Image Landsat



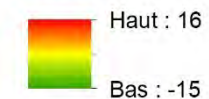
Écart de température relative



Écart température



Changement écart température



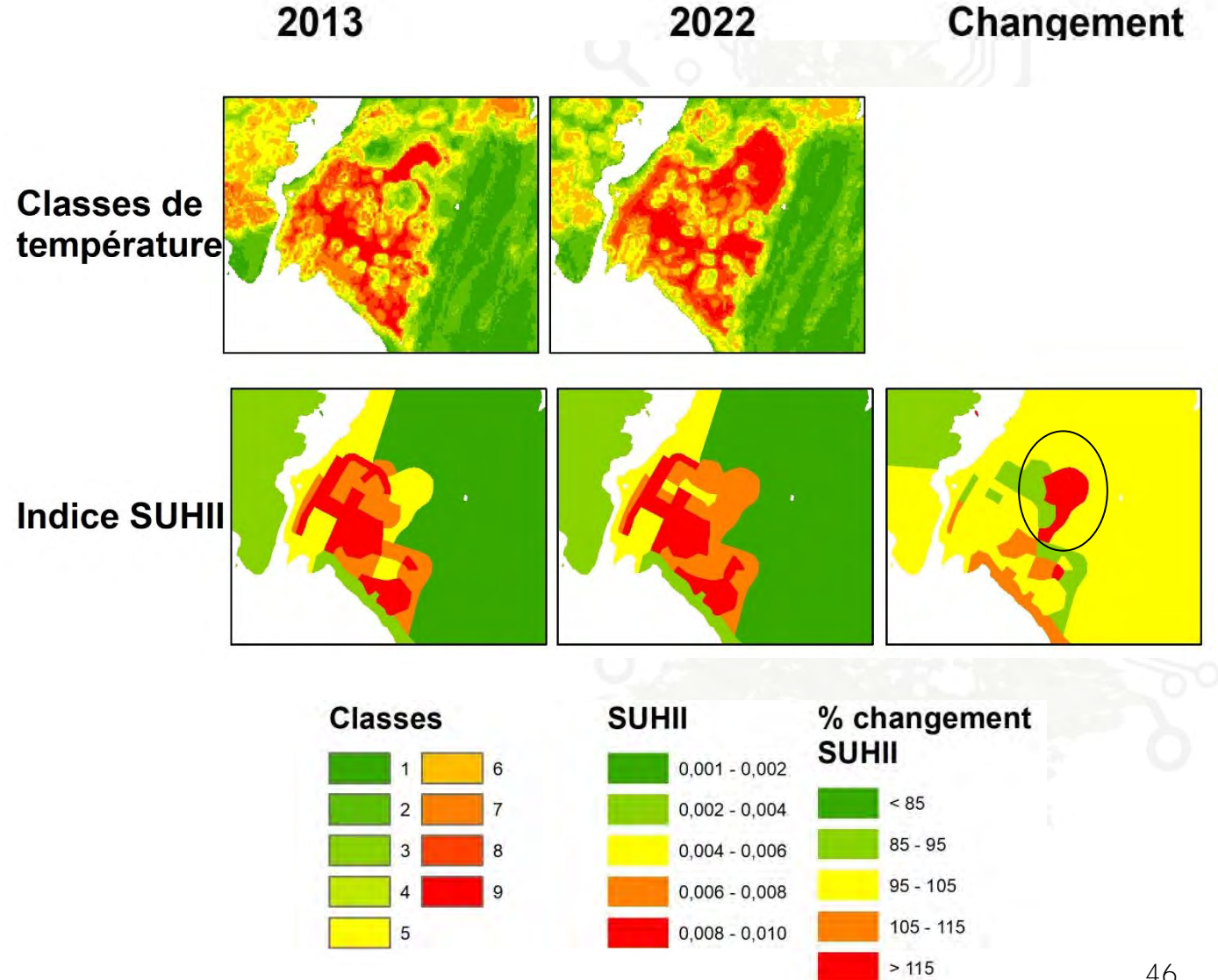
5. Analyse de changement

Méthode 2)

Ratio entre les indices d'intensité d'îlots de chaleur urbains

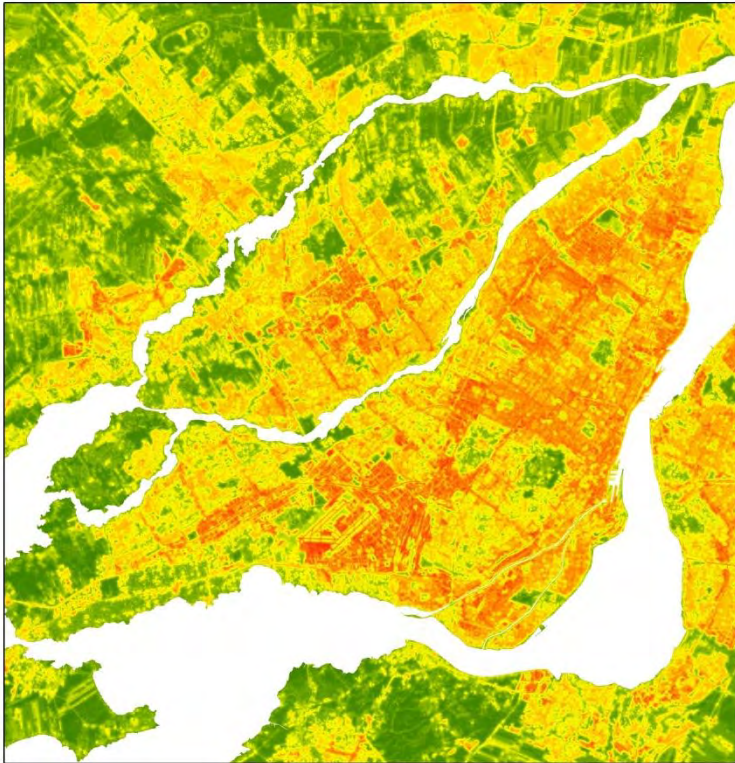
(*Surface Urban Heat Island Intensity - SUHII*)

$$SUHII \text{ variation ratio} = \frac{SUHII \text{ 2022}}{SUHII \text{ 2013}} * 100$$



5. Analyse de changement

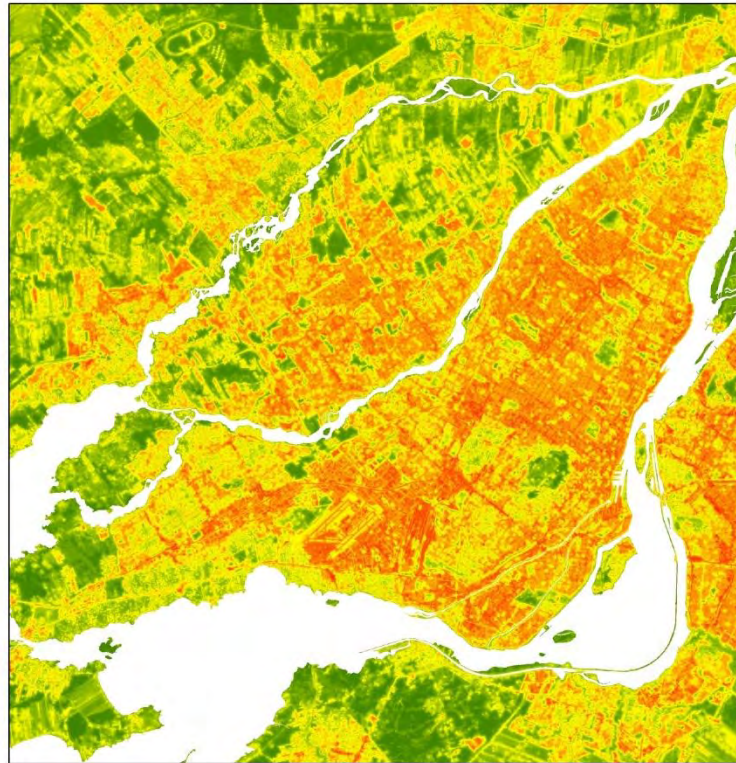
Différence d'écart de température



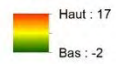
Écart de température relative 2013



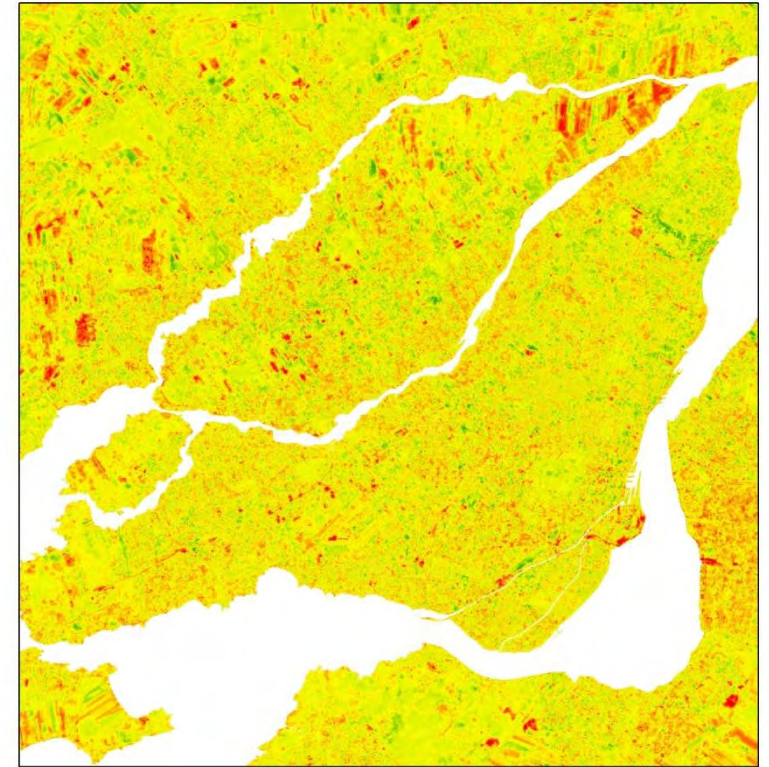
0 2,5 5 10 Kilometers



Écart de température relative 2022



0 2,5 5 10 Kilometers



Changement d'écart de température relative entre 2013 et 2022

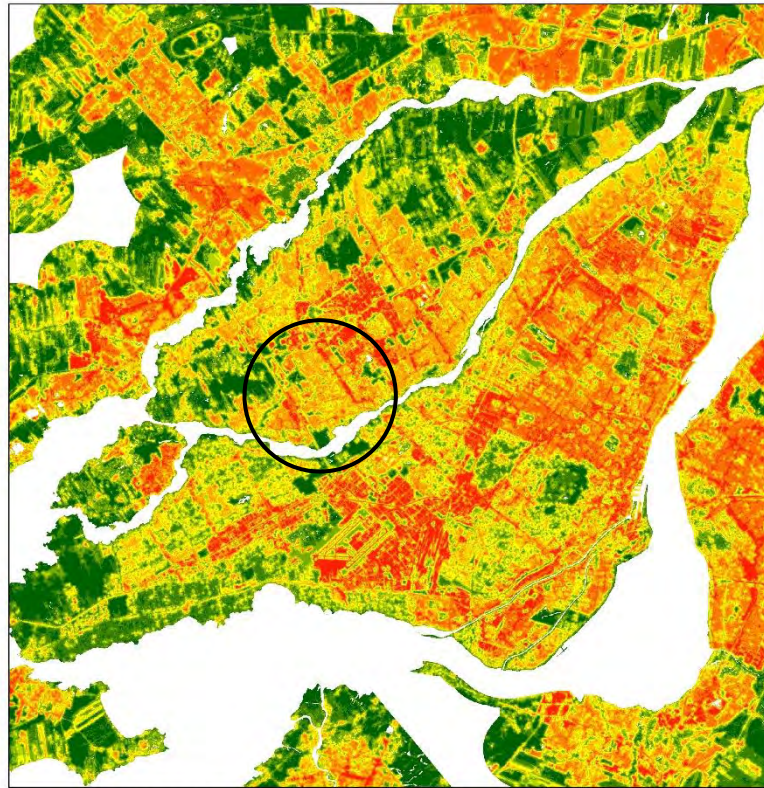


0 2,5 5 10 Kilometers

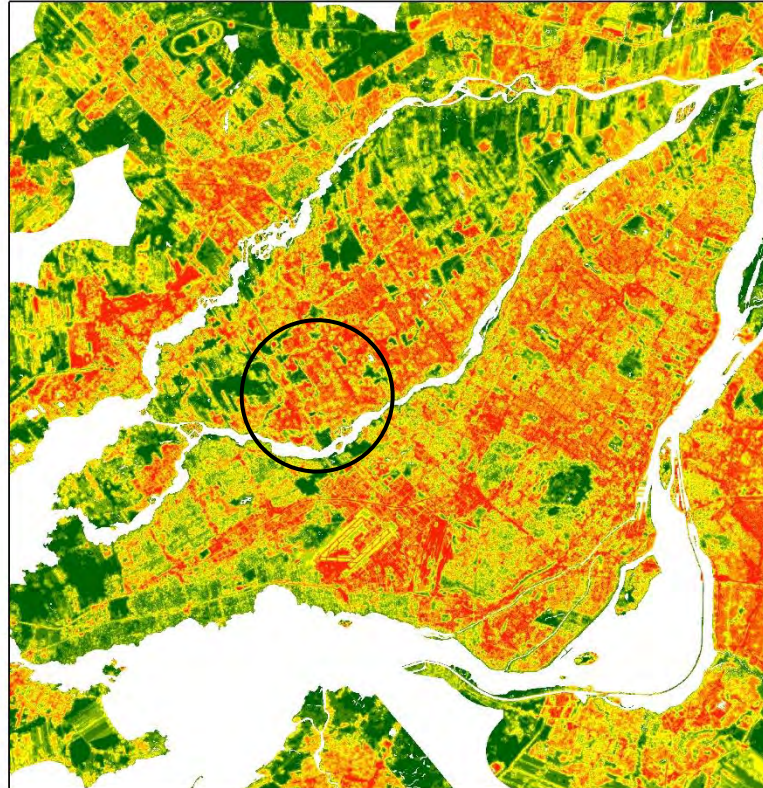
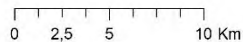
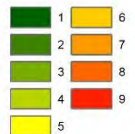


5. Analyse de changement

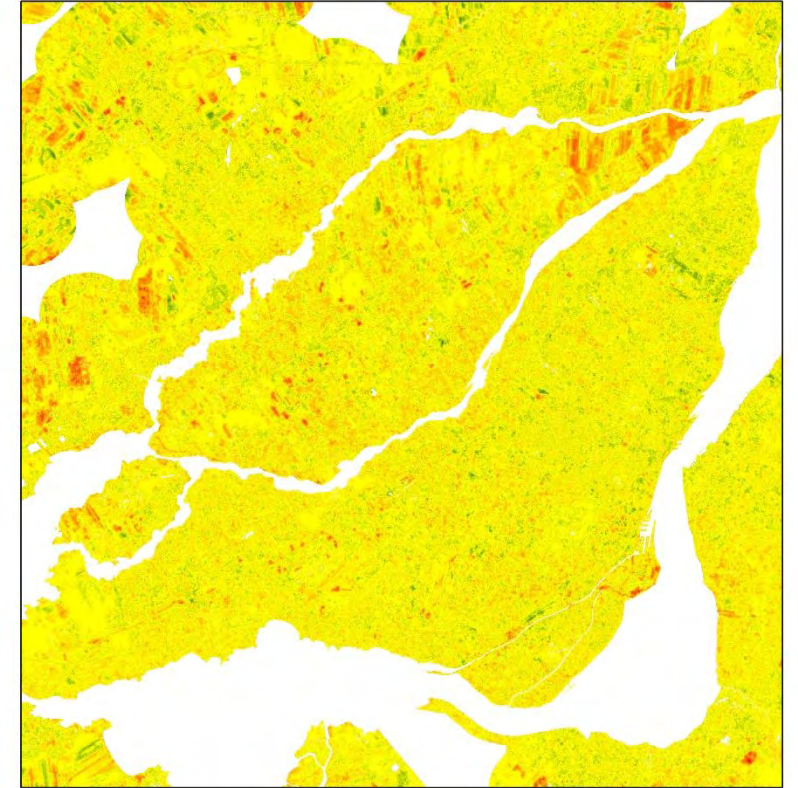
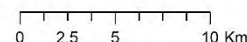
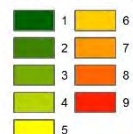
Différence de classes d'écart de température



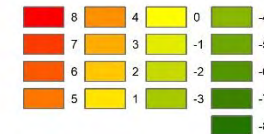
Classes de température 2013



Classes de température 2022

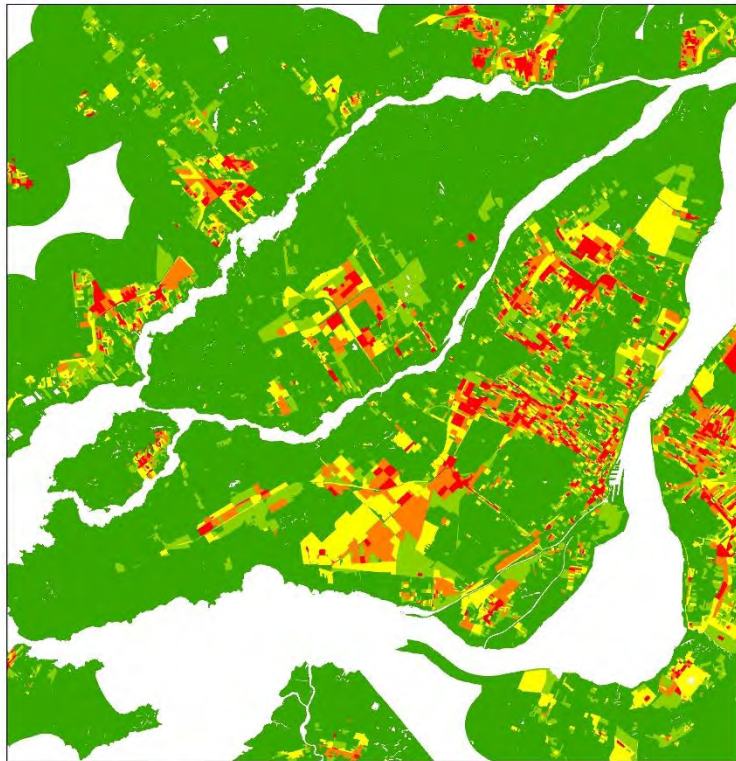


Changement entre les classes d'écart de température 2013-2022

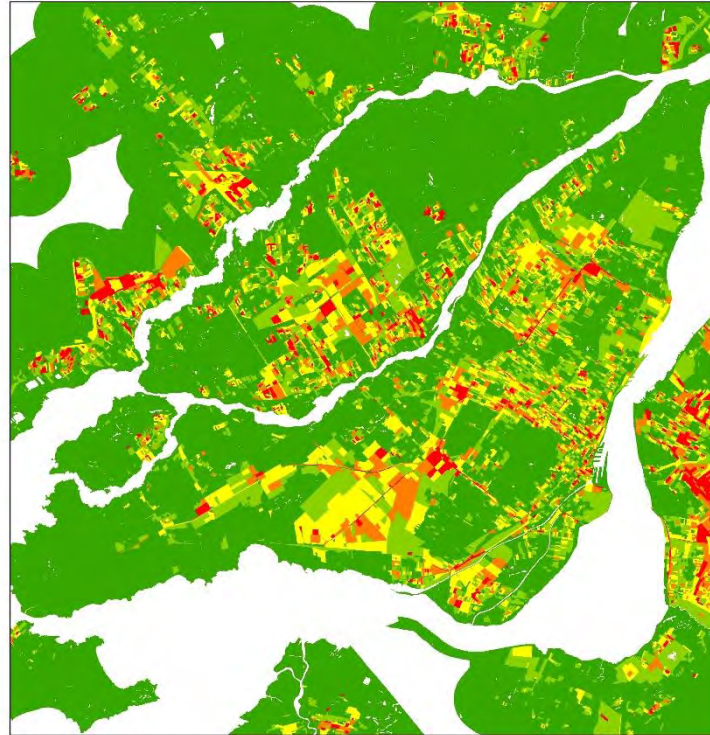
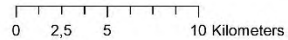


5. Analyse de changement

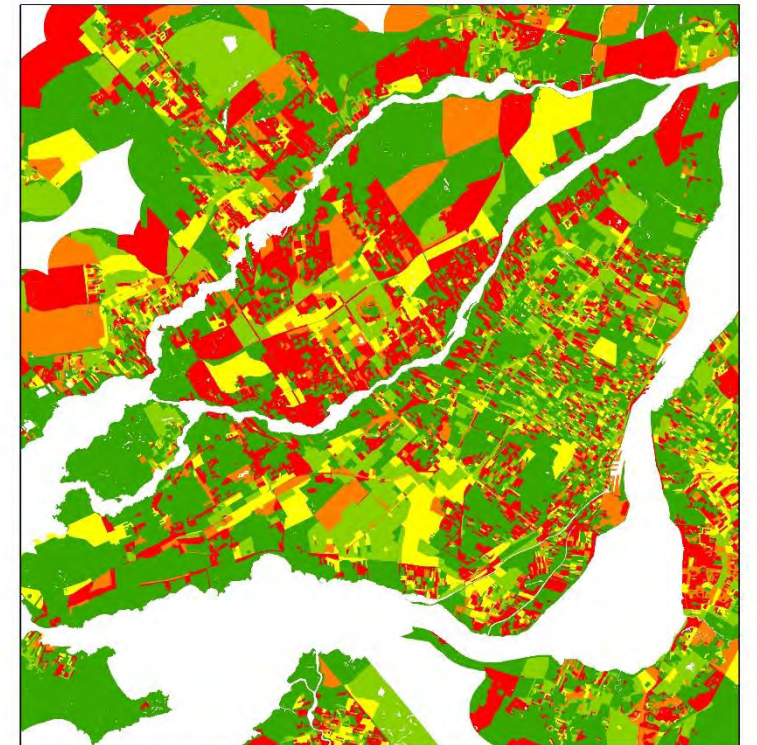
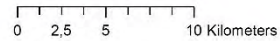
Ratio entre les indices d'intensité d'îlots de chaleur urbains (classes 8 et 9 : version non retenue)



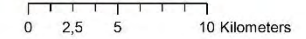
SUHII 2013 classes 8-9



SUHII 2022 classes 8-9

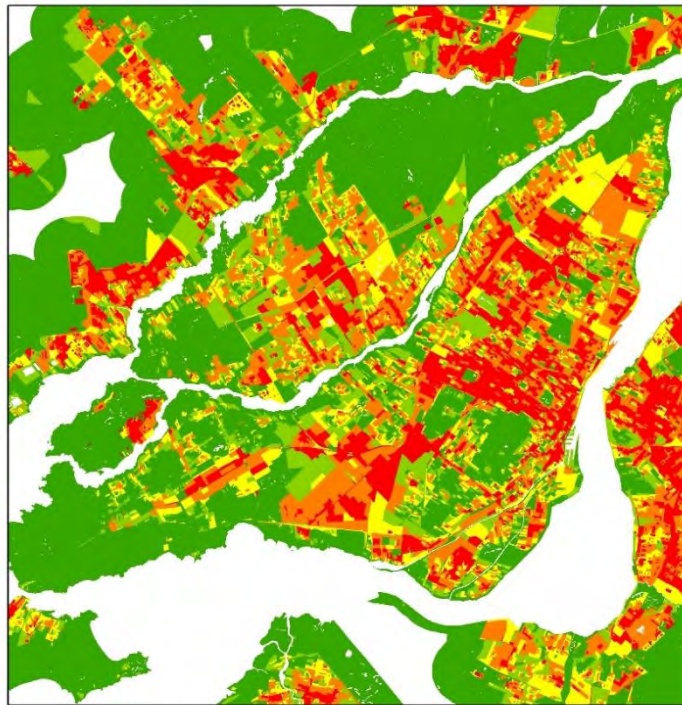


Variation SUHII classes 8-9

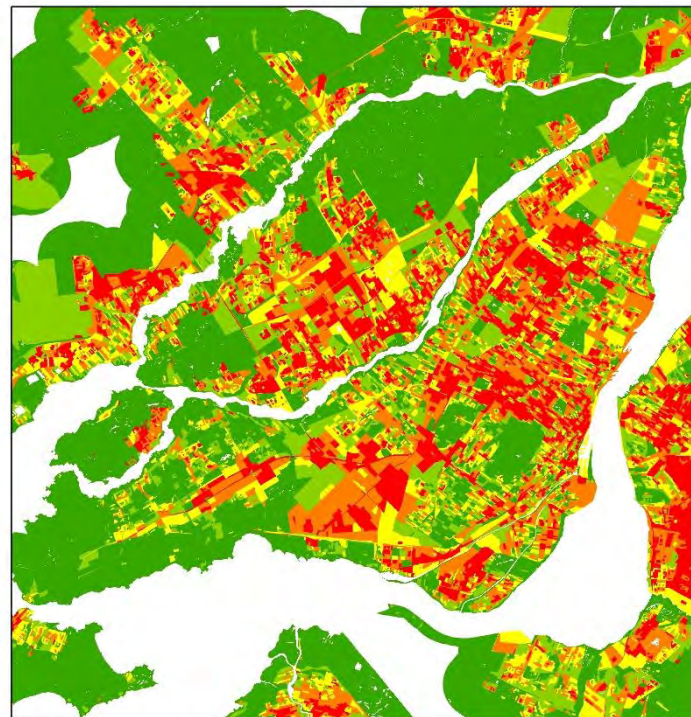
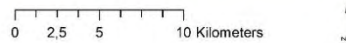


5. Analyse de changement

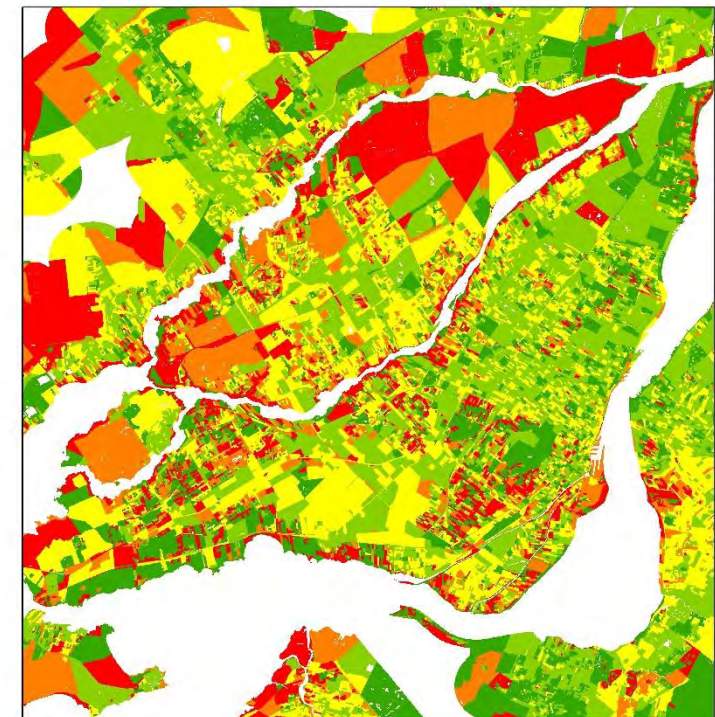
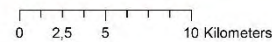
Ratio entre les indices d'intensité d'îlots de chaleur urbains (classes 6 à 9 : version non retenue)



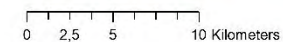
SUHII 2013 classes 6-9



SUHII 2022 classes 6-9

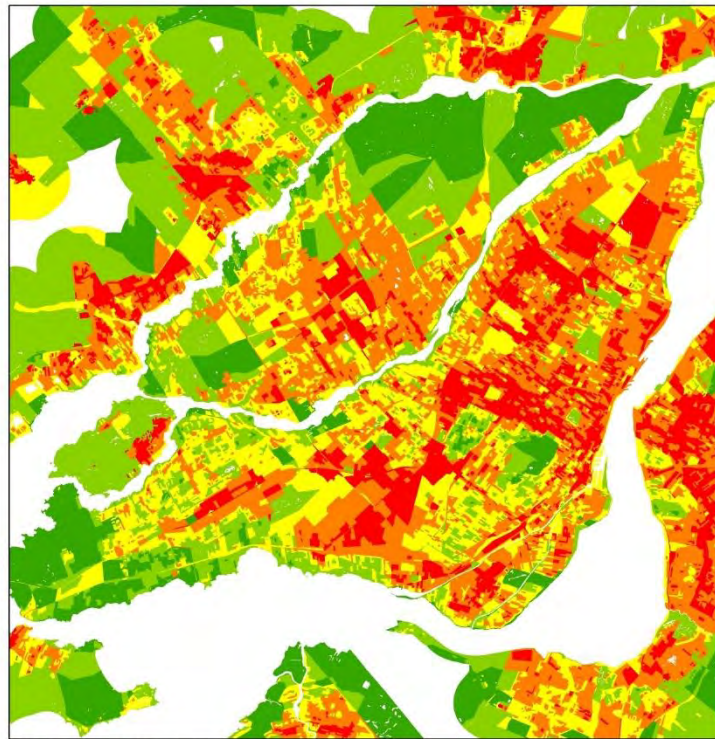


Variation SUHII classes 6-9



5. Analyse de changement

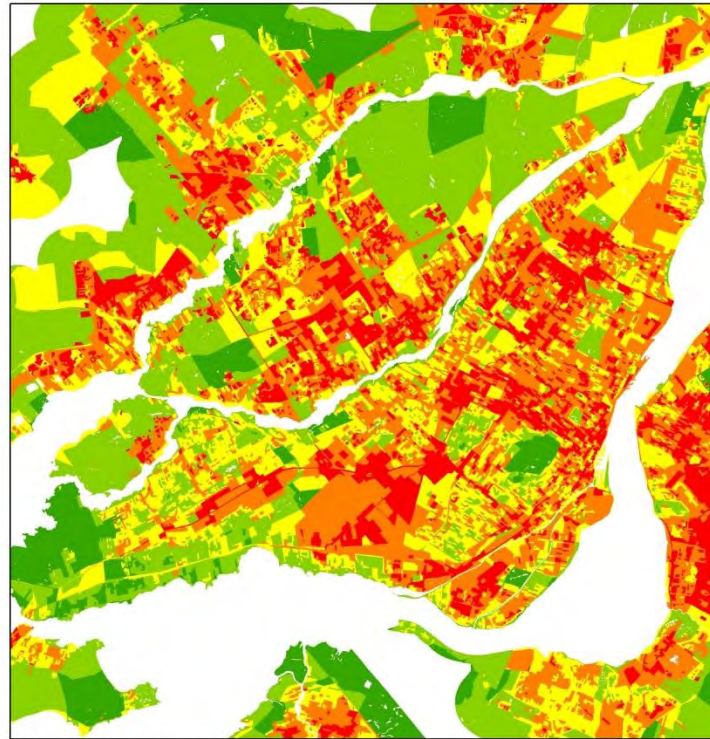
Ratio entre les indices d'intensité d'îlots de chaleur urbains (classes 1-9)



SUHII 2013 classes 1-9



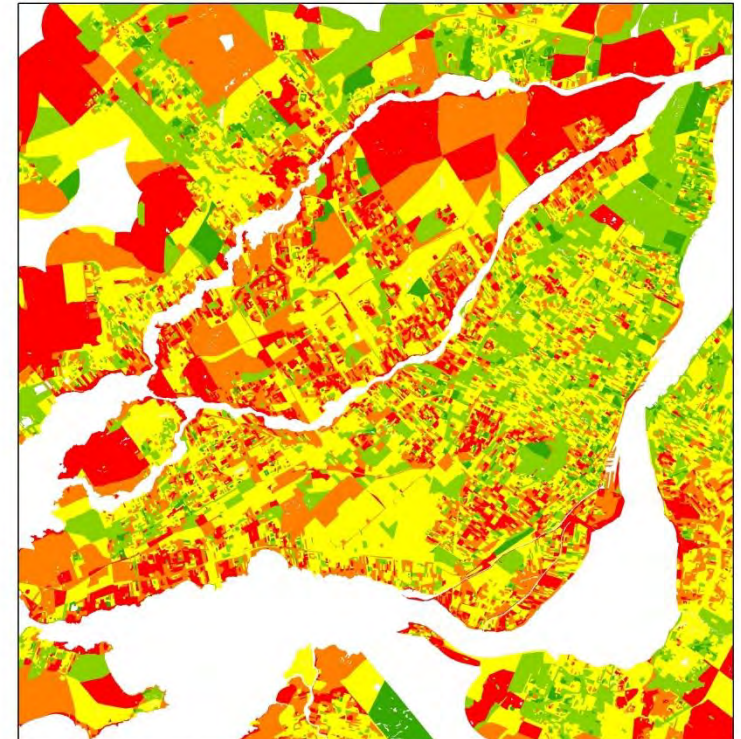
0 2,5 5 10 Kilometers



SUHII 2022 classes 1-9



0 2,5 5 10 Kilometers



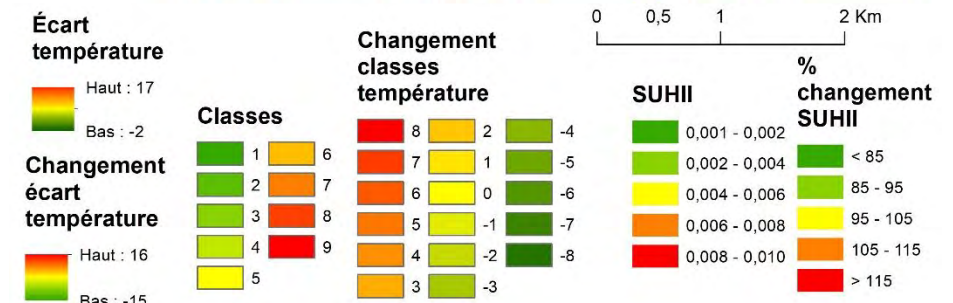
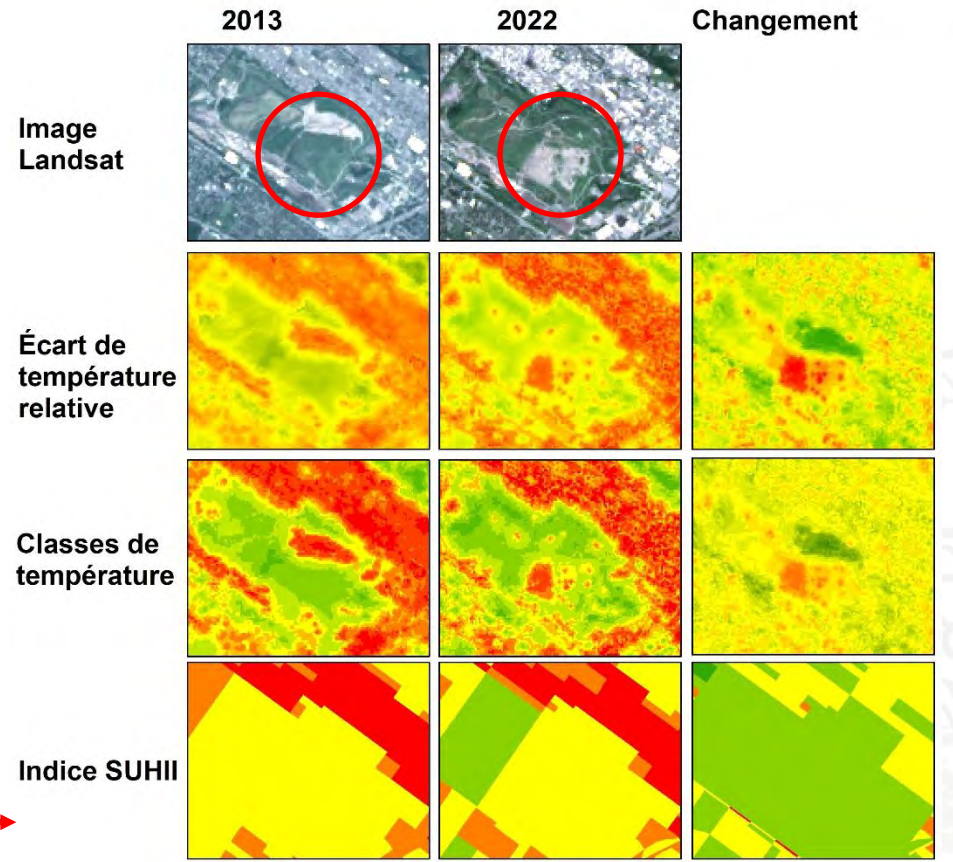
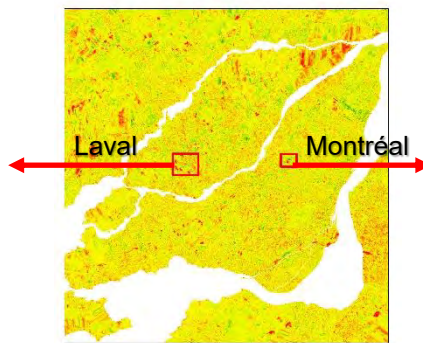
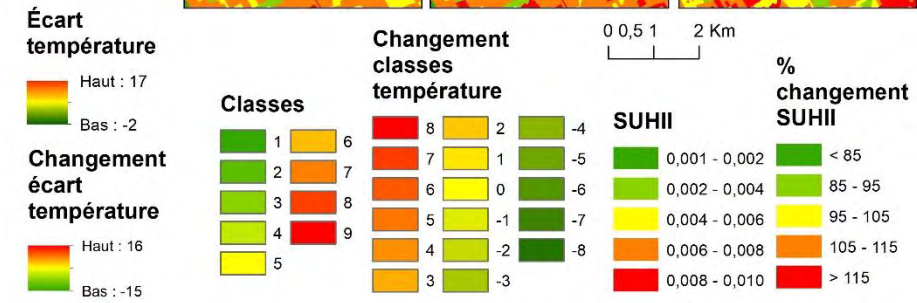
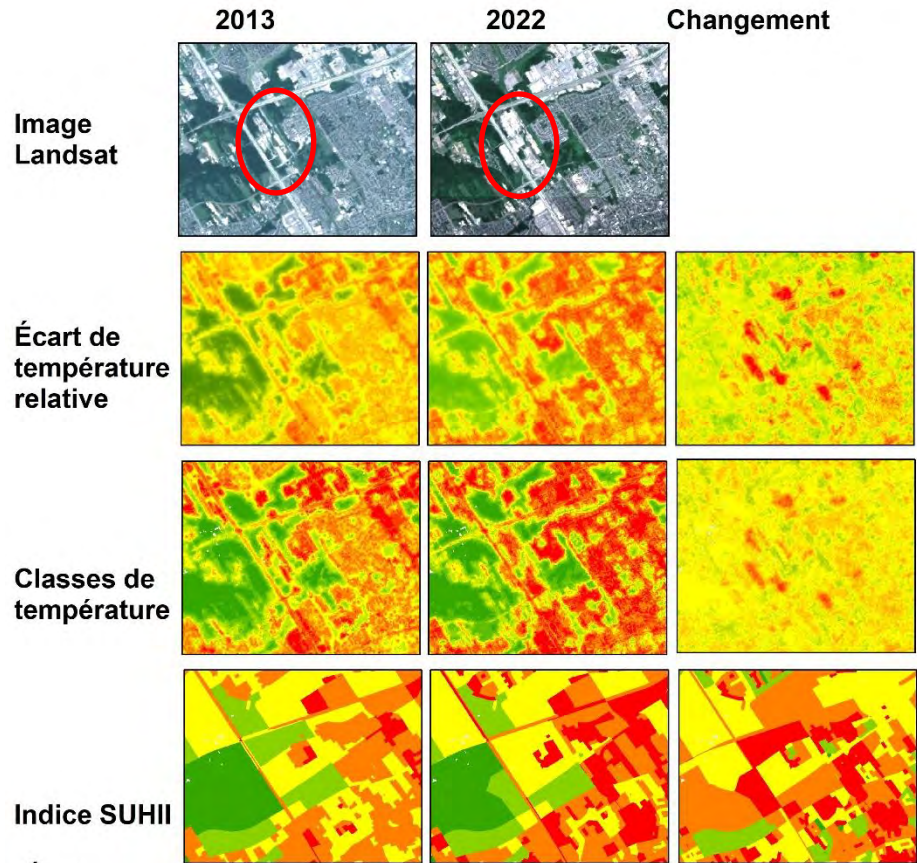
Variation SUHII classes 1-9



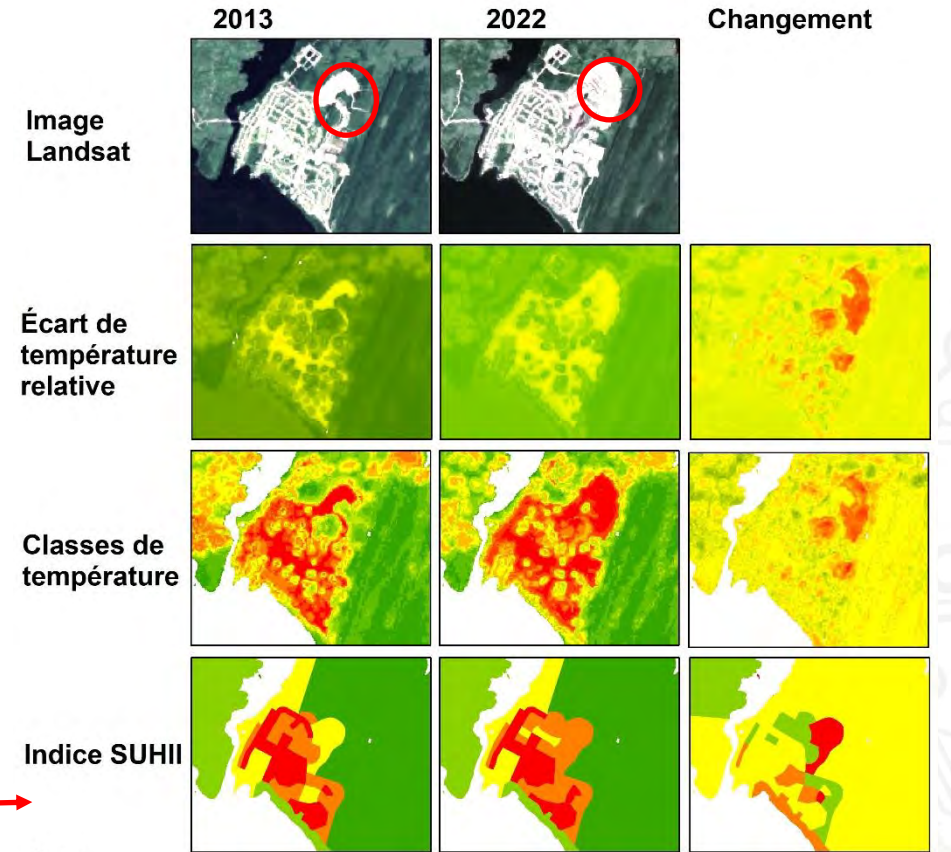
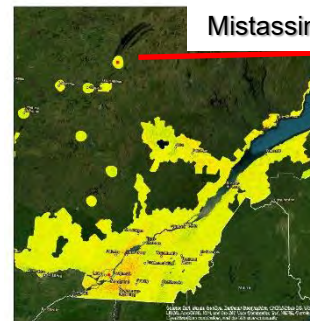
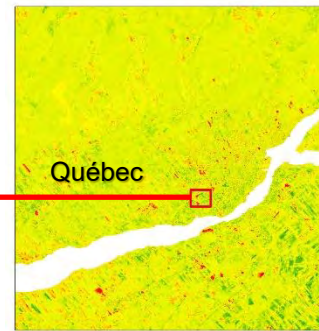
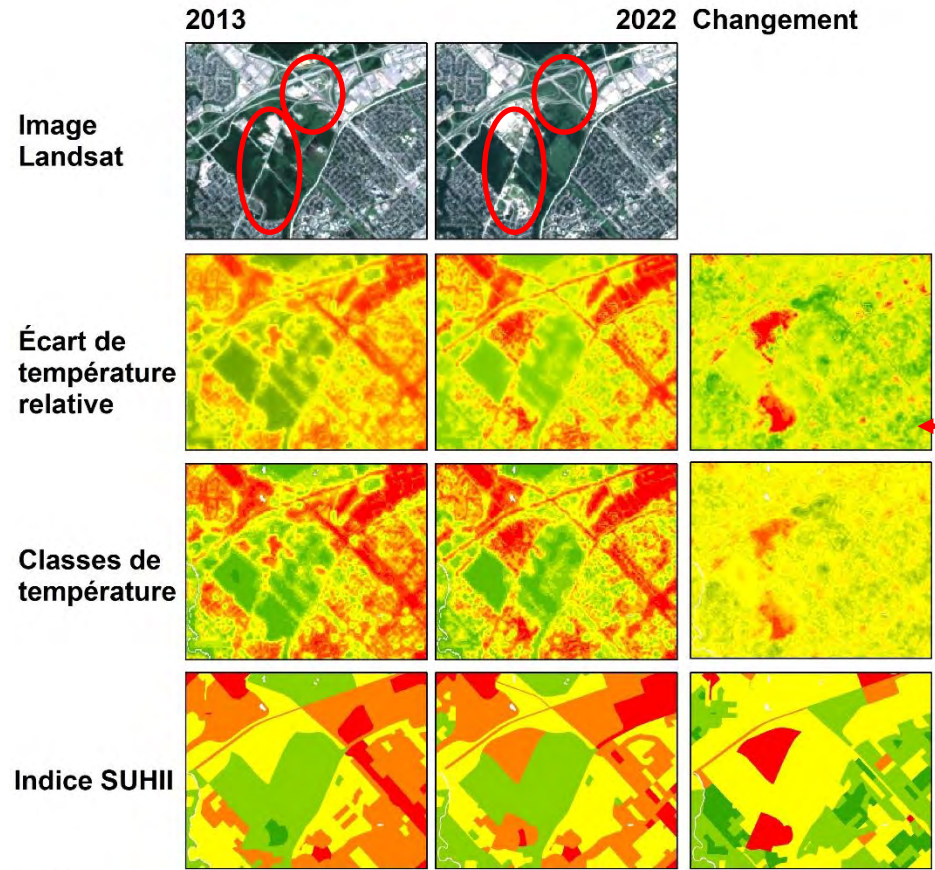
0 2,5 5 10 Kilomètres



5. Analyse de changement



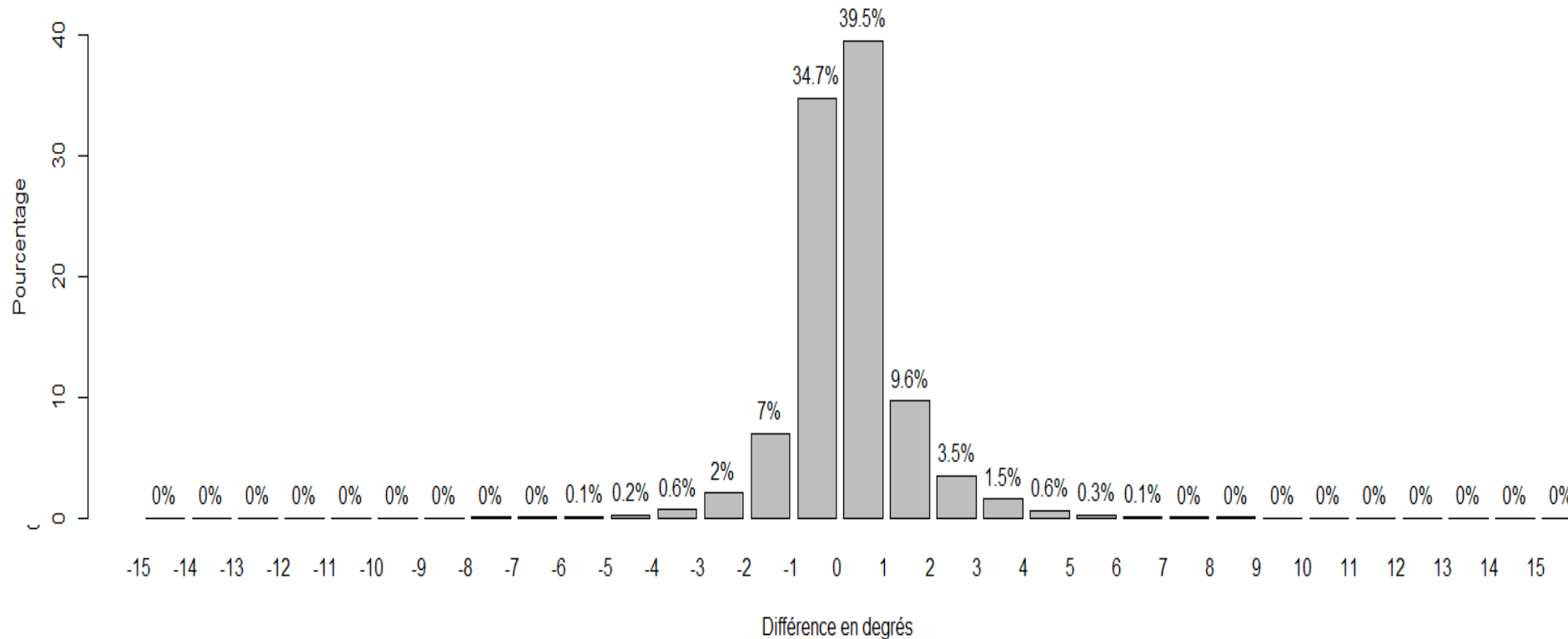
5. Analyse de changement



5. Analyse de changement

Différence entre les écarts de température relatifs 2013-2022

- 96,3 % différence d'écarts de température de ± 3 degrés

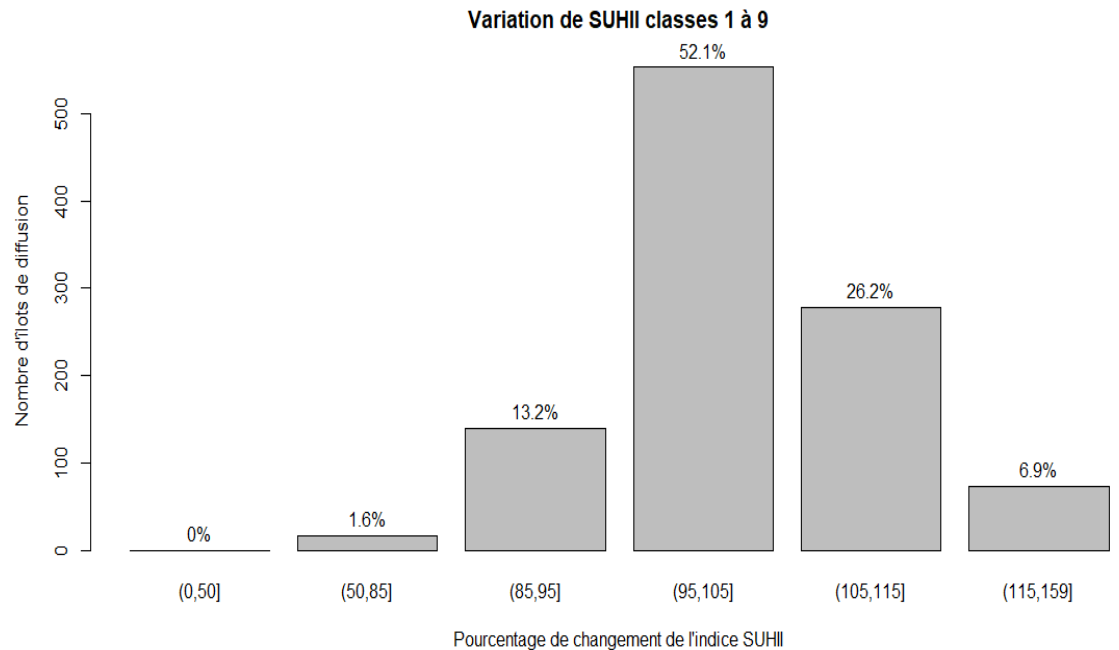


5. Analyse de changement

Ratio entre les indices d'intensité d'îlots de chaleur urbains

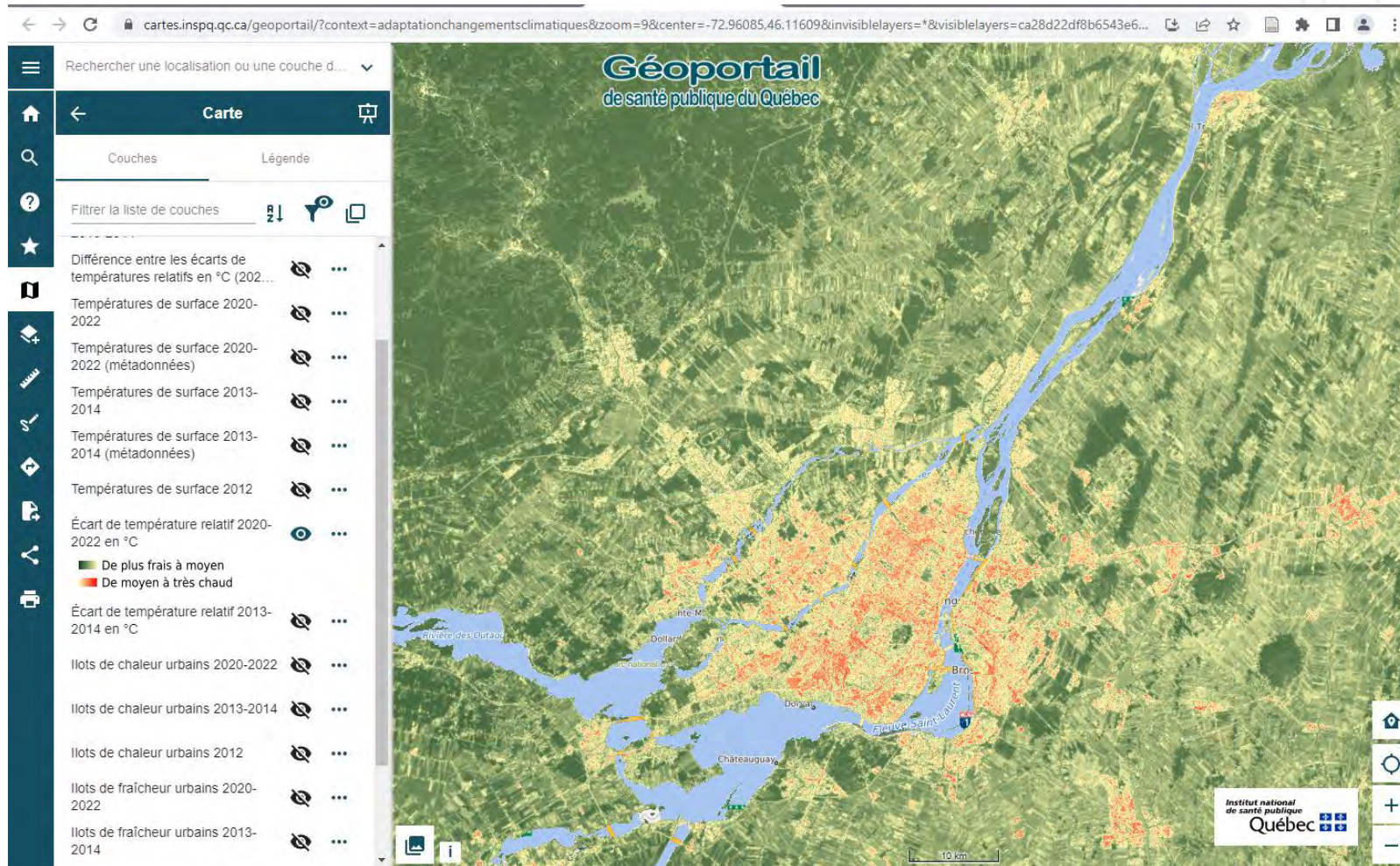
Îlots de chaleur (classes 8-9) : 1 121 km², augmentation de 7 % par rapport à 2013-2014

		SUHII 2013				
		0,000-0,002	0,002-0,004	0,004-0,006	0,006-0,008	0,008-0,010
SUHII 2022	0,000-0,002	220	89	1	0	0
	0,002-0,004	193	4605	1003	24	0
	0,004-0,006	17	2324	10978	3333	103
	0,006-0,008	46	203	3822	20533	5004
	0,008-0,010	17	67	248	5936	20932



Augmentation des classes de SUHII plus élevées

Données disponibles sur Portail données Québec



<https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/ilots-de-chaleur-fraicheur-urbains-et-ecarts-de-temperature-relatifs-2020-2022/resource/143e5ecd-fbbf-4536-b4b7-563af63d3698>

Projets

1) Production des données :

- Cartographie de la canopée
- Cartographie des îlots de chaleur urbains (2013; 2022)
- Changement des îlots de chaleur entre 2013 et 2022

2) Utilisation des données :

- Identifications des sites prioritaires pour verdissement dans le cadre des projets de plantation des 2 milliards d'arbres

**Institut national
de santé publique**

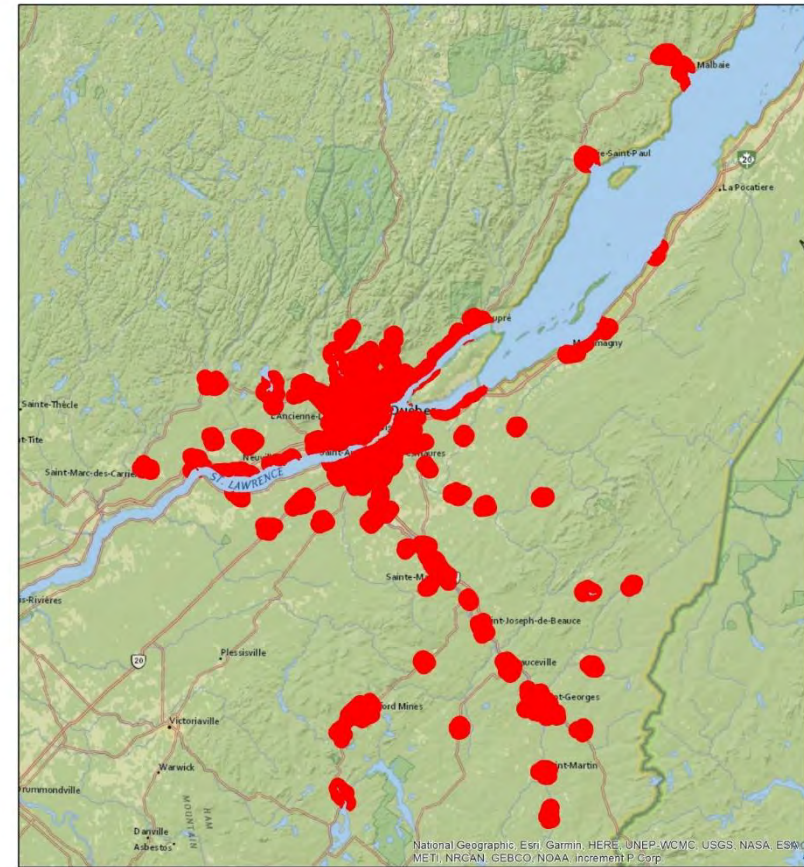
Québec 

Association forestière des deux rives



Utilisation : Indice de priorisation des sites de plantation en milieu urbain

Zone d'analyse : Centres urbains de la Capitale-Nationale et Chaudière-Appalaches



■ Centres de population + zone tampon de 2 km

0 10 20 40 Kilomètres



Utilisation : Indice de priorisation des sites de plantation en milieu urbain

Échelle d'analyse : l'îlot de diffusion



■ îlot de diffusion

0 1 2 4 Kilomètres

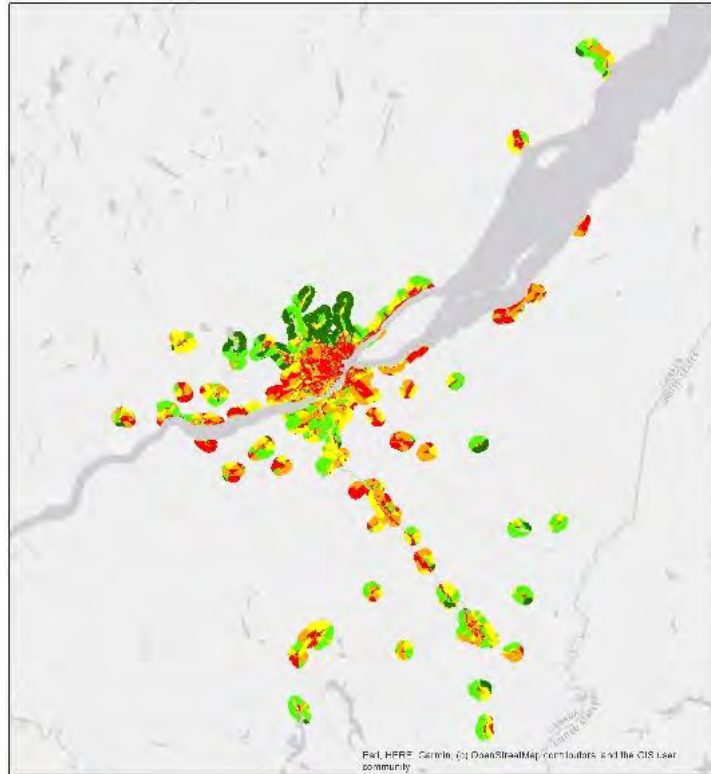
Utilisation : Indice de priorisation des sites de plantation en milieu urbain

4 Variables :

- Ratio de la canopée (2 mètres et plus)
- Ratio des îlots de chaleur (classes 8 et 9)
- Ratio des surfaces imperméables (probabilité > 50 %, démixage spectral)
- Indice de défavorisation matérielle et sociale (Statistiques Canada)



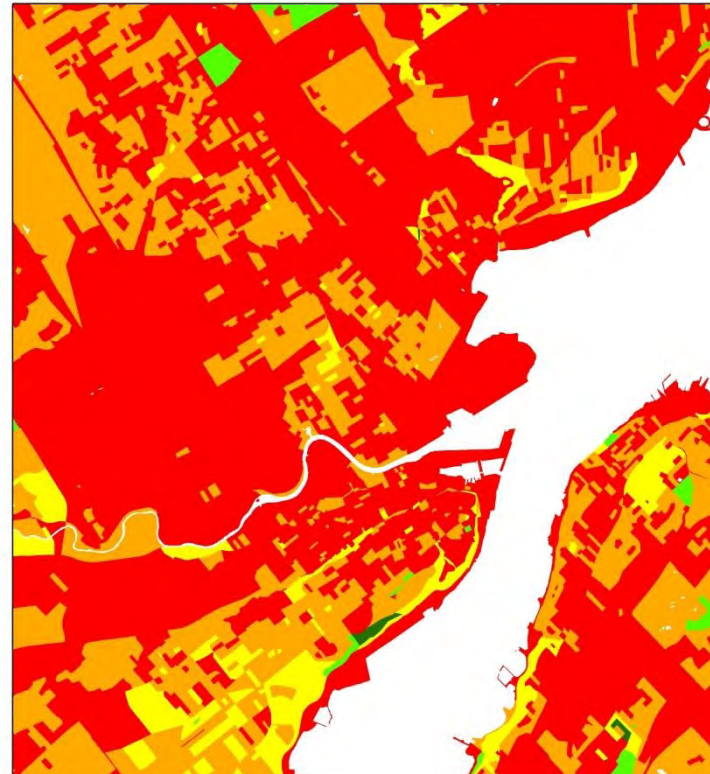
Ratio de la canopée (2 mètres et plus)



Canopée

- 0,0 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,6
- 0,6 - 0,8
- 0,8 - 1,0

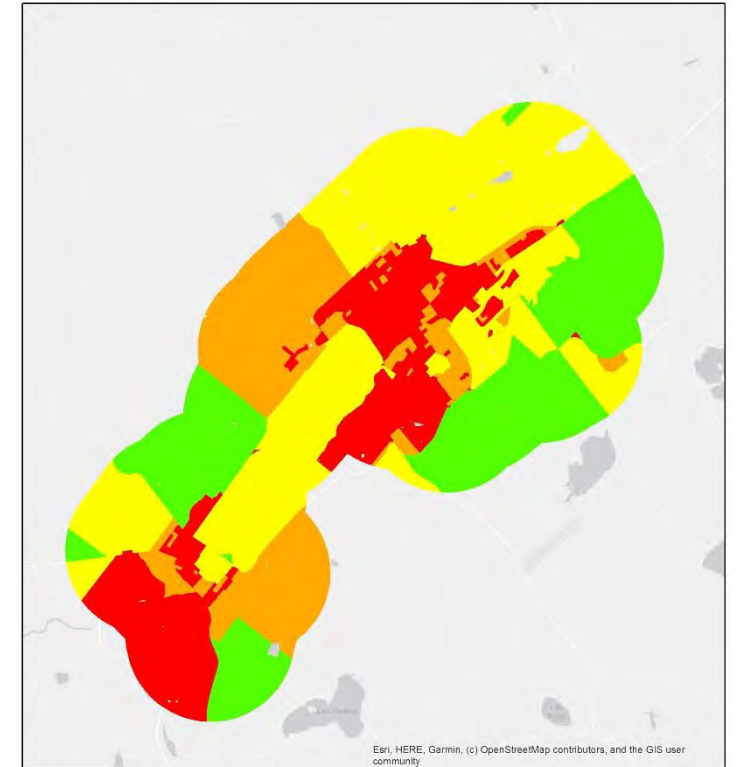
0 10 20 40 Kilomètres



Canopée

- 0,0 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,6
- 0,6 - 0,8
- 0,8 - 1,0

0 1 2 4 Kilomètres

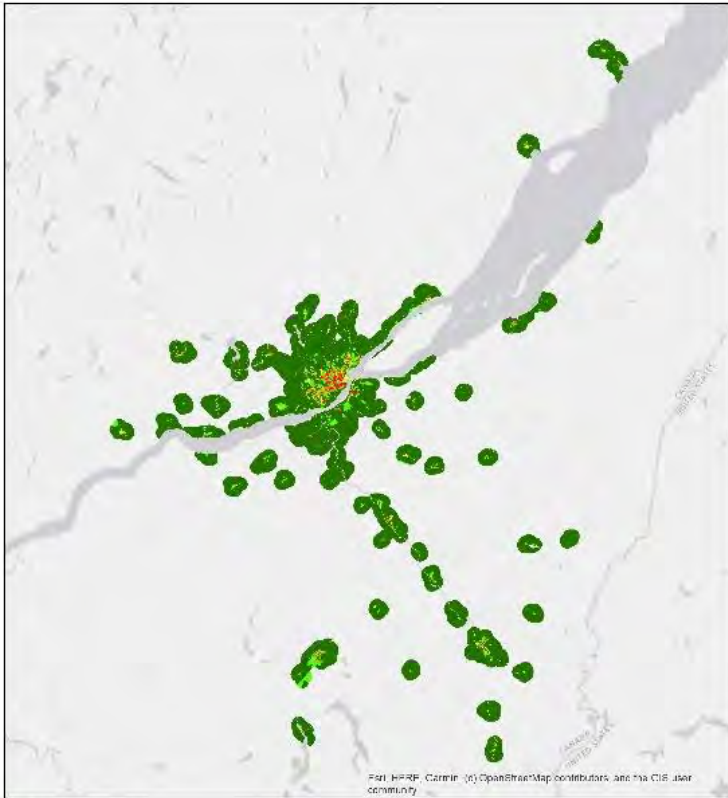


Canopée

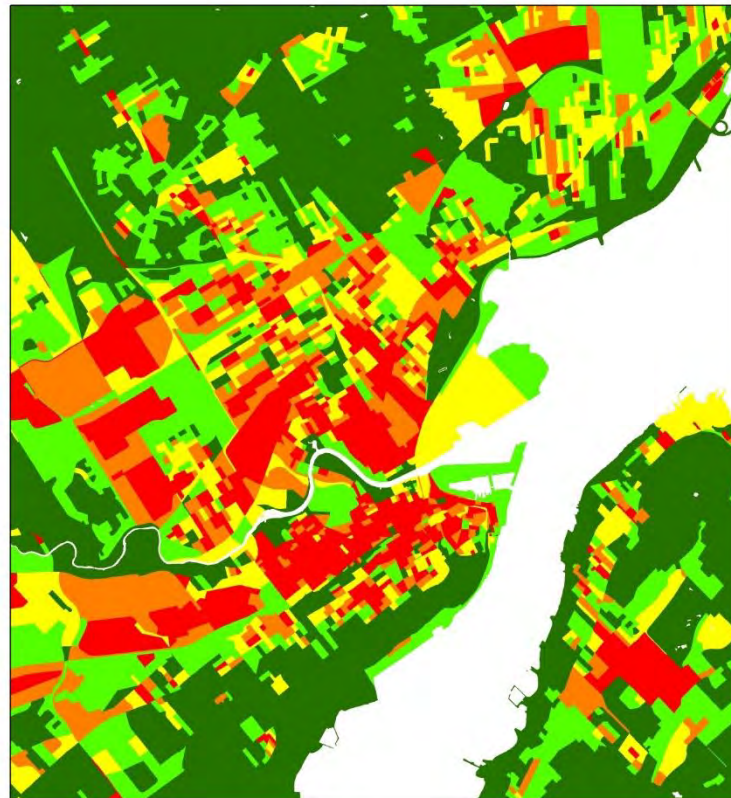
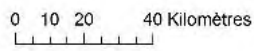
- 0,0 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,6
- 0,6 - 0,8
- 0,8 - 1,0

0 1 2 4 Kilomètres

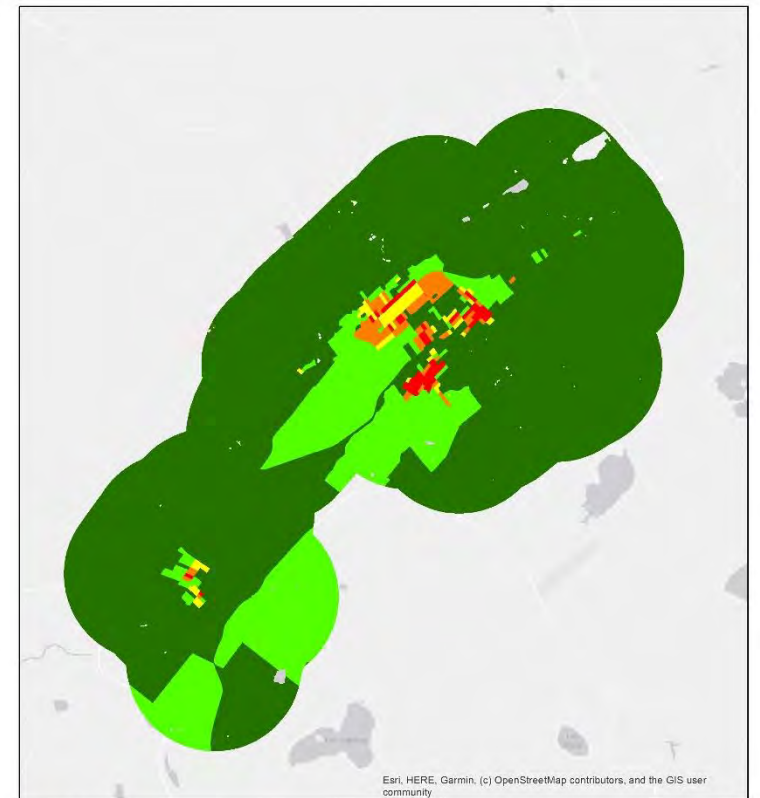
Ratio des îlots de chaleur (classes 8 et 9)



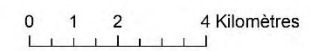
Îlots de chaleur



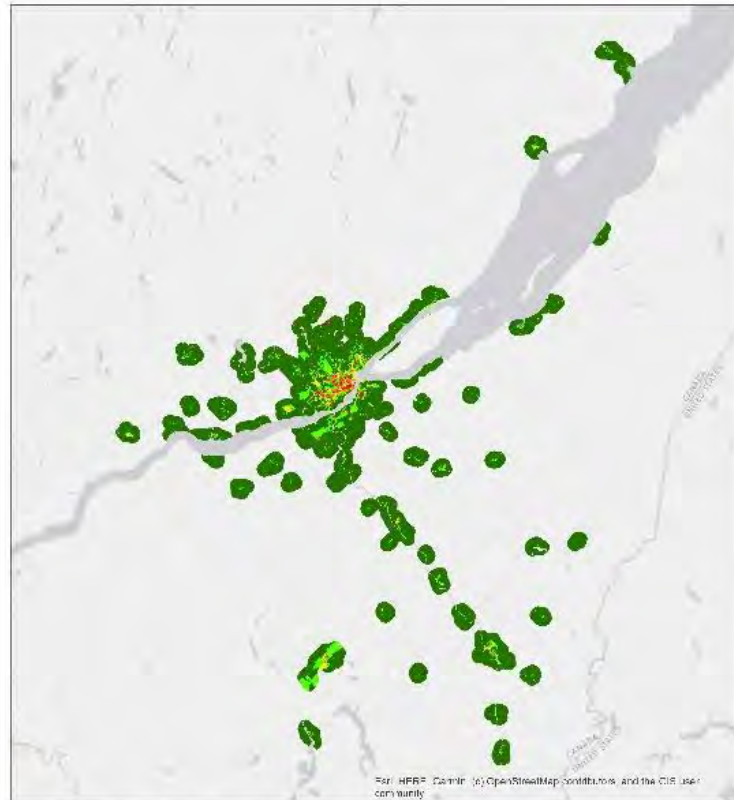
Îlots de chaleur



Îlots de chaleur



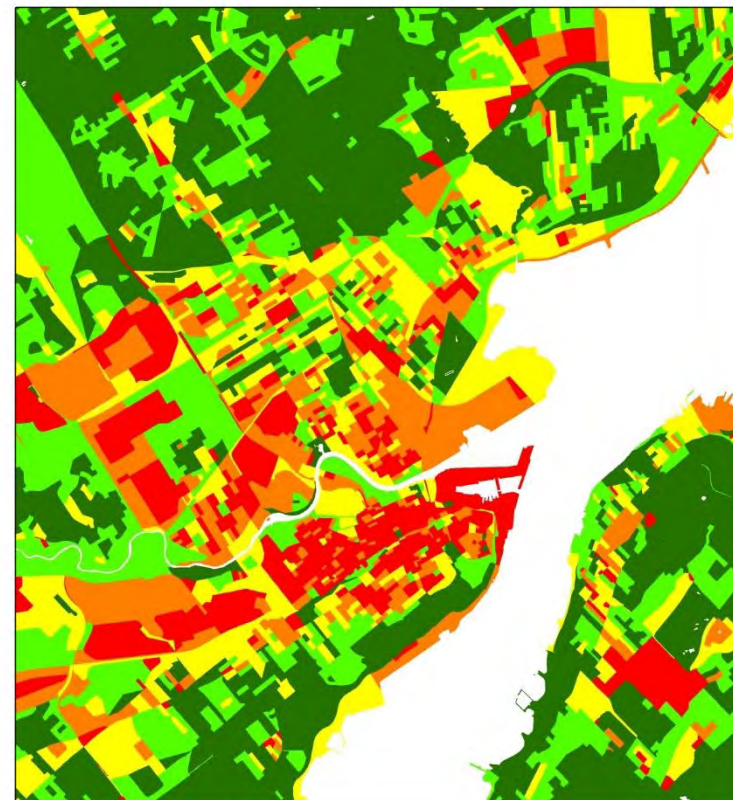
Ratio des surfaces imperméables (probabilité > 50 %, démixage spectral)



Indice d'imperméabilité

- 0,0 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,6
- 0,6 - 0,8
- 0,8 - 1,0

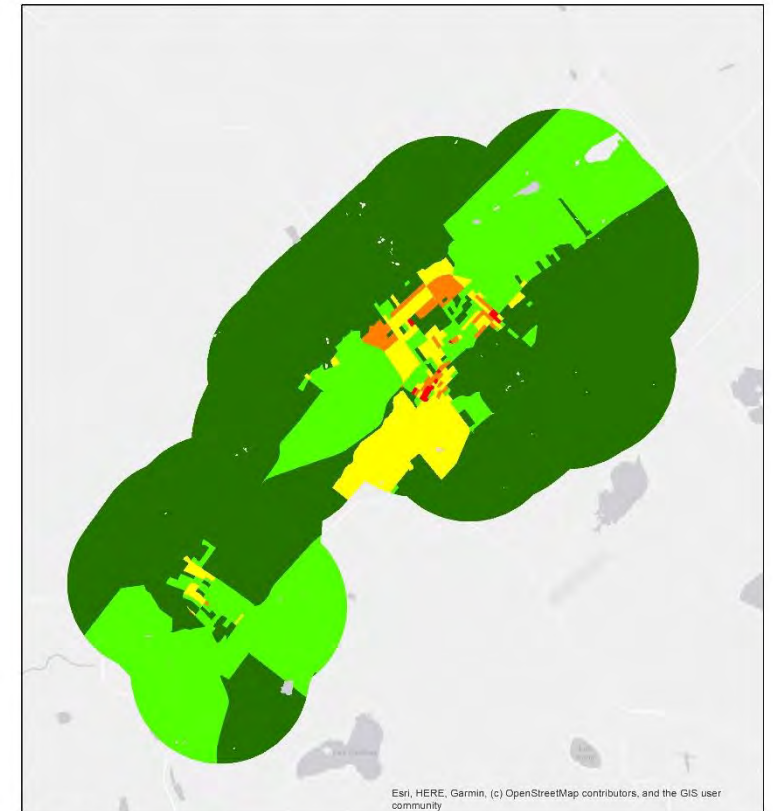
0 10 20 40 Kilomètres



Indice d'imperméabilité

- 0,0 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,6
- 0,6 - 0,8
- 0,8 - 1,0

0 1 2 4 Kilomètres

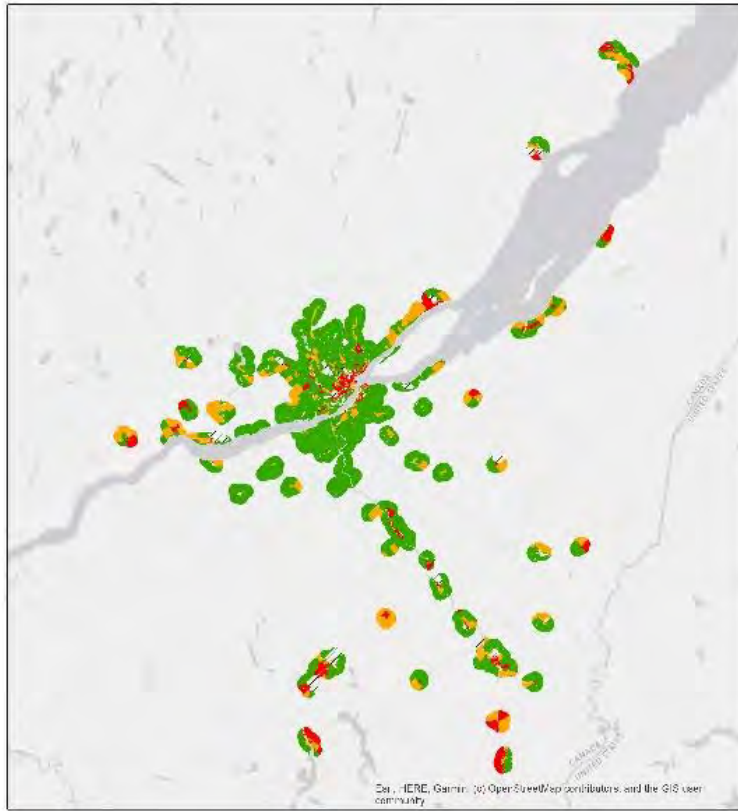


Indice d'imperméabilité

- 0,0 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,6
- 0,6 - 0,8
- 0,8 - 1,0

0 1 2 4 Kilomètres

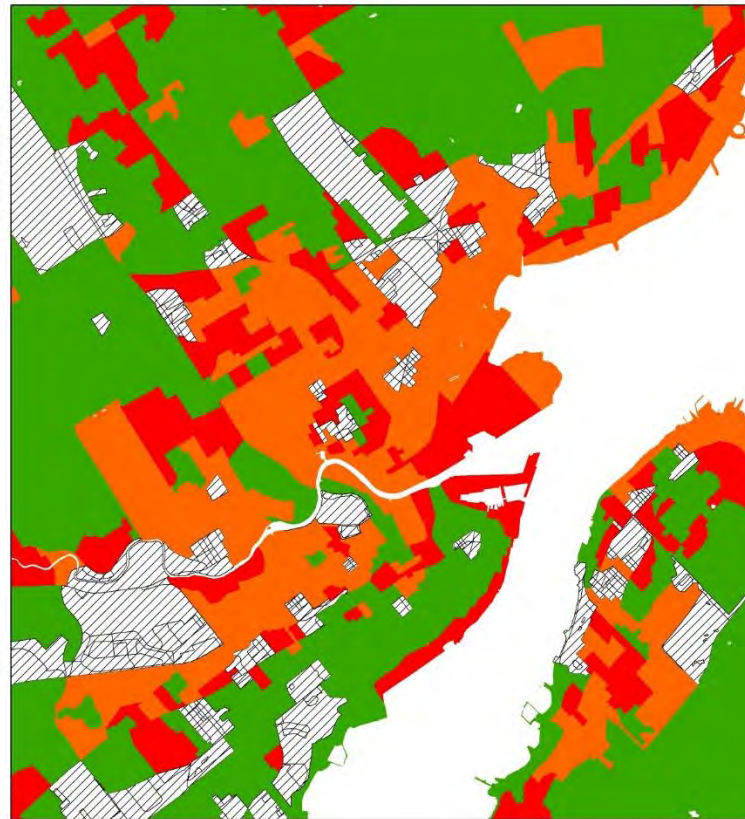
Indice de défavorisation matérielle et sociale (Statistiques Canada)



Indice de défavorisation

- /// No Data
- T1; T2; T3
- T4
- T5

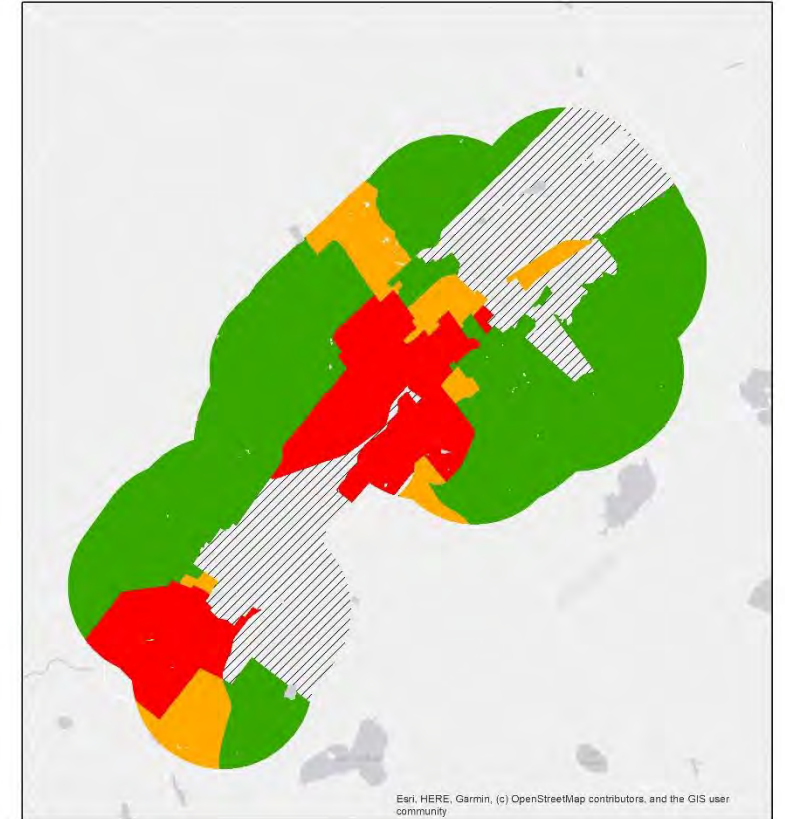
0 10 20 40 Kilomètres



Indice de défavorisation

- /// No Data
- T1; T2; T3
- T4
- T5

0 1 2 4 Kilomètres

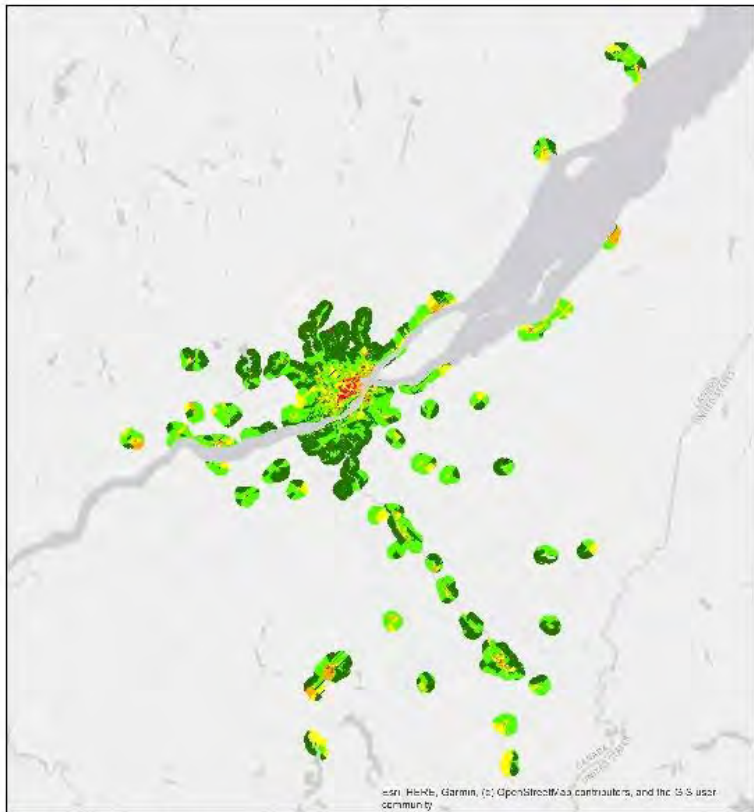


Indice de défavorisation

- /// No Data
- T1; T2; T3
- T4
- T5

0 1 2 4 Kilomètres

Indice de priorisation de sites de plantation

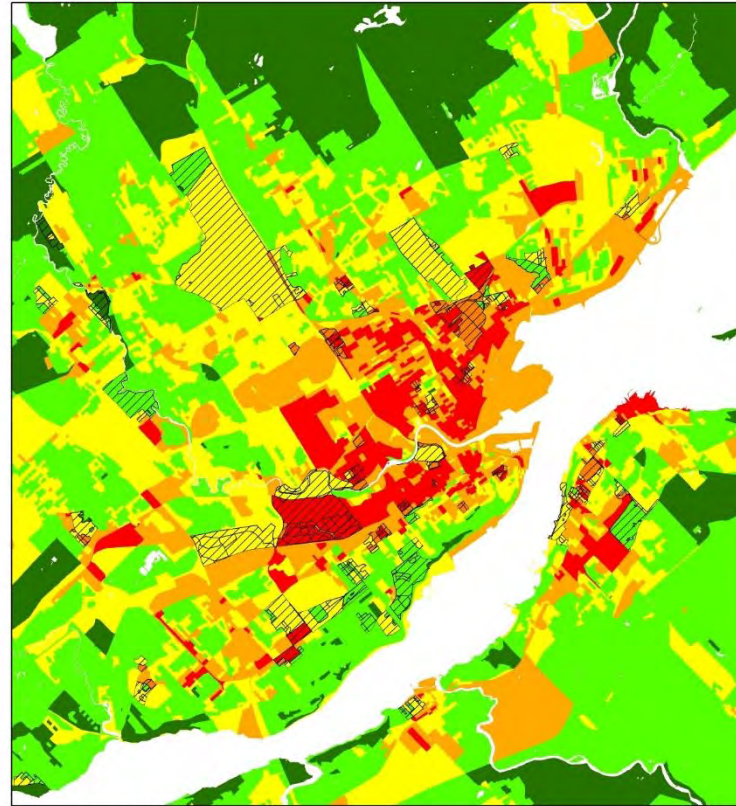


Indice de priorisation

//// calculé avec 3 variables

- 0,0 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,6
- 0,6 - 0,8
- 0,8 - 1,0

0 10 20 40 Kilomètres

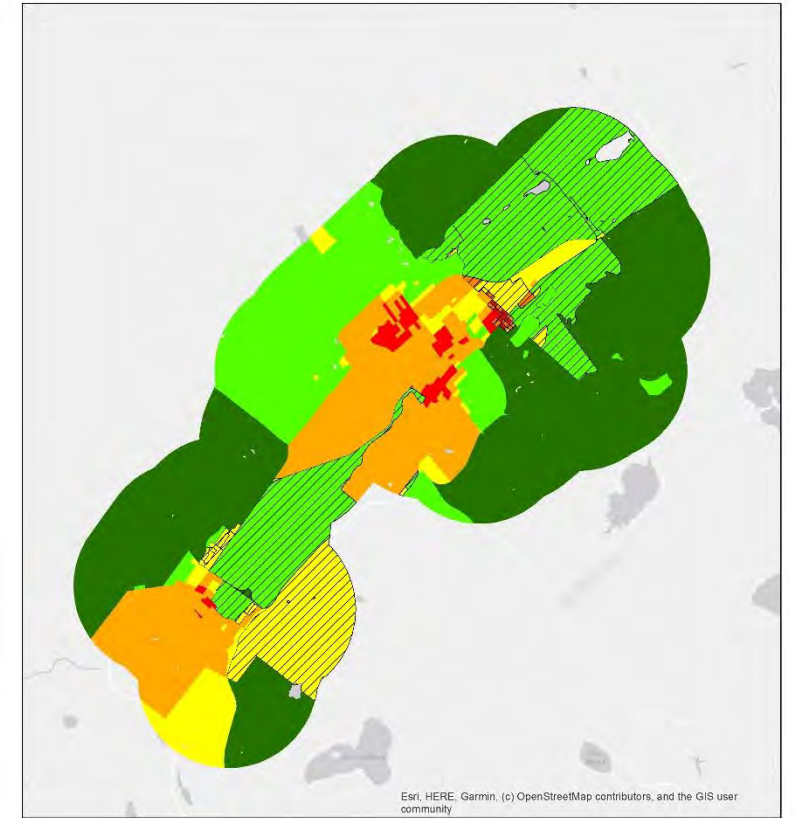


Indice de priorisation

//// calculé avec 3 variables

- 0,0 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,6
- 0,6 - 0,8
- 0,8 - 1,0

0 1,25 2,5 5 Kilomètres



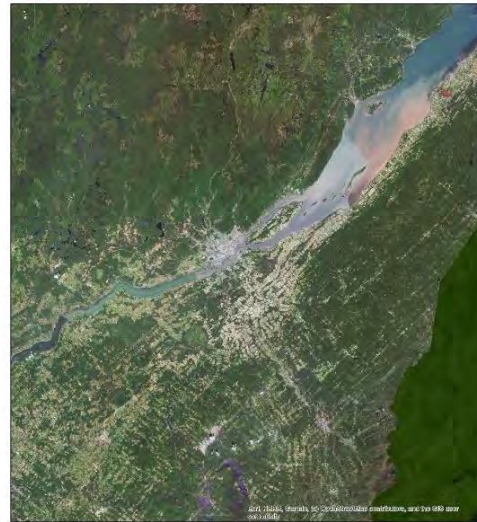
Indice de priorisation

//// calculé avec 3 variables

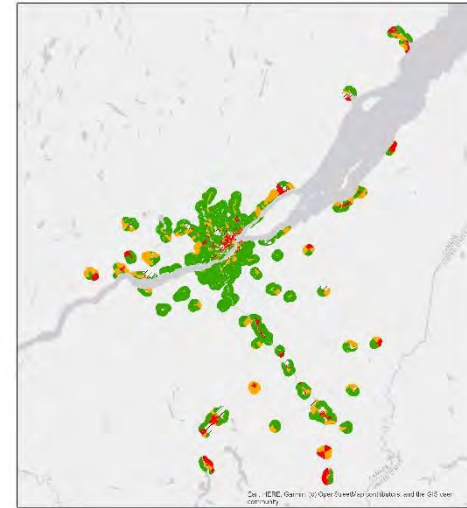
- 0,0 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,6
- 0,6 - 0,8
- 0,8 - 1,0

0 1 2 4 Kilomètres

Exemple : Capitale- Nationale et Chaudière- Appalaches



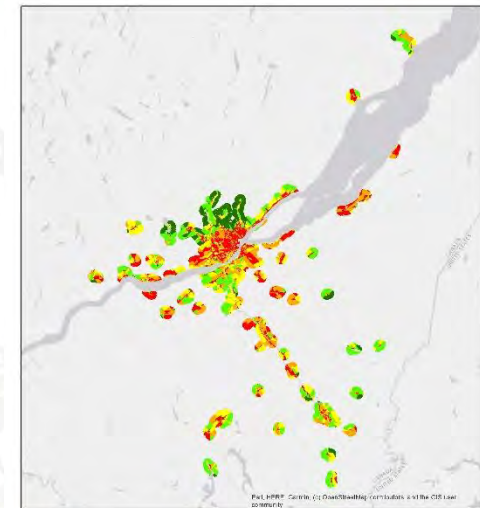
0 10 20 40 Kilomètres



Indice de défavorisation

/// No Data
 T1; T2; T3
 T4
 T5

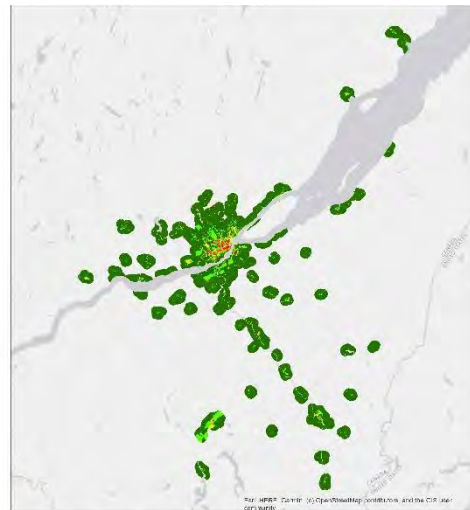
0 10 20 40 Kilomètres



Canopée

0,0 - 0,2
 0,2 - 0,4
 0,4 - 0,6
 0,6 - 0,8
 0,8 - 1,0

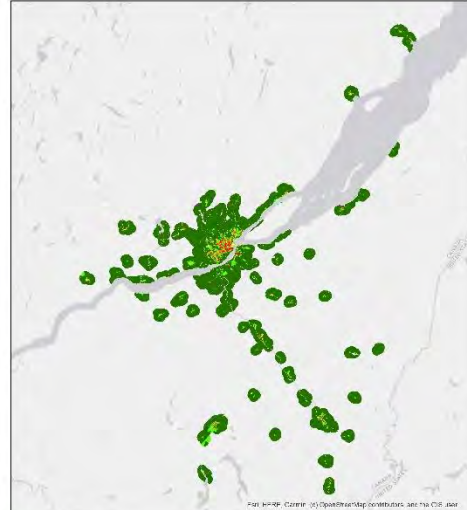
0 10 20 40 Kilomètres



Indice d'imperméabilité

0,0 - 0,2
 0,2 - 0,4
 0,4 - 0,6
 0,6 - 0,8
 0,8 - 1,0

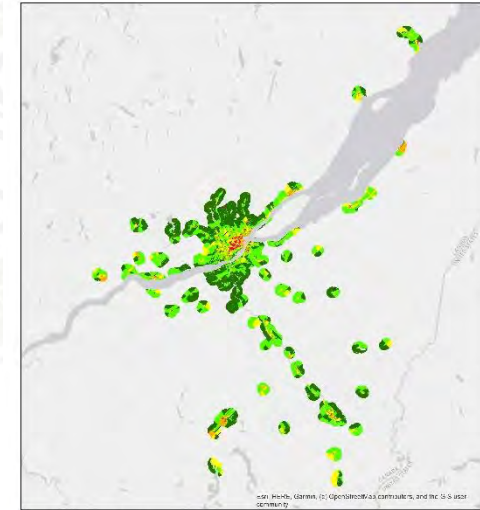
0 10 20 40 Kilomètres



Ilots de chaleur

0,0 - 0,2
 0,2 - 0,4
 0,4 - 0,6
 0,6 - 0,8
 0,8 - 1,0

0 10 20 40 Kilomètres



Indice de priorisation

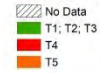
/// calculé avec 3 variables
 0,0 - 0,2
 0,2 - 0,4
 0,4 - 0,6
 0,6 - 0,8
 0,8 - 1,0

0 10 20 40 Kilomètres

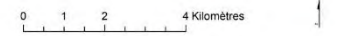
Exemple : Ville de Québec



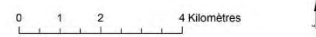
Indice de défavorisation



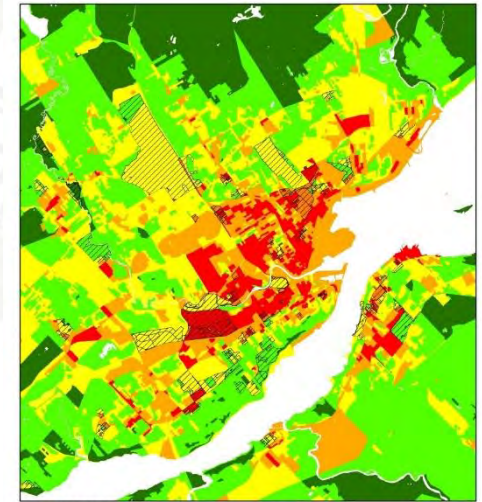
Canopée



Indice d'imperméabilité



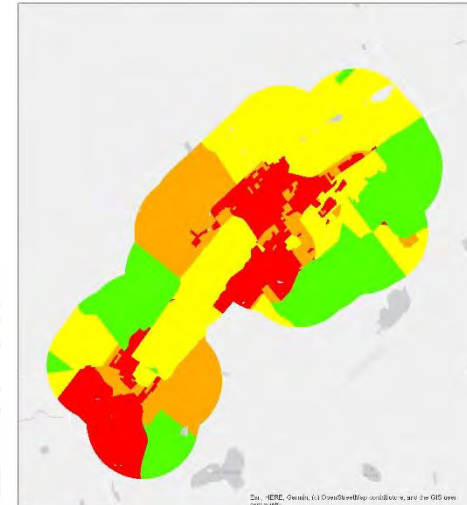
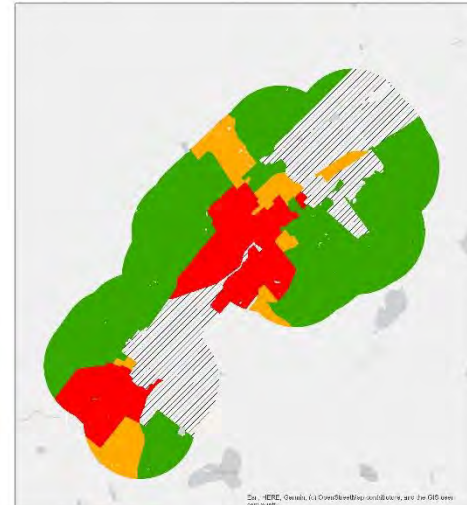
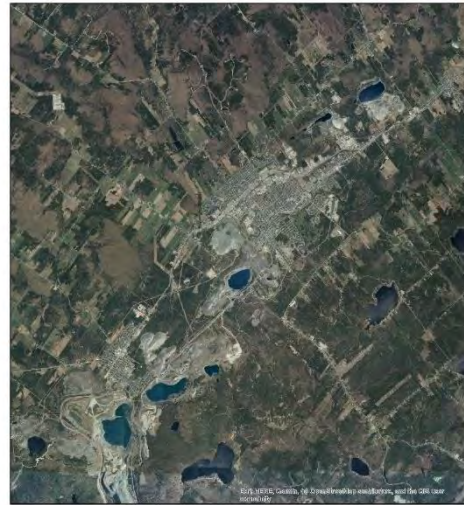
Ilots de chaleur



Indice de priorisation



Exemple : Thetford Mines



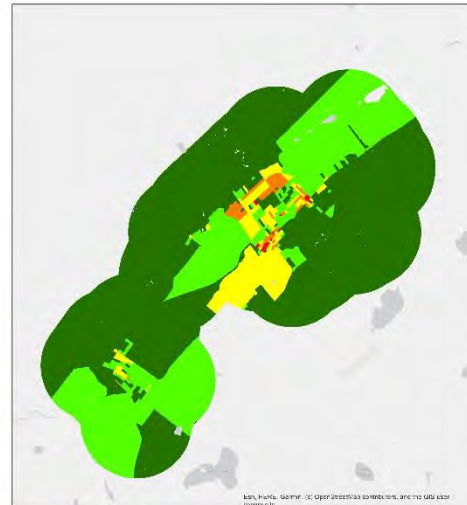
0 1 2 4 Kilomètres

Indice de défavorisation
 // No Data
 T1; T2; T3
 T4
 T5

0 1 2 4 Kilomètres

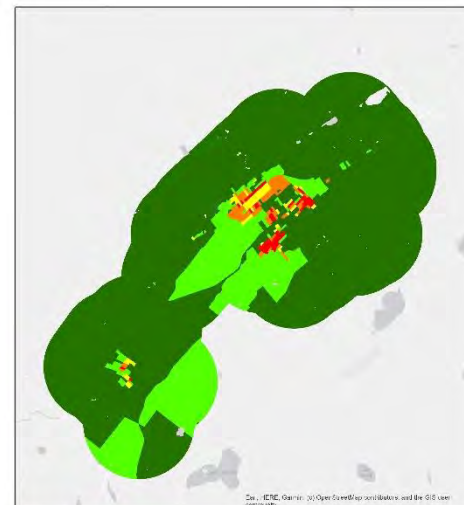
Canopée
 0,0 - 0,2
 0,2 - 0,4
 0,4 - 0,6
 0,6 - 0,8
 0,8 - 1,0

0 1 2 4 Kilomètres



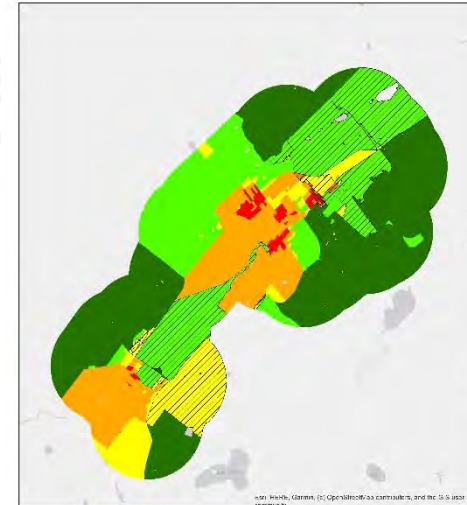
Indice d'imperméabilité
 0,0 - 0,2
 0,2 - 0,4
 0,4 - 0,6
 0,6 - 0,8
 0,8 - 1,0

0 1 2 4 Kilomètres



lots de chaleur
 0,0 - 0,2
 0,2 - 0,4
 0,4 - 0,6
 0,6 - 0,8
 0,8 - 1,0

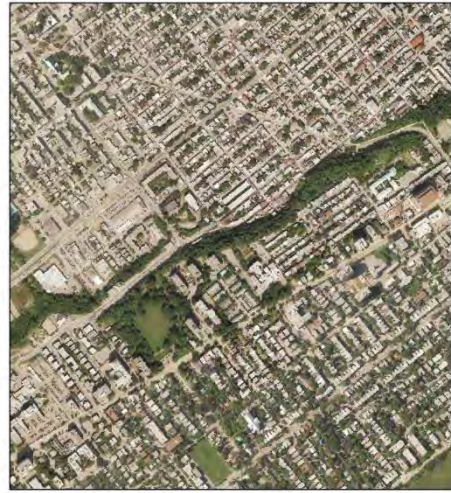
0 1 2 4 Kilomètres



Indice de priorisation
 // calculé avec 3 variables
 0,0 - 0,2
 0,2 - 0,4
 0,4 - 0,6
 0,6 - 0,8
 0,8 - 1,0

0 1 2 4 Kilomètres

Exemple : Ville de Québec (Saint-Sauveur et Montcalm)



0 0,125 0,25 0,5 Kilomètres

0 0,125 0,25 0,5 Kilomètres

0 0,125 0,25 0,5 Kilomètres



0 0,125 0,25 0,5 Kilomètres

0 0,125 0,25 0,5 Kilomètres

0 0,125 0,25 0,5 Kilomètres

Questions?



Centre d'enseignement et de recherche
en foresterie de Sainte-Foy inc.

bcbudei@cerfo.qc.ca

jmarchal@cerfo.qc.ca

fnininahazwe@cerfo.qc.ca

bbour@cerfo.qc.ca

magenest@cerfo.qc.ca

mvarin@cerfo.qc.ca

eboulfroy@cerfo.qc.ca

vgguyenet@cerfo.qc.ca

