

DESIGN PROJECT

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

EPFL

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.

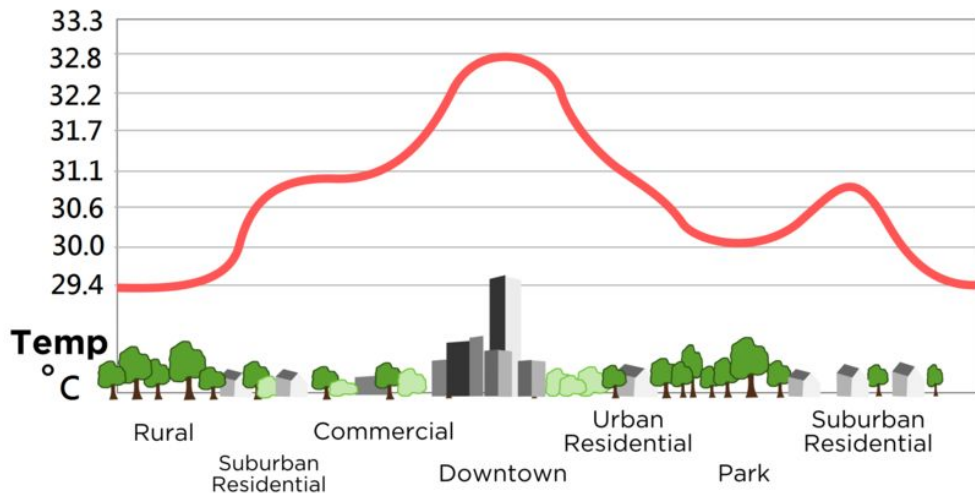
8-CONCLUSION



0-INTRODUCTION : LES ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS

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

URBAN HEAT ISLAND PROFILE



Urban_heat_island.svg: TheNewPhobiaderivative work: Alexchris / Public domain

- **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%^[7])



ID:LC08_L1TP_196028_20190629_20190706_01_T1
Acquisition Date:29-JUN-19
Path:196
Row:28



MORPHOLOGIE URBAINE

Formes Urbaines :

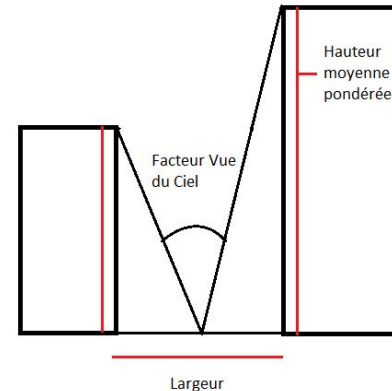
- *Densité bâti* :
 - Occupation du sol (COS)
 - Utilisation du sol (CUS)
- *Forme empreinte bâti 2D* :
 - Compacité
 - Élongation
- *3D bâti* :
 - Facteur de forme
 - Ouverture (portion de ciel visible)
 - Profil (hauteur/ largeur des rues)

Le Vert

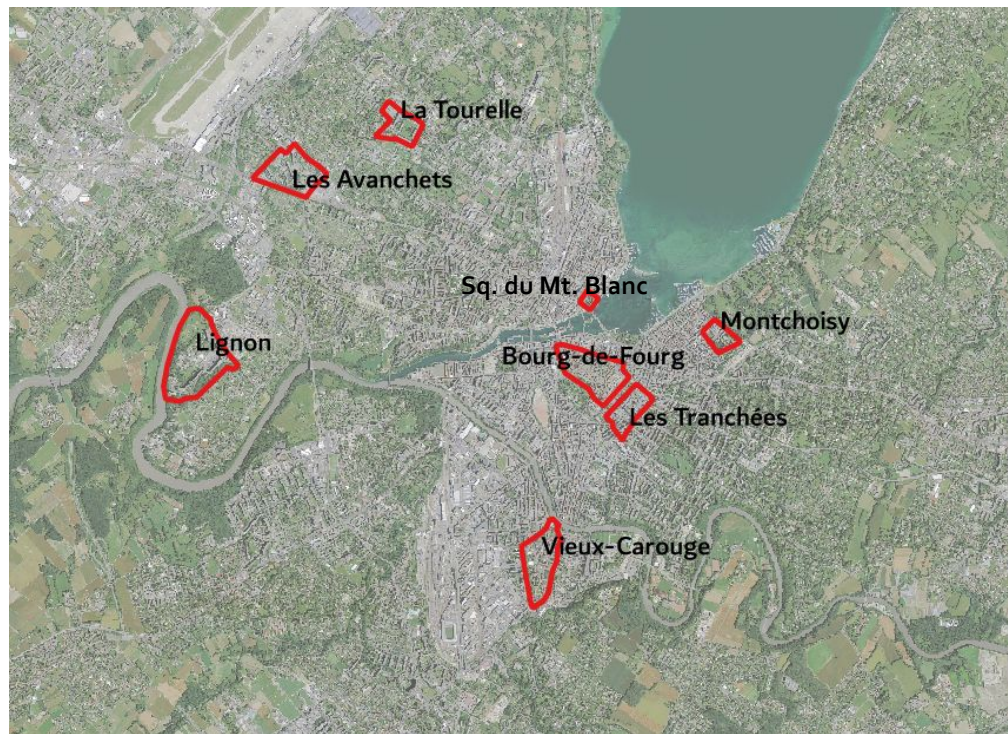
- fraction perméable
- fraction végétalisée
- densité de végétation (NDVI)

Activité anthropique

- trafic automobile



OBJETS D'ÉTUDE



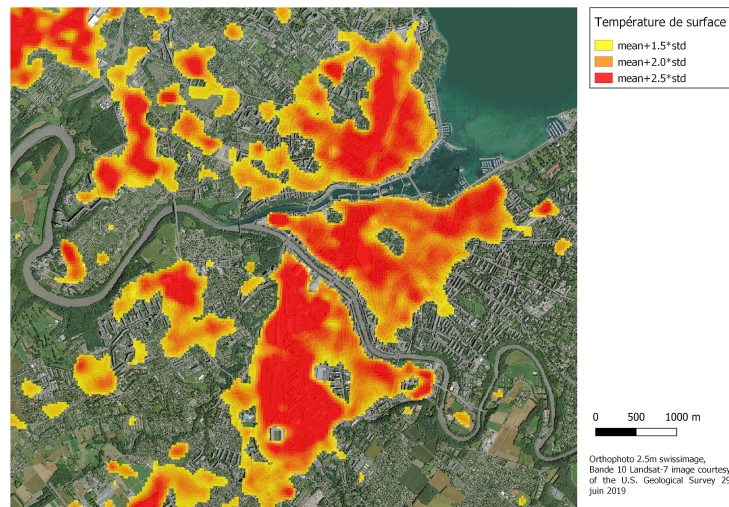
8 Quartiers à Genève :
(provenant du site *densité.ch*)

- 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

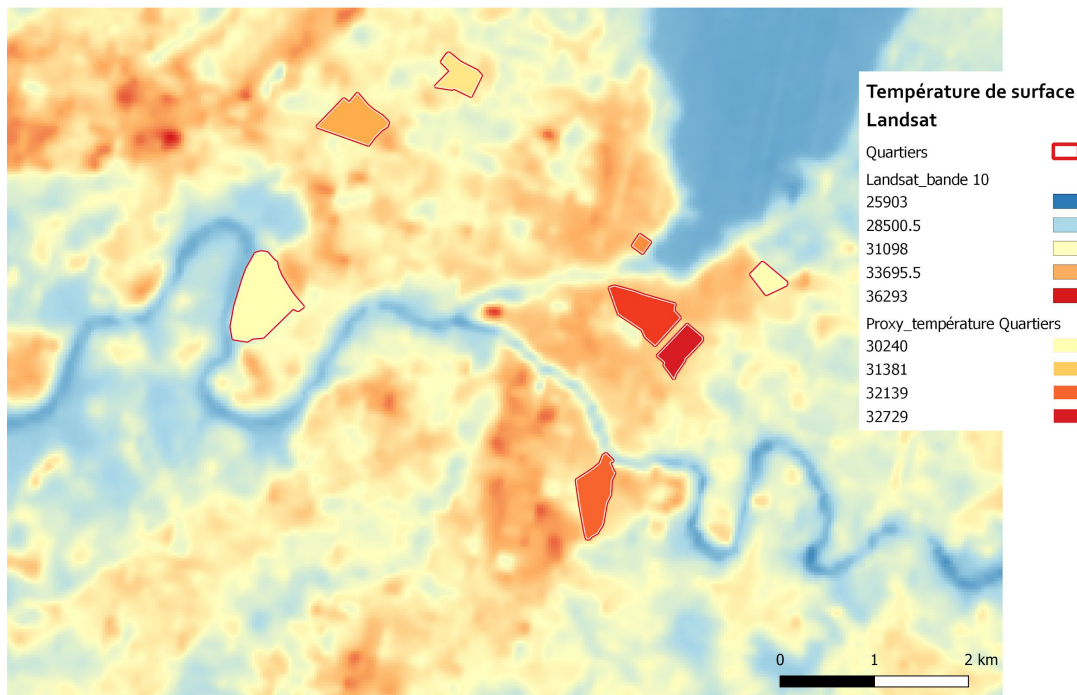
Provenant de la plateforme GeoVite

- swissimage 2.5m (latest)

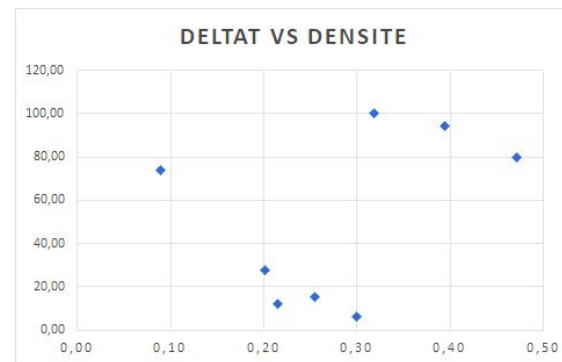


TEMPÉRATURE DE SURFACE

→ moyenne des valeurs numériques par quartier



Idée : enlever l'influence des toits des bâtiments



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 10

TEMPÉRATURE DE SURFACE

Transformer les valeurs numériques (Q_{cal})
en luminance apparente (L_{λ}) :

$$L_{\lambda} = ML * Q_{\text{cal}} + A_L$$

ML = 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)

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

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 bâtiment permet d'avoir une approx. 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

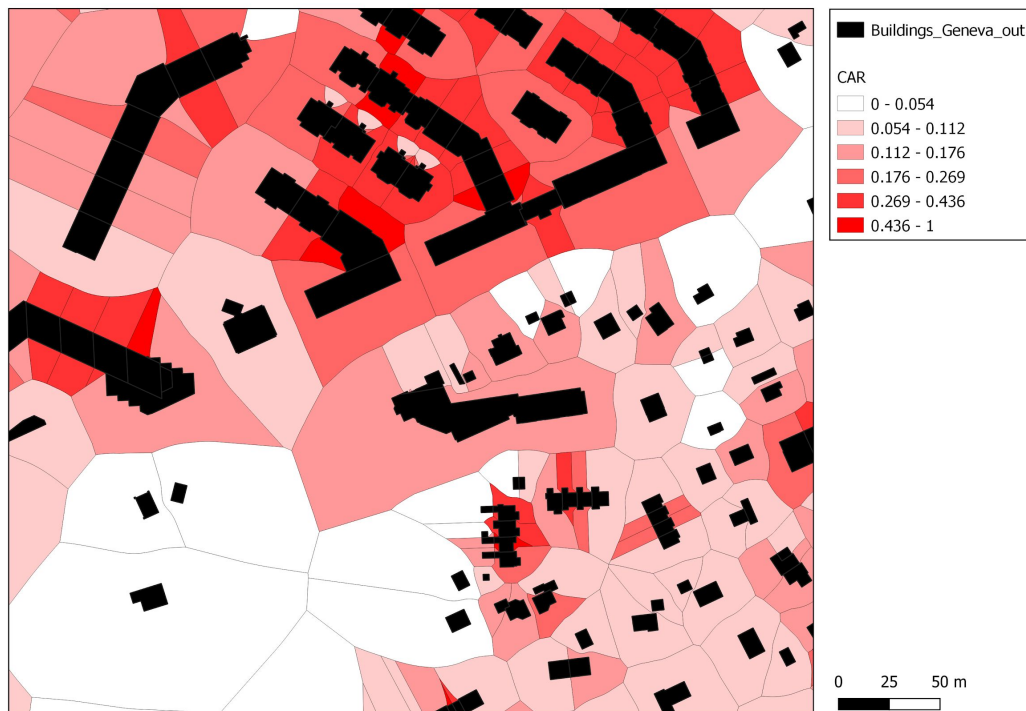
Facteurs calculés sur les bâtiments :

- **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^{2/3})

Facteurs calculés sur les éléments de rues :

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

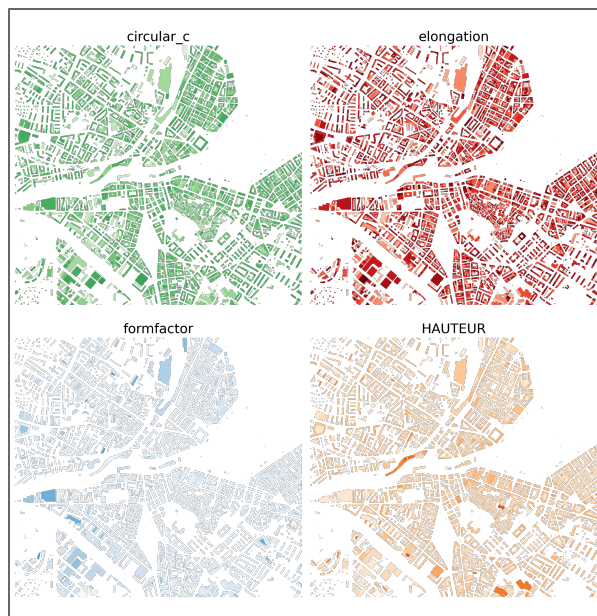
TESSELLATIONS



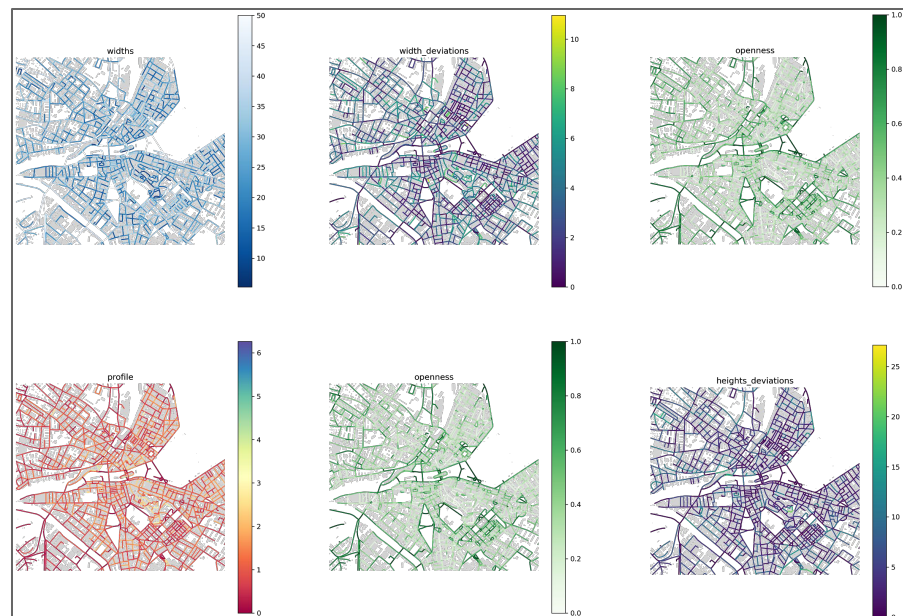
Nouvelle unité
géométrique,
l'espace découpé
en tessellation

FORMES URBAINES (MOMEPY)

Facteurs des bâtiments :



Facteurs des rues :

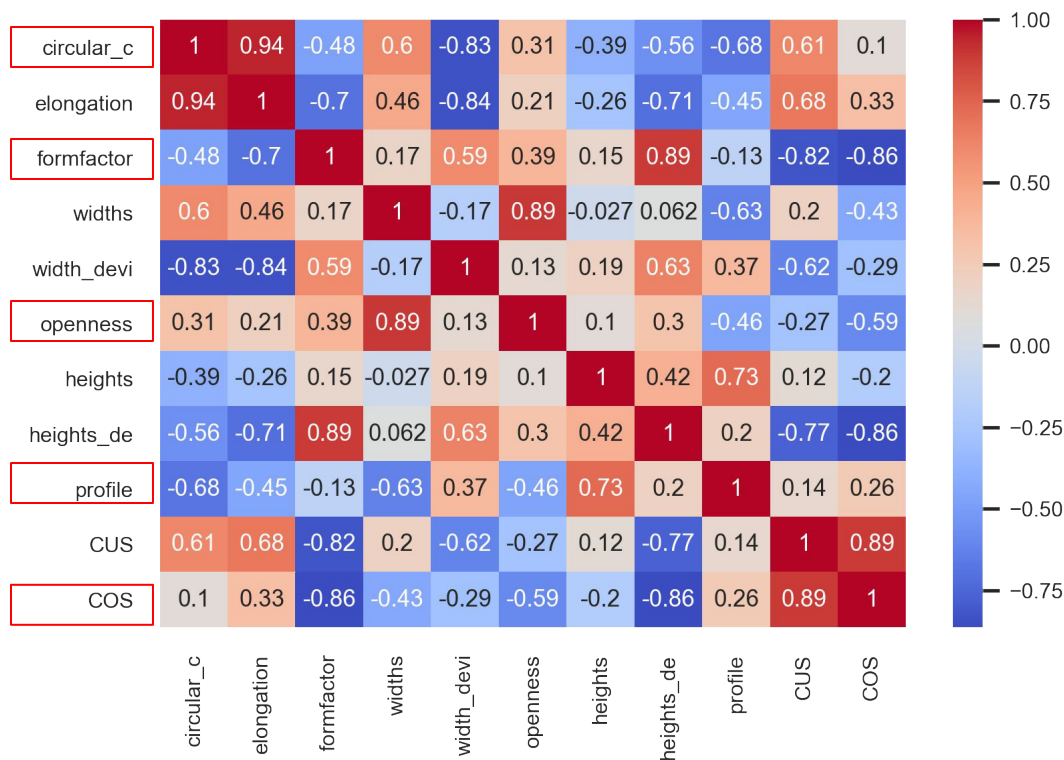


5-RÉSULTATS : AGRÉGATIONS DES FACTEURS PAR QUARTIER

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.

id	Nom	surface	COS	Temp_mean	Temp_stddev	T_adjusted	NDVI_mean	NDVI_stddev	formfactor
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
id	Nom	circular_c	elongation	widths	width_dev	heights	heights_dev	profile	openness
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

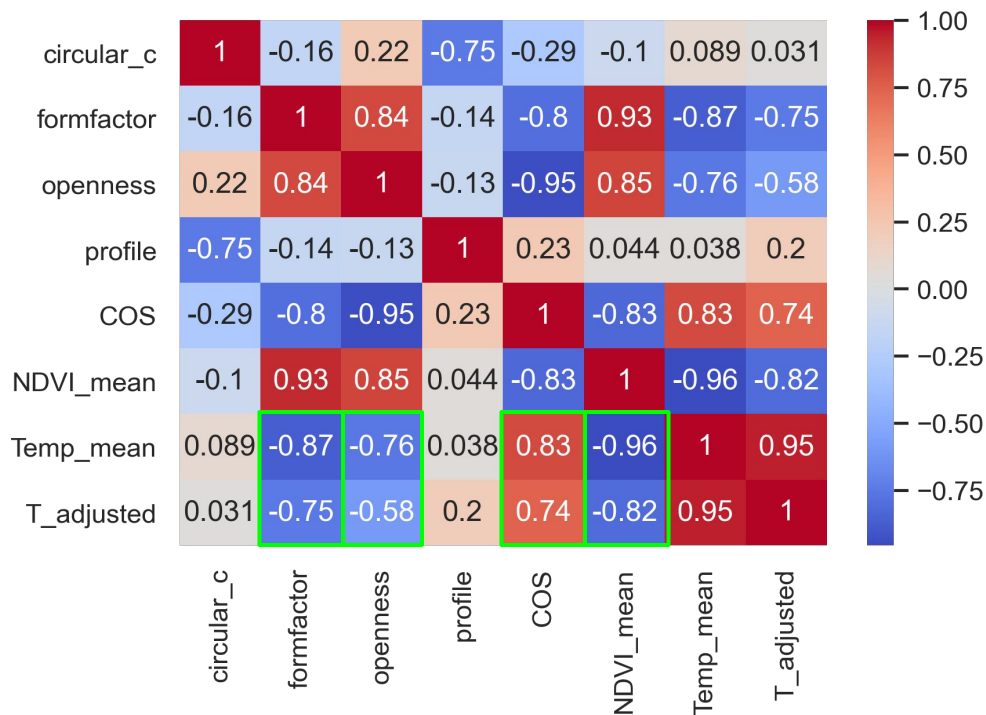
CORRÉLATIONS ENTRE LES FACTEURS



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

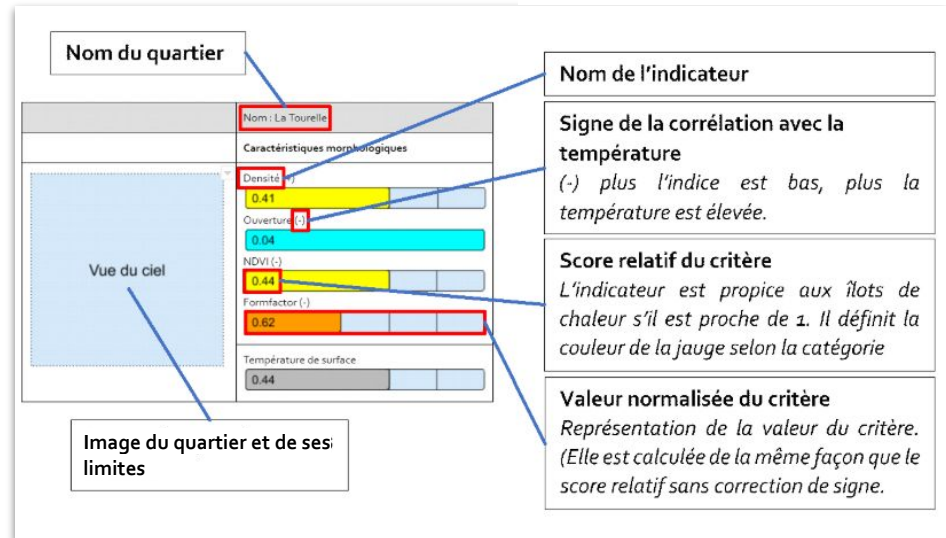
6-ÉBAUCHE DE CATALOGUE

Système de notation


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

$$Index = \frac{x - \min(\bar{x})}{\max(\bar{x}) - \min(\bar{x})}$$

<0.2	A	Très Faible
0.2 < x < 0.4	B	Faible
0.4 < x < 0.6	C	Moyenne
0.6 < x < 0.8	D	Importante
>0.8	E	Très importante



EXEMPLE : MONTCHOISY

Type : Quartier	Nom : Montchoisy
 <p>0 25 50 m</p>	Caractéristiques morphologiques
	Densité (+) :
	0.34
	Ouverture (-)
	0.39
	NDVI (-)
	0.37
	Formfactor (-)
	0.60
	Température de surface

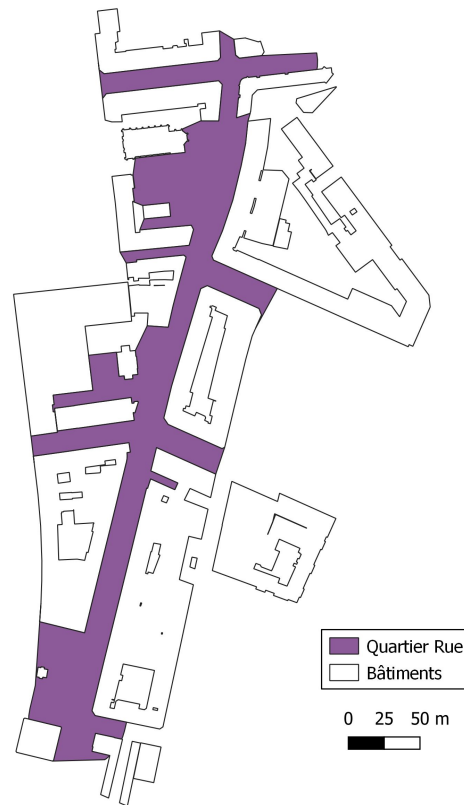
7-PROBLÉMATIQUE : DÉLIMITER DE NOUVEAUX QUARTIERS

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

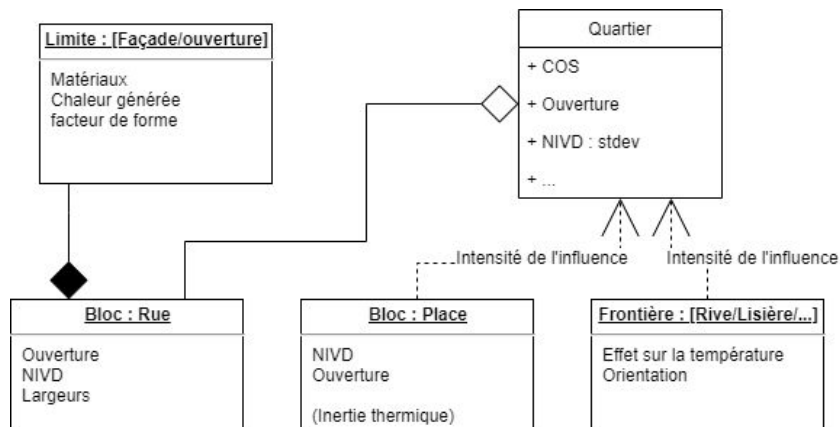
Nom	Attributs	Exemple
Quartier-rue	largeur, orientation, ouverture, forme des bordures impact des façades, NDVI, ...	Boulevard, rue piétonne, chemin pédestre
Singularité	orientation, ouverture, impact des façades, circulation automobile, NDVI, surface, ...	"Plaine de Plainpalais", "Fontaines de Carouge"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



MÉTHODES

Homogène (facteurs locaux uniquement)

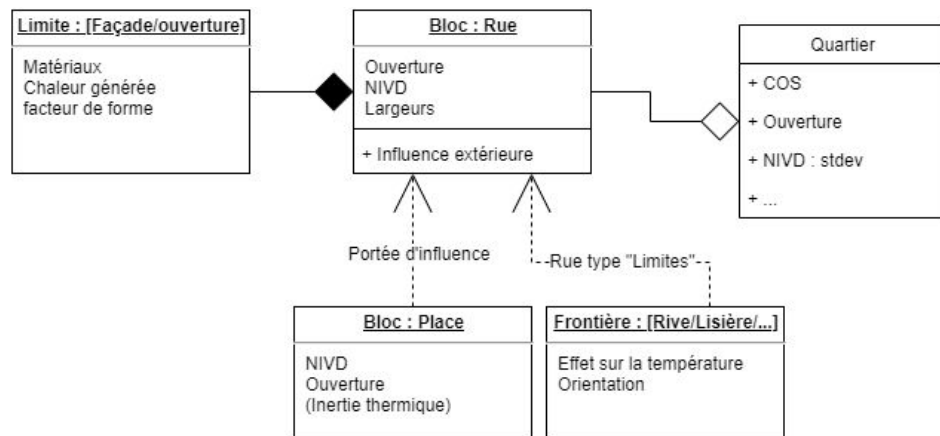
- + Mise en évidence des singularités
- + Démarcation claire des morphologies
- Bilan à l'échelle uniquement
- Besoin de généraliser l'impact des singularités



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
- [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/g888_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%20urbaine/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. 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