

# DESIGN PROJECT

Recherche d'une méthode pour identifier et  
catégoriser les formes urbaines propices aux îlots  
de chaleur



Laura Pasero & Simon Burkhardt

En collaboration avec  
Abram Pointet (MicroGIS SA)  
Supervisé par  
Stéphane Joost

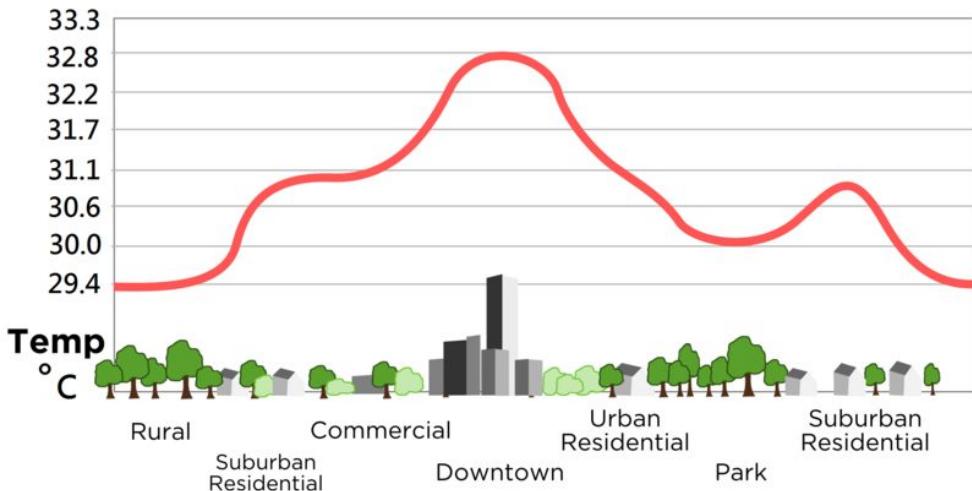
# PLAN

- 0-INTRODUCTION
- 1-OBJECTIFS DU PROJET
- 2-DÉMARCHE
- 3-DONNÉES
- 4-TRAITEMENT DES DONNÉES
- 5-RÉSULTATS
- 6-ÉBAUCHE DE CATALOGUE
- 7-PROPOSITION D'UNE MÉTHODE POUR DÉLIMITER DES QUARTIERS.
- 8-CONCLUSION



# 0-INTRODUCTION : LES ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS

URBAN HEAT ISLAND PROFILE



Urban\_heat\_island.svg: TheNewPhobiaderivative work: Alexchris / Public domain

Il fait plus chaud en ville qu'à la campagne. Pourquoi ?

- **minéralisation des surfaces** (étanchéité et propriétés thermiques)
- **morphologie urbaine**  
ex: mauvaise ventilation
- **activités anthropiques** : émissions de chaleur et gaz à effet de serre
- **manque de végétation** (ombrage et évapotranspiration)

# 1-OBJECTIFS DU PROJET

**BUT FINAL :** classer des typologies de formes urbaines en fonction de leur effet “îlot de chaleur” respectif en vue de réaliser un catalogue pour aider les urbanistes dans leur projets futurs.

## **OBJECTIFS DU PROJET :**

- effectuer des recherches et proposer une méthode
- s'intéresser aux formes urbaines et leurs interactions avec la température ressentie

## 2-DÉMARCHE

- données de températures à faible résolution → **images satellites thermiques (température de surface)**
- caractériser les formes urbaines → **calculs de facteurs/critères avec l'outil Momepy**
- affiner le choix des critères déterminants → analyse des corrélations des facteurs entre eux et avec la température

# IMAGES SATELLITES LANDSAT

La Terre émet un rayonnement qui dépend de sa température.

Le capteur *Thermal InfraRed Sensor* (TIRS) du satellite Landsat 8 mesure l'intensité du rayonnement infrarouge émis et permet d'obtenir un proxy de la température de surface avec une définition de 100m.

→ approximation de la température de l'air au sol (corrélé à 65%<sup>[7]</sup>)

1 

**ID:**LC08\_L1TP\_196028\_20190629\_20190706\_01\_T1  
**Acquisition Date:**29-JUN-19  
**Path:**196  
**Row:**28



# MORPHOLOGIE URBAINE

## Formes Urbaines :

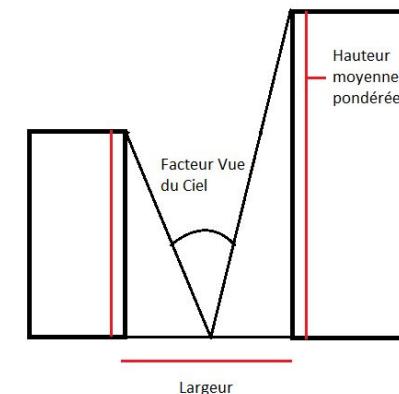
- *Densité bâti :*
  - Occupation du sol (COS)
  - Utilisation du sol (CUS)
- *Forme empreinte bâti 2D :*
  - Compacité
  - Élongation
- *3D bâti :*
  - Facteur de forme
  - Ouverture (portion de ciel visible)
  - Profil (hauteur/ largeur des rues)

## Le Vert

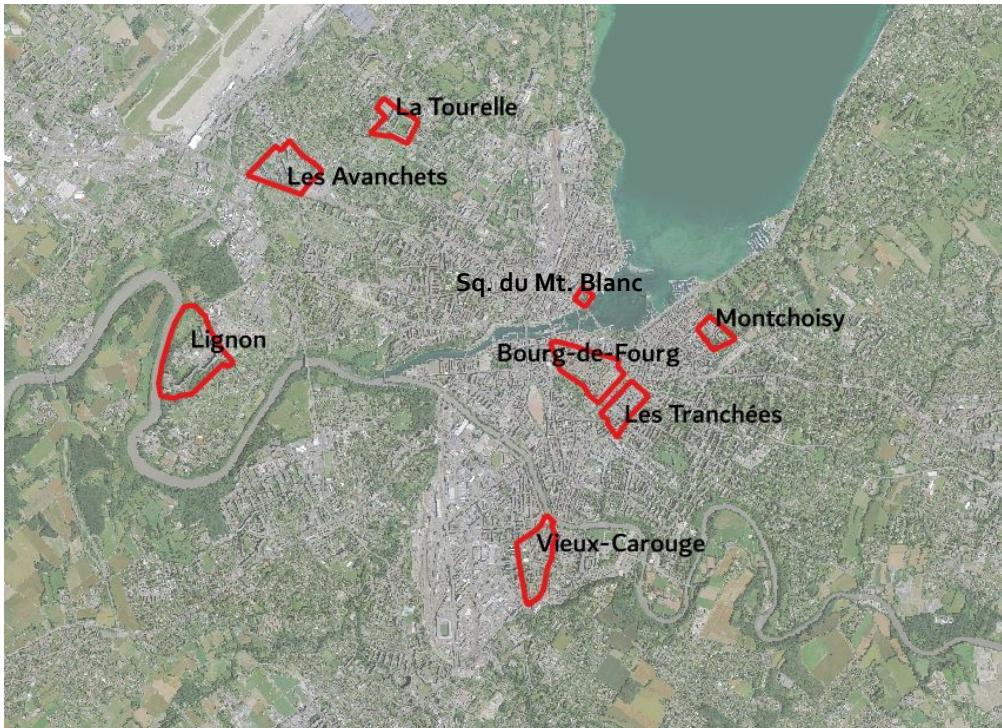
- fraction perméable
- fraction végétalisée
- densité de végétation (NDVI)

## Activité anthropique

- trafic automobile



# OBJETS D'ÉTUDE



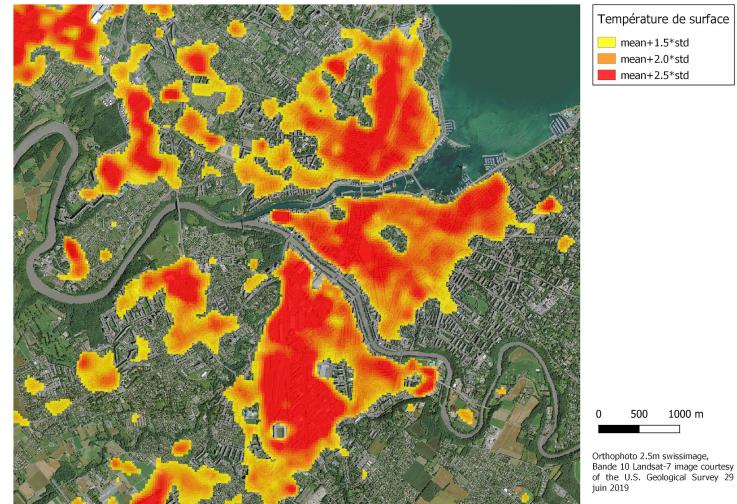
8 Quartiers à Genève :  
(provenant du site [densité.ch](http://densite.ch))

- La Tourelle
- Montchoisy
- Vieux-Carouge
- Les Tranchées
- Les Avanchets
- Bourg.de-Fourg
- Lignon
- Le Sq. du Mt. Blanc

# 3-DONNÉES

Provenant du site Earth Explorer

- Image du satellite Landsat 8 du 29/06/2019 (journée) bande 10 & 11 pour le thermique et 4 & 5 pour le NDVI



Provenant du site SITG de Genève

- CAD\_BATIMENT\_HORSOL
- GMO\_GRAPHE\_ROUTIER



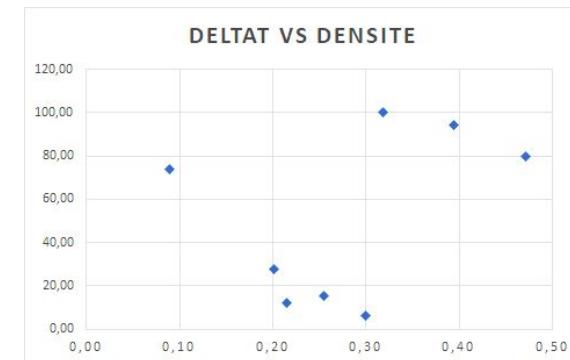
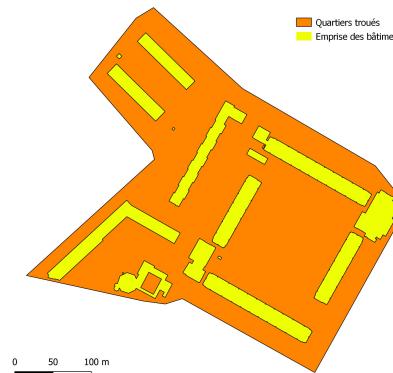
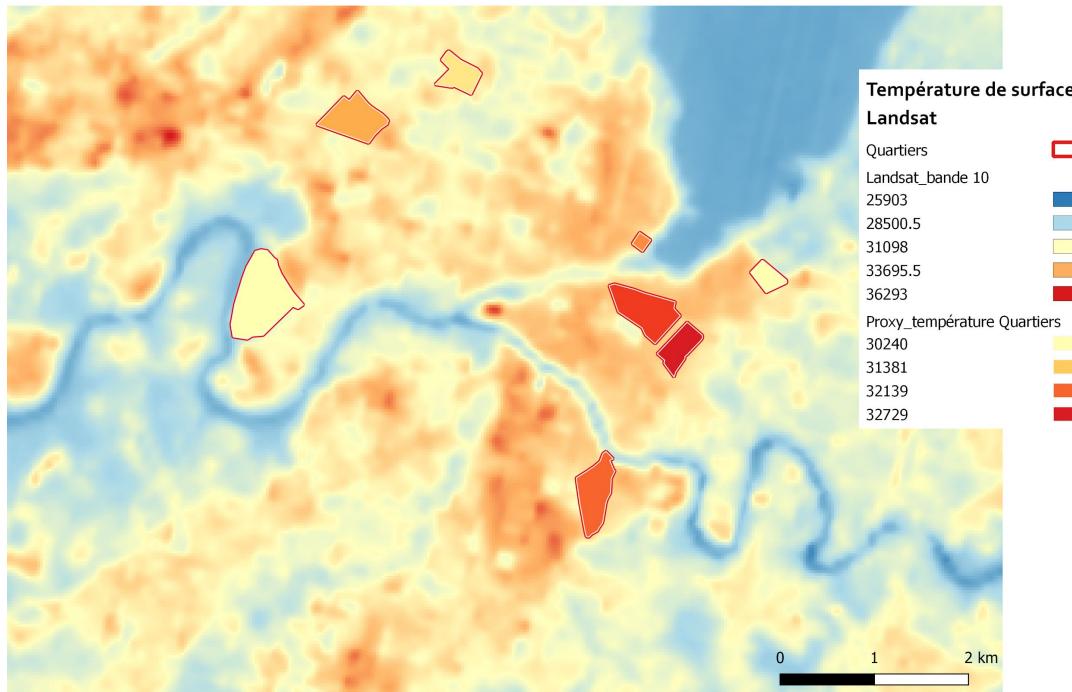
Provenant de la plateforme GeoVite

- swissimage 2.5m (latest)

Idée : enlever l'influence des toits des bâtiments

# TEMPÉRATURE DE SURFACE

→ moyenne des valeurs numériques par quartier



La différence de température\* versus la densité de bâtiments (COS) montre une faible corrélation

\* moyenne du quartier avec l'emprise des bâtiments et moyenne sans

# TEMPÉRATURE DE SURFACE

Transformer les valeurs numériques ( $Q_{\text{cal}}$ )  
en luminance apparente ( $L_\lambda$ ) :

$$L_\lambda = M_L \cdot Q_{\text{cal}} + A_L$$

$M_L$  = RADIANCE\_MULT\_BAND\_10 from the metadata (3.3420E-04)

$A_L$  = RADIANCE\_ADD\_BAND\_10 from the metadata (0.10000)

Transformer la luminance en  
température de brillance :

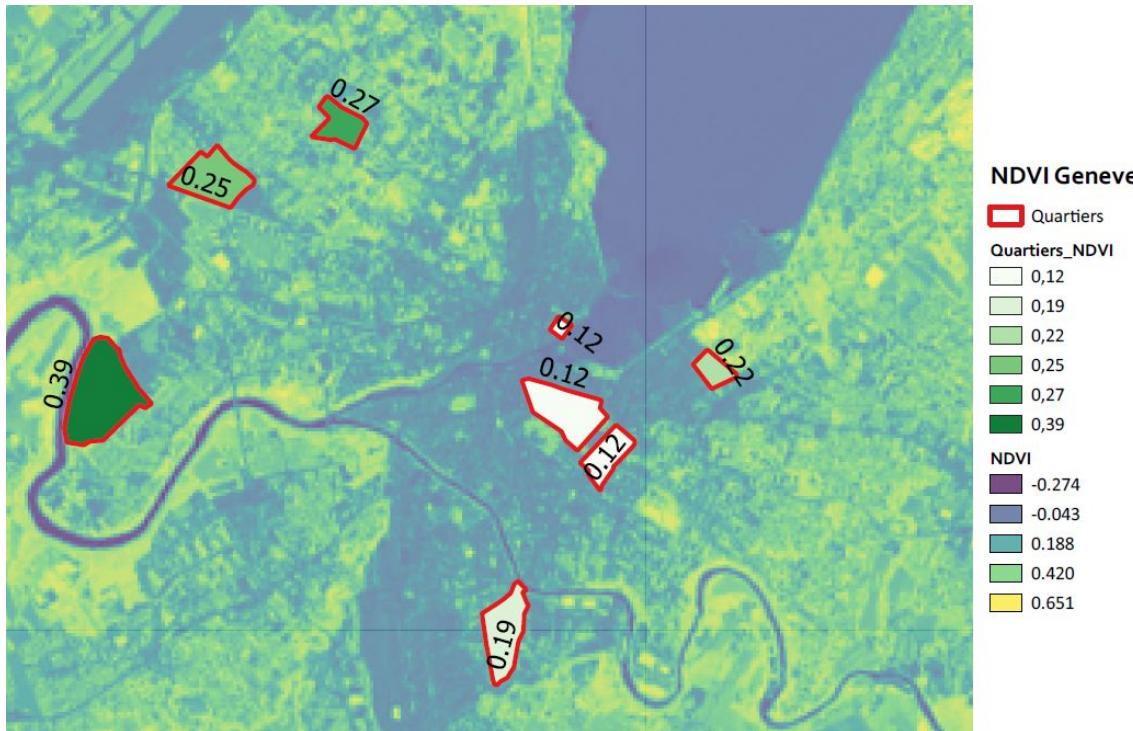
$$T = \frac{K_2}{\ln \left( \frac{K_1}{L_\lambda} + 1 \right)}$$

$K_1$  = K1\_CONSTANT\_BAND\_10 from the metadata (774.8853)

$K_2$  = K2\_CONSTANT\_BAND\_10 from the metadata (1321.0789)

Une dernière étape permettrait d'obtenir la température de surface en fonction  
de l'émissivité

# NDVI INDEX DE VÉGÉTATION



Calculé à partir des canaux rouge et proche infrarouge (bande 4 & 5)

$$\text{NDVI} = \text{PIR-R}/\text{PIR+R}$$

Il met en relief l'activité de la végétation ( qui absorbe les longueurs d'onde rouge )

# MOMEPY



C'est quoi ?

Une boîte à outils python qui traite des données SHP avec les géométries, leurs attributs (ex: la hauteur pour les bâtiments permet d'avoir une approximation du volume) et leur interrelations (ex: bâtiments et rues)

- Permet de décrire les structures urbaines en considérant les liens entre les éléments ainsi que leur organisation générale.

```
buildings_gr = buildings.explode()  
buildings_gr.reset_index(inplace=True,  
drop=True)  
  
profile = momepy.StreetProfile(streets,  
buildings_gr, heights='HAUTEUR')  
  
streets['widths'] = profile.w  
streets['width_deviations'] = profile.wd  
streets['openness'] = profile.o  
streets['heights'] = profile.h  
streets['heights_deviations'] = profile.hd  
streets['profile'] = profile.p
```

# FORMES URBAINES (MOMEPY)

**Critères de base proposés par l'outil Momepy**

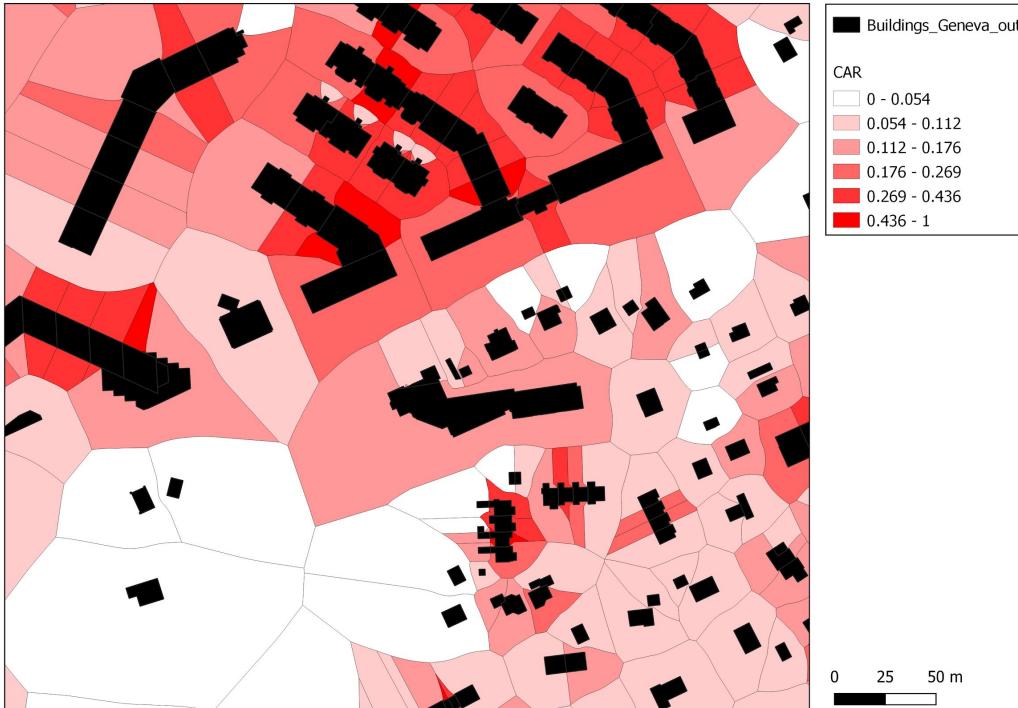
*Facteurs calculés sur les bâtiments :*

- **COS ou CAR** sous forme de tessellation
- **Compacité circulaire** (aire empreinte bâti/aire cercle circonscrit)
- **Élongation** (longueur du plus petit rectangle contenant l'objet)
- **Facteur de forme** (aire/volume<sup>2/3</sup>)

*Facteurs calculés sur les éléments de rues :*

- **Ouverture**
- **Largeur**
- **Hauteur**
- **Profil**

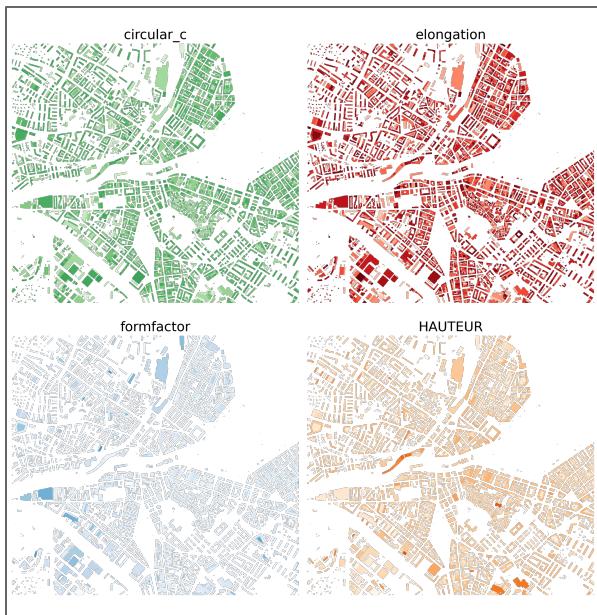
# TESSELLATIONS



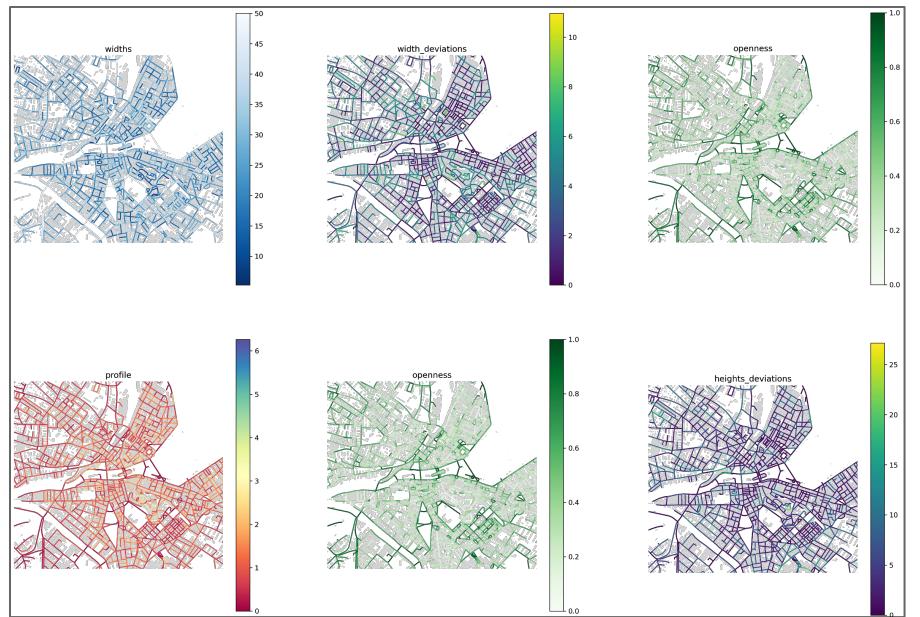
Nouvelle unité géométrique,  
l'espace découpé en tessellation

# FORMES URBAINES (MOMEPY)

Facteurs des bâtiments :



Facteurs des rues :

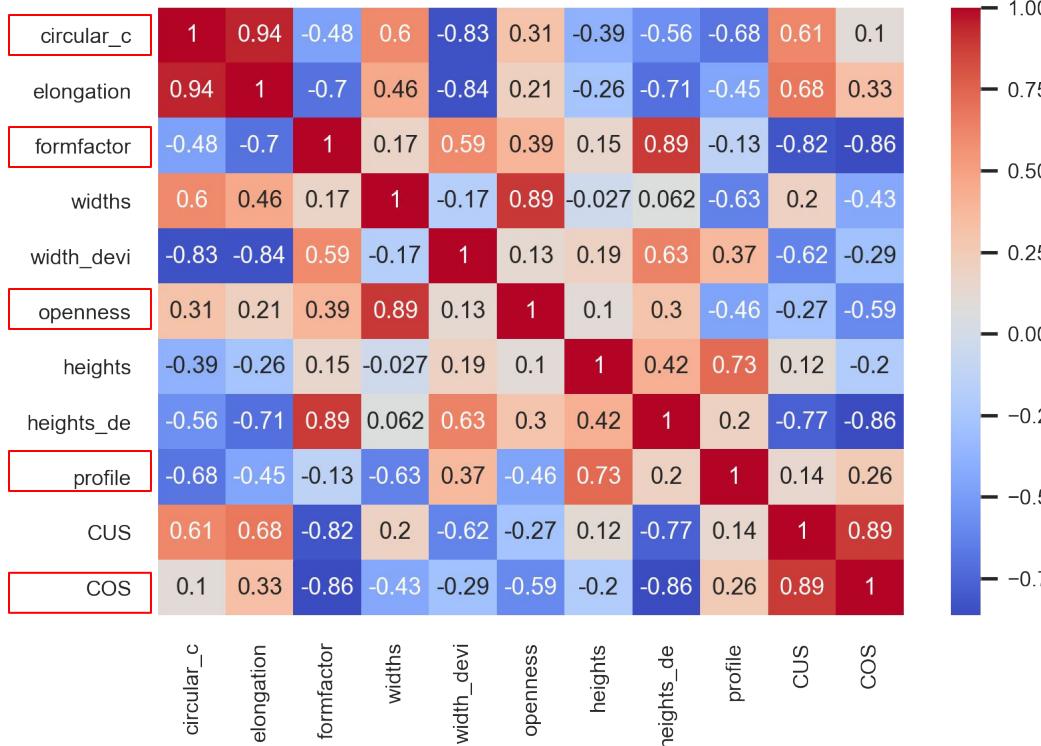


# 5-RÉSULTATS : AGRÉGATIONS DES FACTEURS PAR QUARTIER

Pour agréger les facteurs à l'échelle des quartiers, la pondération de chaque grandeur calculée par Momepy correspond à la fraction occupée par l'élément par rapport au total des éléments du quartier (l'aire pour les bâtiments et la longueur pour les rues). Les grandeurs raster sont simplement moyennées.

<b>id</b>	<b>Nom</b>	<b>surface</b>	<b>COS</b>	<b>Temp_mean</b>	<b>Temp_stdev</b>	<b>T_adjusted</b>	<b>NDVI_mean</b>	<b>NDVI_stdev</b>	<b>formfactor</b>
1	Lignon	417277	0,10	30314,26	1133,88	30240,00	0,34	0,14	1,24
2	Sq du Mt Blanc	20272	0,39	31765,17	697,80	31670,00	0,12	0,11	0,76
3	Les Avanchets	217356	0,22	31669,92	442,46	31642,00	0,25	0,10	1,10
4	Bourg-de-Fourg	240641	0,66	32652,30	279,22	32572,00	0,12	0,07	0,90
5	Vieux-Carouge	212483	0,53	32240,11	659,73	32139,00	0,20	0,09	1,07
6	Les Tranchées	121225	0,39	32744,56	159,16	32729,00	0,11	0,07	0,93
7	La Tourelle	113732	0,33	31393,44	314,78	31214,00	0,27	0,13	1,03
8	Montchoisy	67668	0,33	31 220,47	460,08	30 240,00	0,22	0,09	1,05
<b>id</b>	<b>Nom</b>	<b>circular_c</b>	<b>elongation</b>	<b>widths</b>	<b>width_dev</b>	<b>heights</b>	<b>heights_dev</b>	<b>profile</b>	<b>openness</b>
1	Lignon	0,50	0,67	32,95	4,13	28,57	7,17	0,97	0,83
2	Sq du Mt Blanc	0,60	0,82	34,08	1,84	20,93	2,11	0,74	0,65
3	Les Avanchets	0,55	0,71	33,98	3,67	16,94	6,02	0,60	0,69
4	Bourg-de-Fourg	0,48	0,68	22,31	4,08	21,47	4,49	1,31	0,34
5	Vieux-Carouge	0,52	0,68	27,54	3,31	14,02	3,91	0,60	0,46
6	Les Tranchées	0,58	0,78	29,41	1,85	19,38	4,16	0,74	0,55
7	La Tourelle	0,58	0,76	33,03	3,09	11,51	4,26	0,37	0,79
8	Montchoisy	0,55	0,71	27,57	2,12	12,93	6,35	0,50	0,50

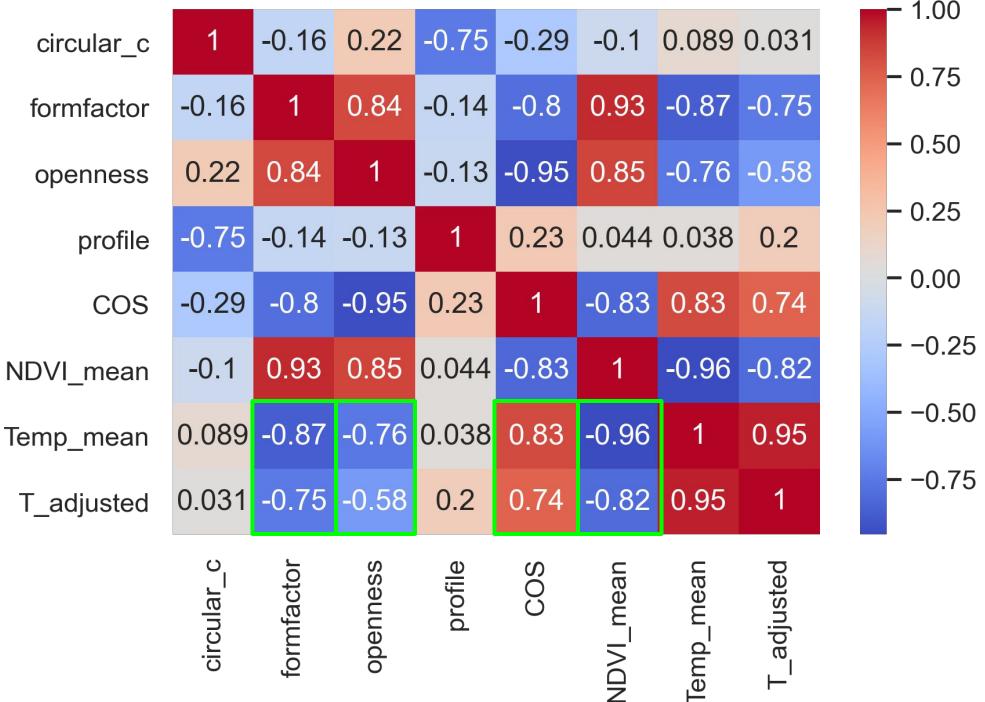
# CORRÉLATIONS ENTRE LES FACTEURS



**BUT :** Éliminer les facteurs redondants pour simplifier la description de la morphologie.

“cos”, “circular\_c”  
“formfactor”, “openness”  
et “profile” ont été sélectionnés (à priori pas de corrélation majeure entre eux ou sans attributs communs)

# CORRÉLATIONS AVEC LA TEMPÉRATURE



**BUT :** Trouver les critères qui ont une corrélation avec la température pour évaluer les quartiers de manière pertinente

**COS** → corrélation **positive**

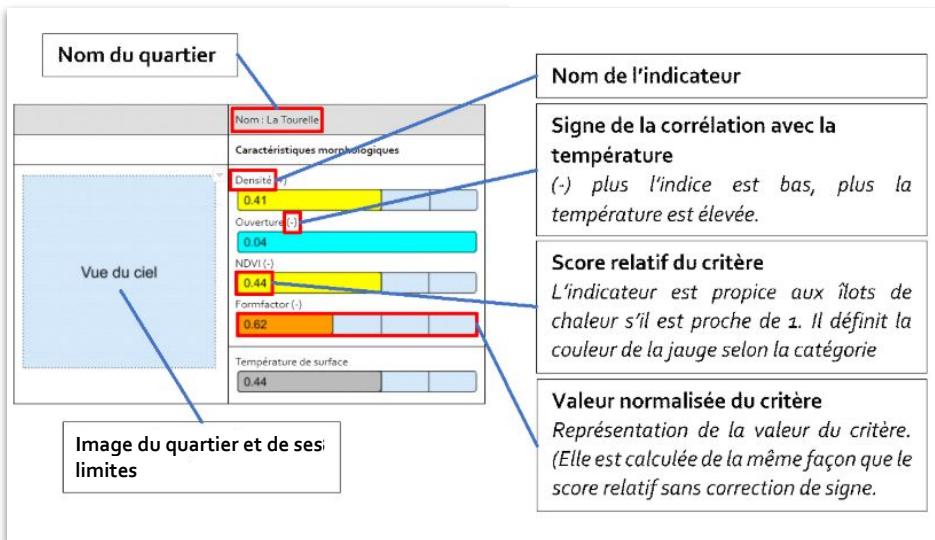
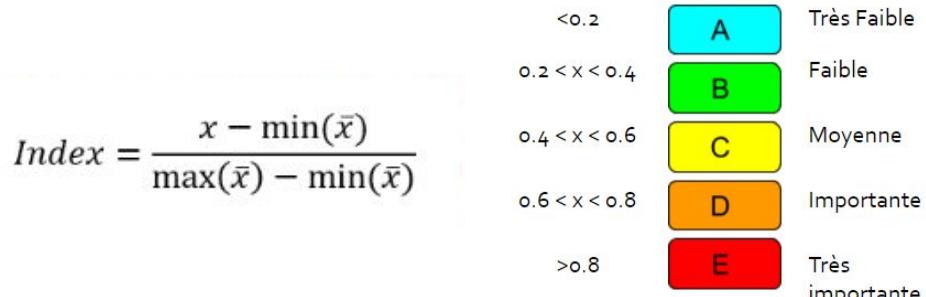
**NDVI**, **formfactor**, **openness** → corrélation **négative**

Ces 4 facteurs sont sélectionnés pour classer les formes urbaines

# 6-ÉBAUCHE DE CATALOGUE

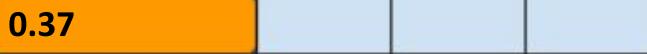
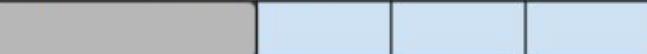
## Système de notation

- Comparaison des quartiers
- Normalisation selon le signe de la corrélation
- Un score élevé traduit une forte tendance aux îlots de chaleur
- Dépend de la base de donnée de référence



## 6-Ébauche de Catalogue

# EXEMPLE : MONTCHOISY

Type : Quartier	Nom : Montchoisy
	<b>Caractéristiques morphologiques</b>
Densité (+) :	<b>0.34</b> 
Ouverture (-)	<b>0.39</b> 
NDVI (-)	<b>0.37</b> 
Formfactor (-)	<b>0.60</b> 
Température de surface	

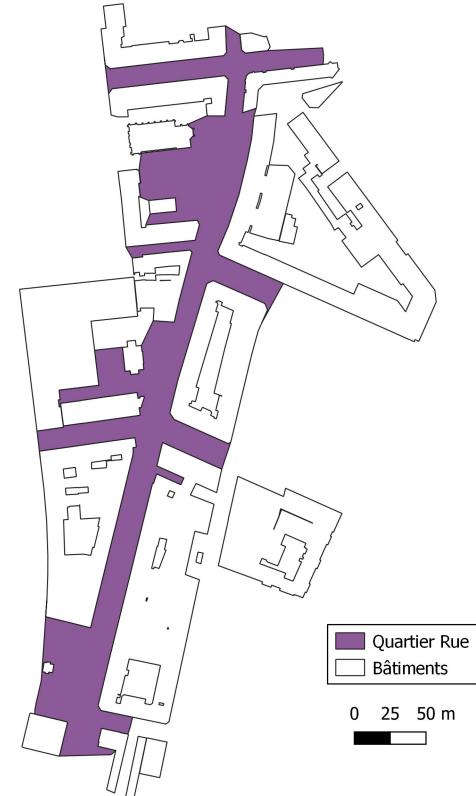
# 7-PROBLÉMATIQUE : DÉLIMITER DE NOUVEAUX QUARTIERS

## Une définition cohérente avec le sujet d'étude

- Tenir compte des facteurs propices aux îlots de chaleur
- Ramener les rues et les places au centre de l'attention

## Classifier les éléments

Nom	Attributs	Exemple
Quartier-rue	largeur, orientation, ouverture, forme des bordures impact des façades, NDVI, ...	Boulevard, rue piétonne, chemin pédestre
Singularité	orientation, ouverture, impact des façades, circulation automobile, NDVI, surface, ...	"Plaine de Plainpalais", "Fontaines de Carouge"
Bordure	type, effet sur l'environnement direct, ...	Cours d'eau, forêt, lac

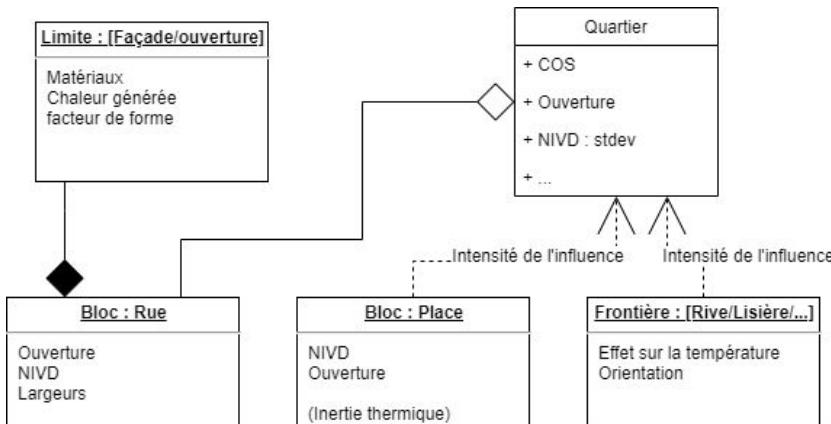


## 7-Délimiter des quartiers

# MÉTHODES

### Homogène (facteurs locaux uniquement)

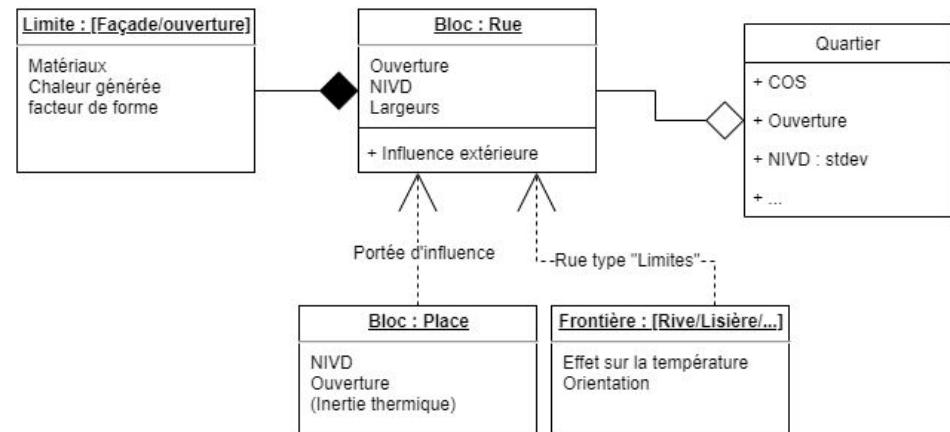
- + Mise en évidence des singularités
- + Démarcation claire des morphologies
- Bilan à l'échelle uniquement
- Besoin de généraliser l'impact des singularités



### Hétérogène (avec influences externes)

- + Plus de souplesse sur l'agrégation
- Complexité des interrelations

Centre des quartiers autour des singularités



# 8 - CONCLUSION

**Des corrélations fortes existent entre la température et la morphologie**

**Pour la suite :**

- Importance de la description morphologique (enrichir les facteurs)
- Combiner les méthodes de mesure : étudier les interactions et orienter la recherche de facteurs
- Le vide au centre des quartiers

**Expérience riche :**

- Connaissances acquises lors des recherches
- Prise en main d'outils informatiques (QGIS, python)
- Autonomie d'organisation
- Rigueur méthodologique

# SOURCES

- [1] Anquez, P., & Herlem, A. (2011). *Les îlots de chaleur dans la région métropolitaine de Montréal: causes, impacts et solutions*. Chaire de responsabilité sociale et de développement durable, UQAM. Disponible à l'adresse suivante :  
[http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/ARROND\\_RPP\\_FR/MEDIA/DOCUMENTS/PDF-ILOTS.PDF](http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/ARROND_RPP_FR/MEDIA/DOCUMENTS/PDF-ILOTS.PDF)
- [2] Giguère, M. (2009). Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains. *Revue de littérature, Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels, Institut National de Santé Publique, Gouvernement du Québec*. Disponible à l'adresse suivante :  
[http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/988\\_MesuresIlotsChaleur.pdf](http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/988_MesuresIlotsChaleur.pdf)
- [3] Antoni, R. M. (2005). Forme urbaine. *sociétés*, (122), 26-48. Disponible à l'adresse :  
[https://www.arturbain.fr/arturbain/vocabulaire/francais/fiches/forme%2ourbaine/fiche\\_interactive/impression/int.pdf](https://www.arturbain.fr/arturbain/vocabulaire/francais/fiches/forme%2ourbaine/fiche_interactive/impression/int.pdf)
- [4] Allain, R. (2004). Morphologie urbaine. *Géographie, aménagement et architecture de la ville*.
- [5] Lévy, A. (2005). Formes urbaines et significations: revisiter la morphologie urbaine. *Espaces et sociétés*, (3), 25-48.
- [6] Bochet, B. (2005). Morphologie urbaine et développement durable: transformations urbaines et régulation de l'étalement. Enjeux du développement urbain durable: transformations urbaines, gestion des ressources et gouvernance, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 55-77.
- [7] Pal, S., & Ziaul, S. K. (2017). Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20(1), 125-145.
- [8] Schirmer, Patrick M., and Kay W. Axhausen. "A Multiscale Classification of Urban Morphology." *Journal of Transport and Land Use*, vol. 9, no. 1, 2016, pp. 101–130. JSTOR, [www.jstor.org/stable/26203210](http://www.jstor.org/stable/26203210). Accessed 7 Apr. 2020.

Expérience riche du point de vue des recherches entreprises, des connaissances acquises, de l'apprentissage informatique (Qgis, python) et de l'autonomie engagée dans la démarche et le développement d'une méthodologie nouvelle/faite par nous mêmes.

Ce projet est intéressant pour son côté innovateur et la démarche dont il a fait l'objet et doit être poursuivi pour obtenir des résultats plus fiables

La thématique du projet nous a plu et mérite d'être approfondie