

Quatorzièmes Rencontres de Théo Quant - Nouvelles approches en géographie théorique et quantitative

Atelier 5 - Transport

Modélisation intra-urbaine des distances de transport automobiles

Profils radiaux & effets spatiaux

Estelle Mennicken^{1,2}, Geoffrey Caruso^{1,2}, Rémi Lemoy³

(1) LISER (2) Université du Luxembourg (3) Université de Rouen-Normandie



Sommaire

✓ **Contexte**

- Question de recherche
- Méthodes et données
- Résultats et discussion



Contexte

Sujet de thèse:

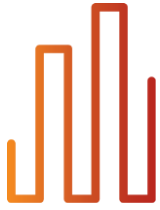
Lien entre forme urbaine et pollution de l'air générée par le trafic routier à l'échelle du continent Européen.

- Quels impacts environnementaux sont générés par quels types de morphologie urbaine ?
- Ces impacts sont-ils directement proportionnels à la taille (la population) des villes ?



Sommaire

- Contexte
- ✓ **Question de recherche**
- Méthodes et données
- Résultats et discussion



Modélisation des distances automobiles

Déplacements urbains influencés par la répartition des activités et de la population et par la forme du réseau routier.

Caractérisation des réseaux routiers urbains, révélateurs des structures spatiales internes, par leur propriétés que sont les distances parcourues.



Modélisation des distances automobiles

Motivations (1)

Multi-dimensionnalité de la forme urbaine et de l'étalement urbain très documentée (Galster 2001, Arribas-Bel 2011,...) mais peu de mesures considérant à la fois les **réseaux de transport routiers et l'occupation du sol**, et donc, la distribution spatiale de la population.

La plupart des indicateurs morphologiques sont basés sur des distances Euclidiennes et ignorent **l'infrastructure de transport**, alors que les chemins empruntés sont essentiels dans l'estimation des **coûts de transport**.



Modélisation des distances automobiles

Motivations (2)

Peu de connaissances sur la variation de la forme intra-urbaine et de la relation entre distances Euclidiennes et sur le réseau en fonction de la **taille des villes**.

Lois d'échelle sur des **quantités de transport agrégées** à l'échelle de la ville entière uniquement (Bettencourt 2013, Louf & Barthélémy 2014,...).

Caractérisation des structures intra-urbaines non appliquée systématiquement à l'échelle d'un **continent**.



Modélisation des distances automobiles

Objectifs particuliers

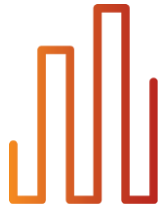
- Identification de la relation générale entre distances Euclidiennes et distances sur le réseau routier (**profils radiaux**)
= *échelle intra-urbaine*

- Exploration de sa variation
 - en fonction de la population urbaine (**lois d'échelle**)
 - dans l'espace (**hétérogénéité spatiale**)= *échelle inter-urbaine*



Sommaire

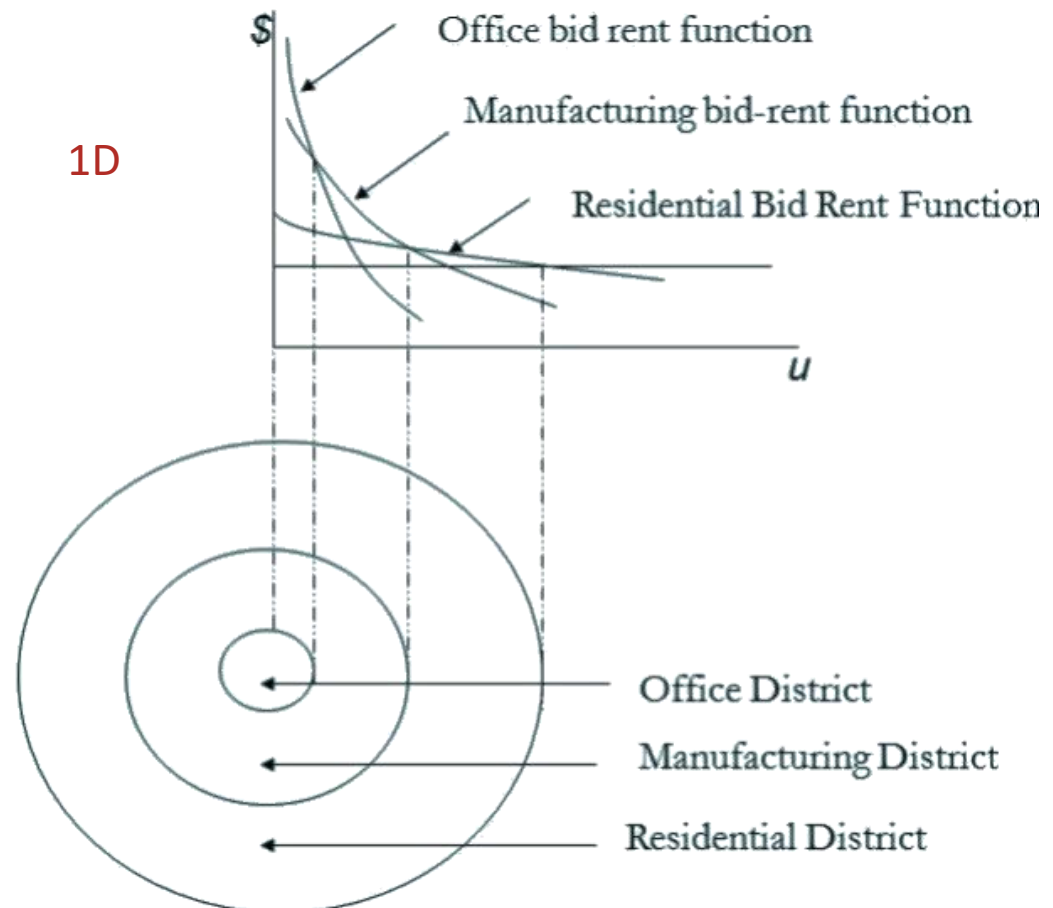
- Contexte
- Question de recherche
- ✓ **Méthodes et données**
- Résultats et discussion



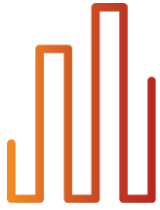
Analyse radiale (ville monocentrique)

Voir **économie urbaine** (Alonso-Muth-Mills, 1964, 1967, 1969) et profils de densité de population et d'occupation du sol (Lemoy & Caruso, 2017).

L'hypothèse de **monocentricité** permet une **simplification** des systèmes urbains et de construire une **science des villes** validée **empiriquement** en assemblant toutes leurs facettes.



Disque

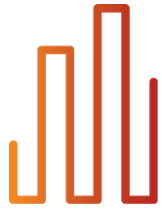


Analyse radiale (ville monocentrique)

Profils radiaux des caractéristiques du réseau routier (distances à parcourir) en fonction de la distance à vol d'oiseau au centre ville, en tant que principal attracteur des flux.

Modélisation des **trajets les plus rapides** entre les terrains résidentiels (origine) et les centres historiques (destinations) sur le réseau routier réel, via l'algorithme **Google Maps**.

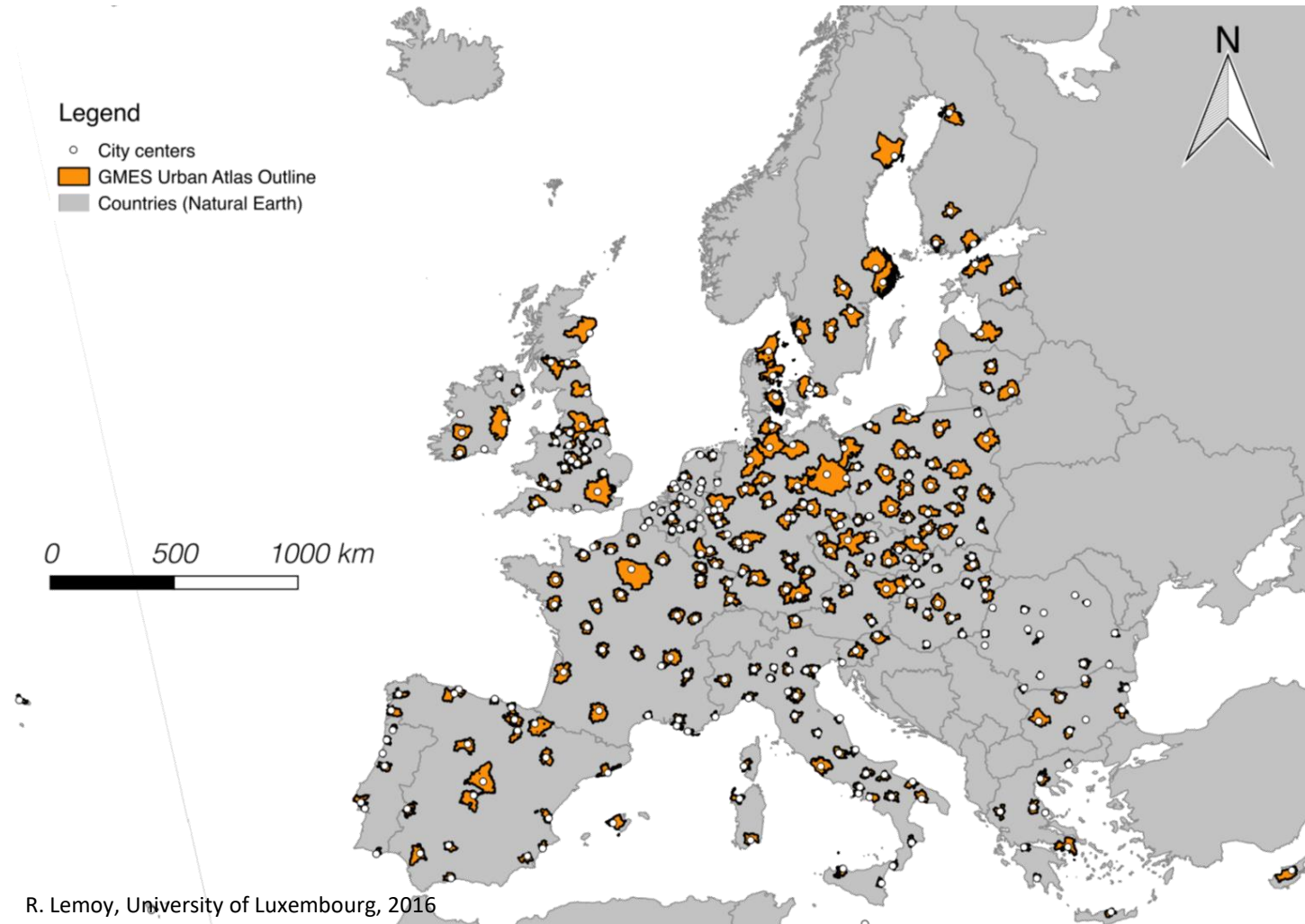
Total de **303 033 requêtes** aux conditions de trafic optimales (pas de congestion, temps de trajet minimal).

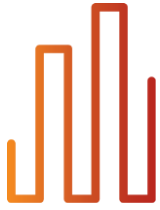


Urban Atlas Land Use Data (Copernicus)

Travail empirique sur
301 aires urbaines
fonctionnelles
européennes (FUAs).

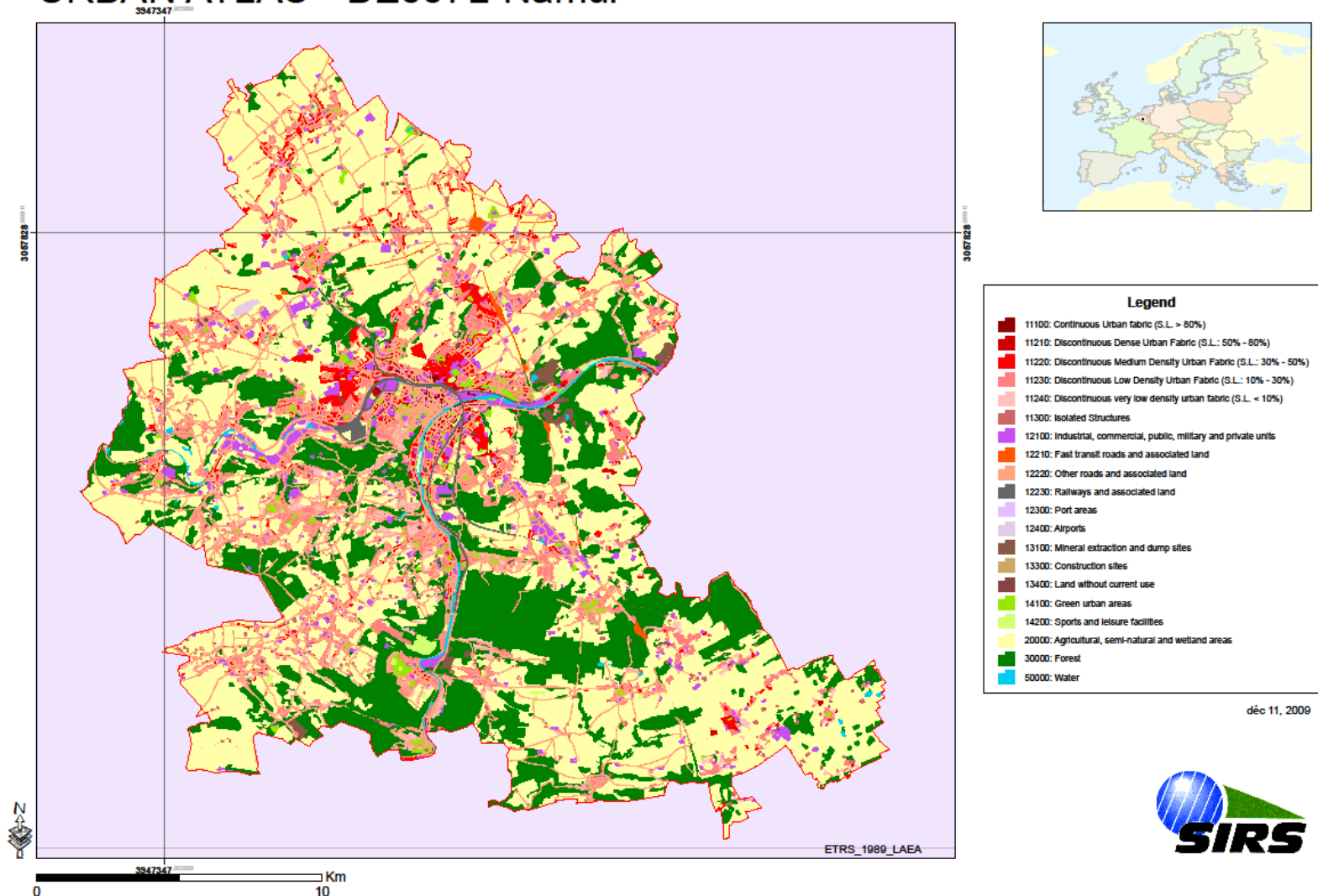
Extraction des zones
résidentielles de
l'occupation du sol

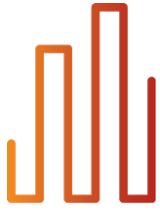




Urban Atlas Land Use Data (Copernicus)

URBAN ATLAS - BE007L-Namur





Exemple

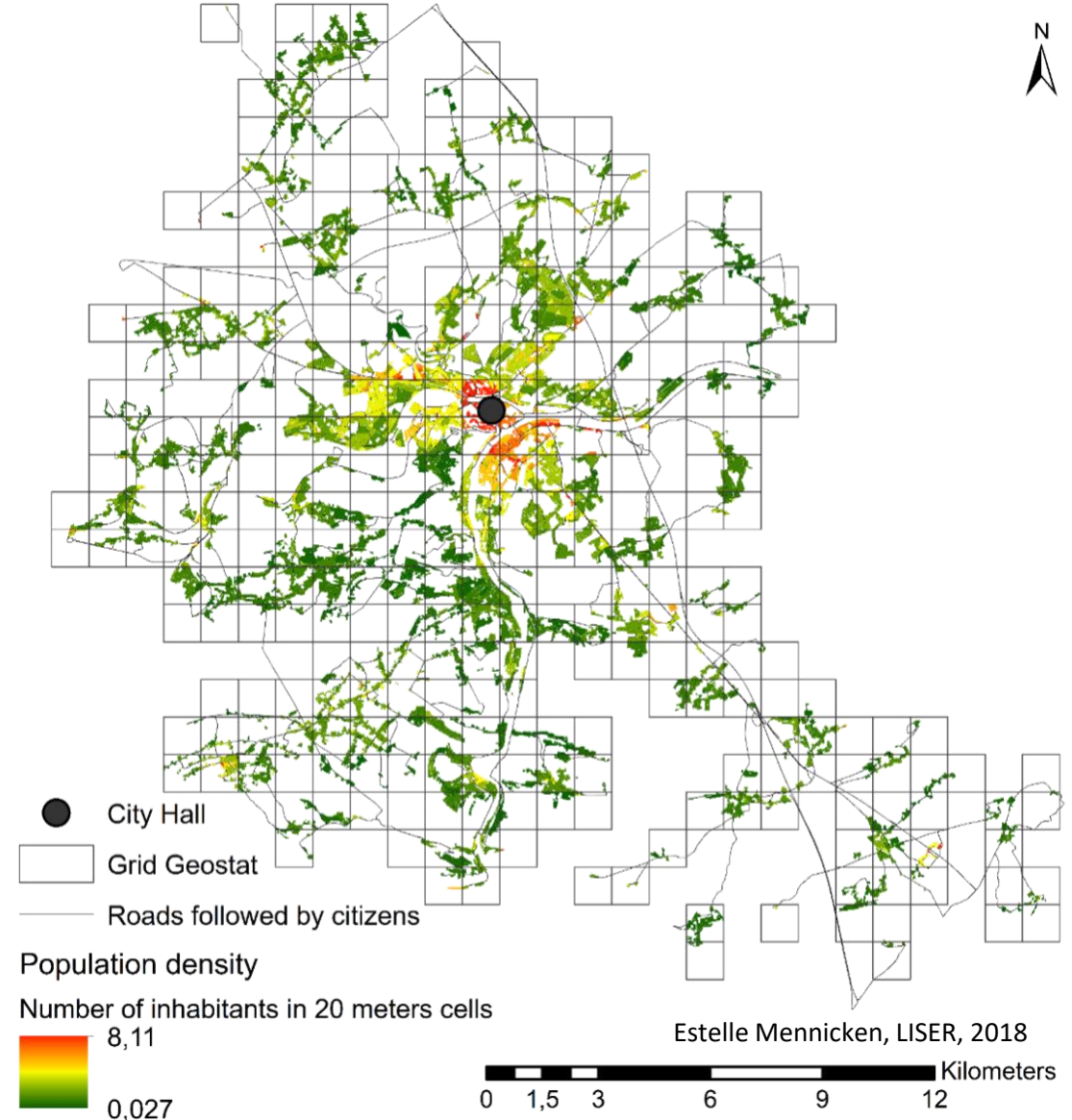
Échantillonnage aléatoire systématique de 1 point résidentiel par cellule de population non-nulle de 1 km² (origines multiples).

Calcul des trajets radiaux au centre-ville (destination unique).

Combinaison avec les distances Euclidiennes entre ces même paires origines-destination.

Enregistrement des chemins empruntés.

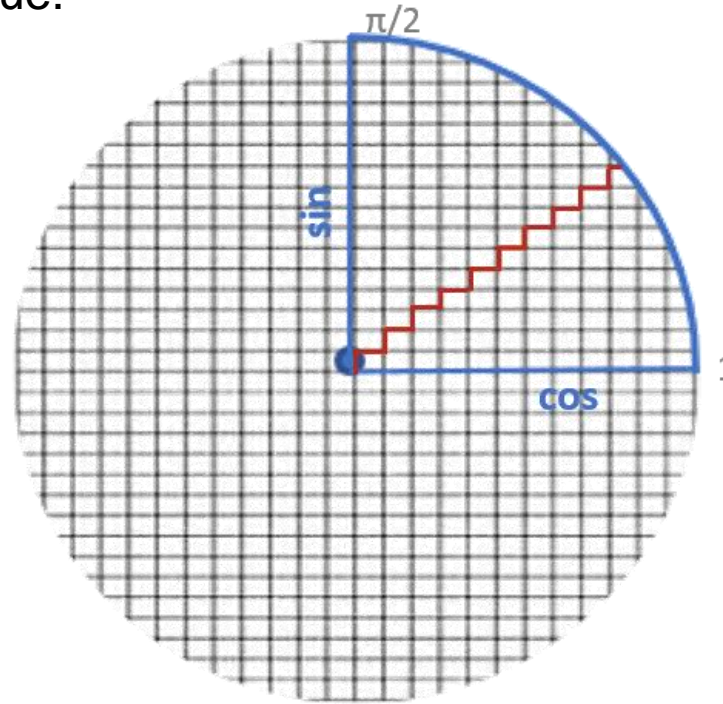
Data structure for the city of Namur (Belgium)





Facteur de détour théorique

Distance Manhattan (rectilinéaire) appliquée à une ville monocentrique.



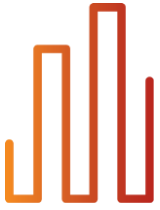
$$\frac{1}{\pi/2} \int_0^{\pi/2} (\cos x + \sin x) dx = \frac{4}{\pi} \cong 1.273$$



Analyses

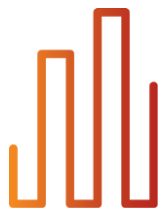
3 étapes

- 1) Exploration des profils radiaux
- 2) Effet de la délimitation des aires urbaines
- 3) Régression du facteur de détour en fonction de la taille urbaine et d'autres caractéristiques urbaines

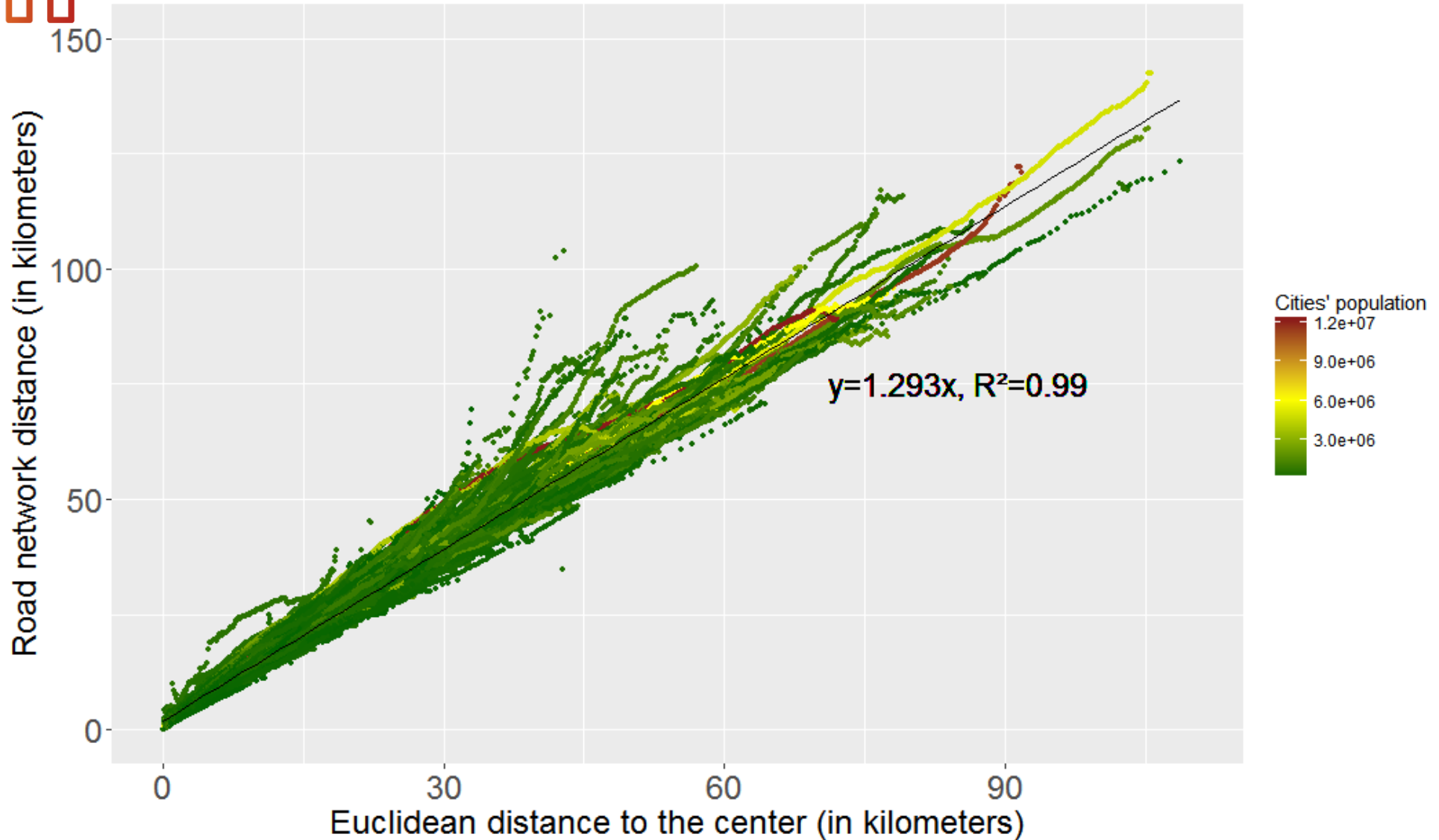


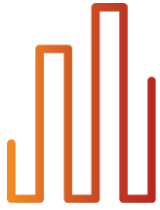
Sommaire

- Contexte
- Question de recherche
- Méthodes et données
- ✓ **Résultats et discussion**



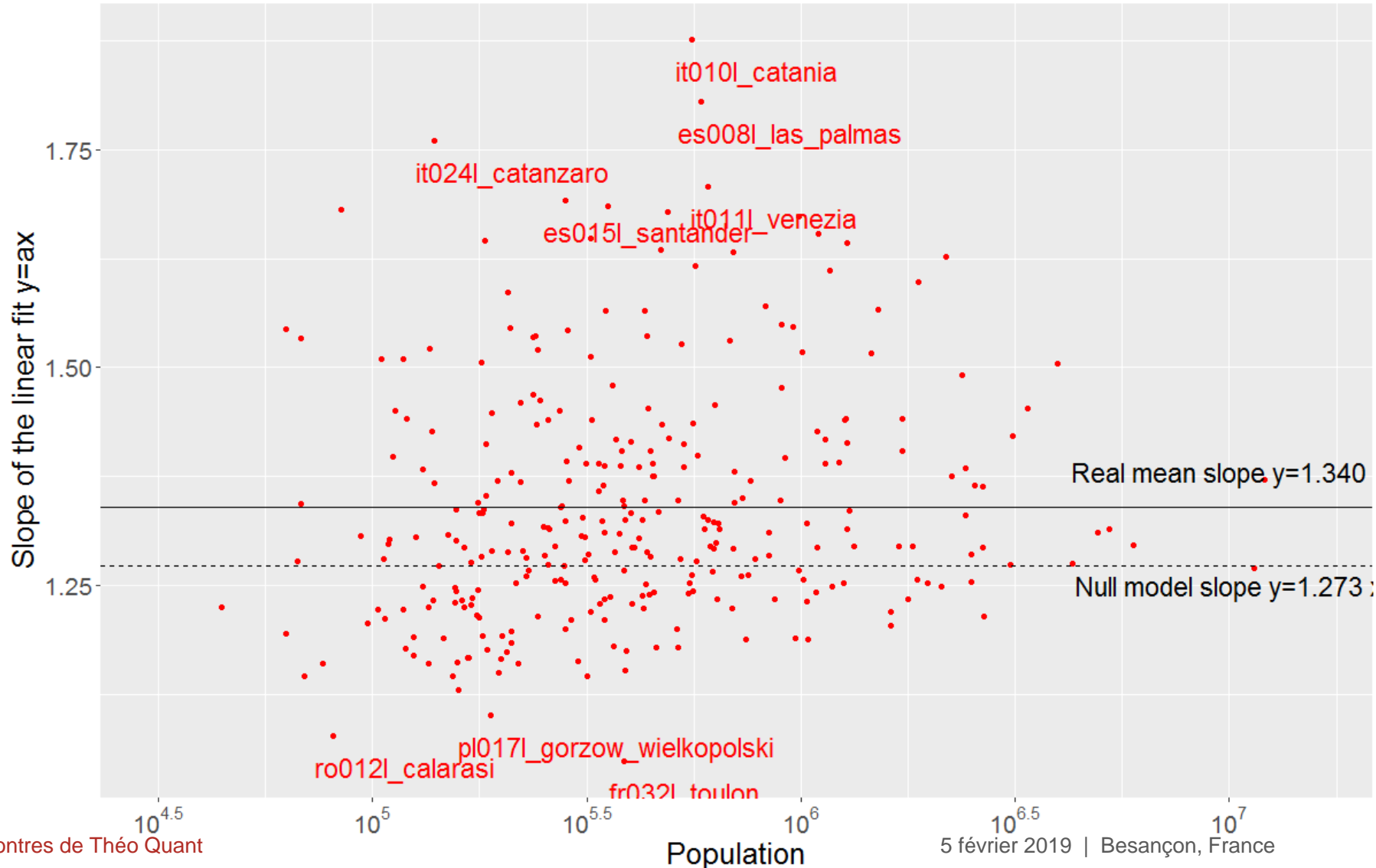
Relation between the network distance and the Euclidean distance to the center





Influence de la taille urbaine

Relation between the slope of the linear fit and the cities' population



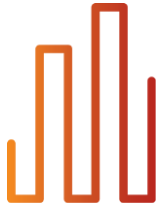


Délimitation de l'étendue spatiale des villes

Les résultats socio-économiques des aires urbaines sont hautement dépendants du niveau d'agrégation (définition de la frontière urbaine).

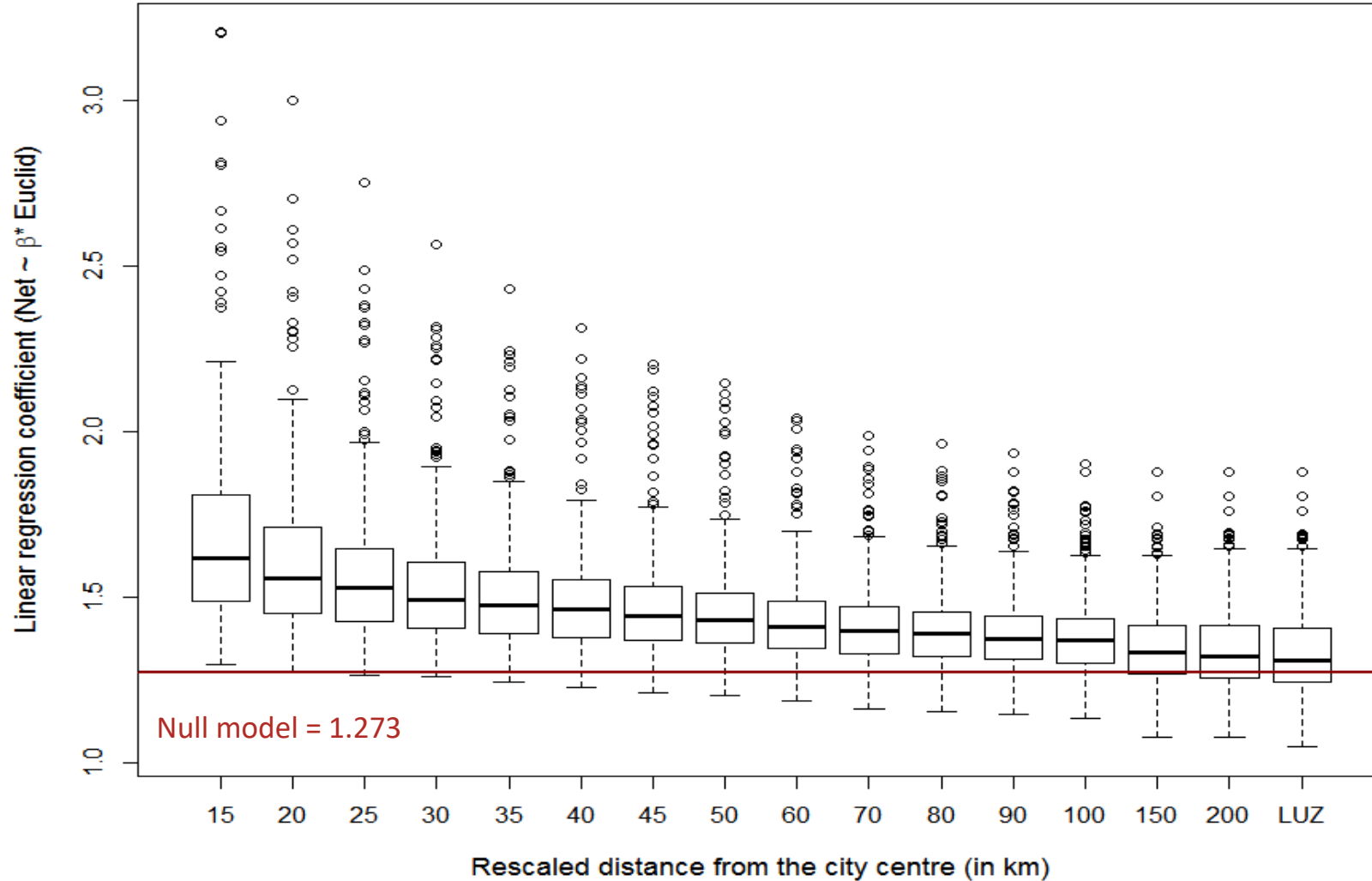
L'occupation du sol est un objet en 2D et varie avec la racine carrée de la population (Lemoy & Caruso, 2017).

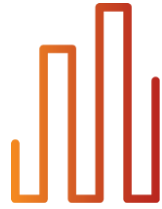
$$R' = \frac{R}{\sqrt{\text{PopCity}/\text{PopLondon}}}$$



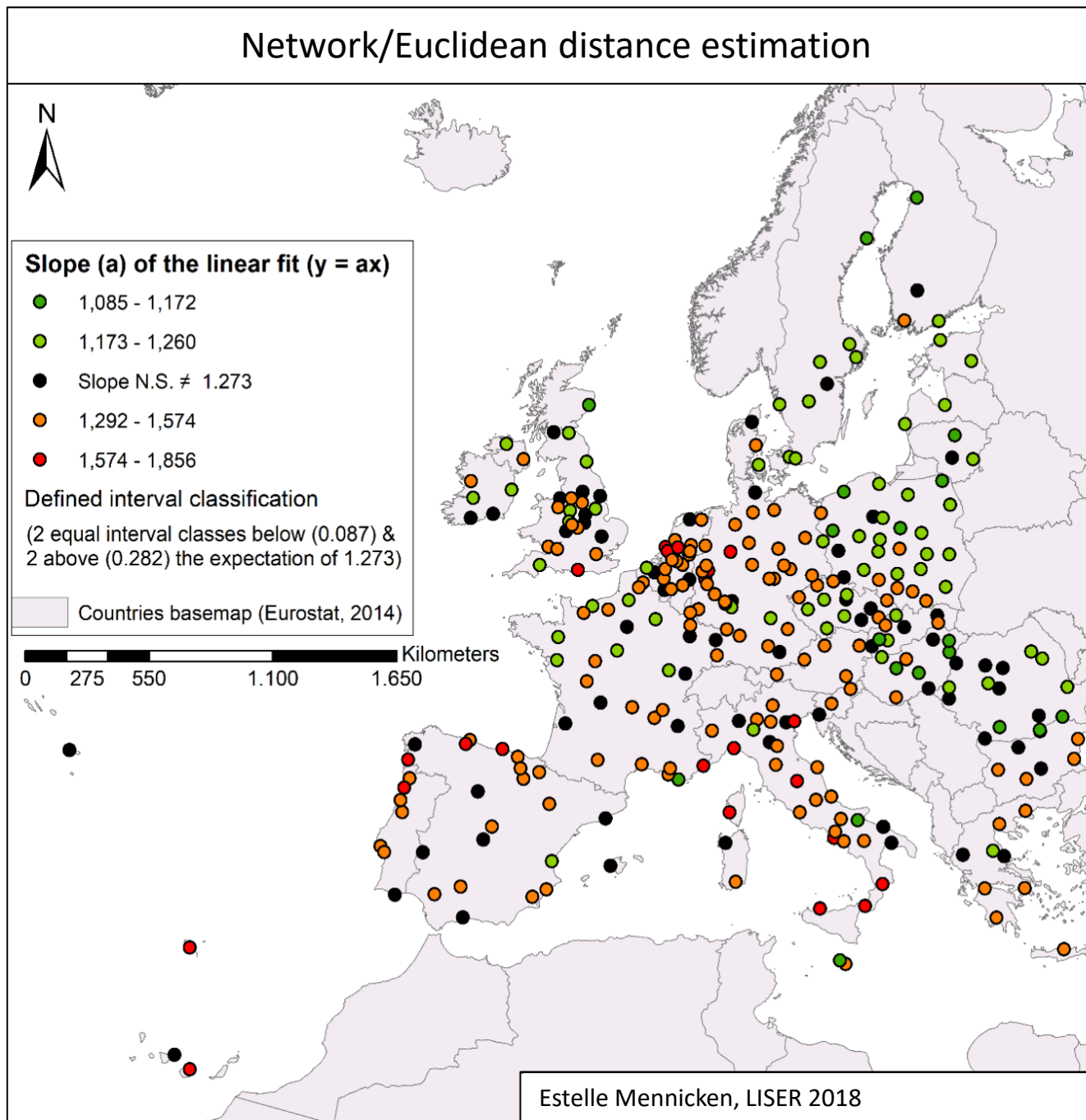
Délimitation de l'étendue spatiale des villes

Coefficient estimates of regressions on individual cities of several rescaling radiuses





Network/Euclidean distance estimation

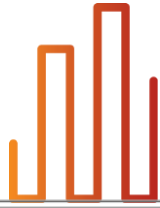




Facteurs explicatifs de la variation du facteur de détour dans l'espace

- **Facteurs naturels:** distances sur le réseau routier plus longues dans les régions montagneuses (effet de relief) et dans les villes avec côtières ou avec de nombreux plans d'eau.
- **Facteurs sociétaux:**
 - Taille de ville: pas d'effet de la population dans les villes redécoupées sur le ratio des distances.
 - Facteur géographique/historique/institutionnel: augmentation des distances relatives du Nord-Ouest vers le Sud-Ouest.

	50 (5)
Z σ elevation	0.135** (0.058)
Z missing LU	0.231*** (0.053)
Z latitude	-0.222*** (0.060)
Z longitude	-0.130** (0.054)
Z log(pop)	-0.032 (0.054)
Z intercept	-0.000 (0.052)
Observations	301
R ²	0.213
Adjusted R ²	0.199
RSE (df=295)	0.895
F Stat	15.937***



Facteurs explicatifs de la variation du facteur de détour dans l'espace

Dependent variable:

	Network/Euclidean distance coefficient estimate in rescaled discs around the city centres (in km)												LUZ
	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Z σ elevation	0.035 (0.058)	0.035 (0.058)	0.082 (0.057)	0.111* (0.058)	0.135** (0.058)	0.172*** (0.059)	0.205*** (0.060)	0.236*** (0.061)	0.256*** (0.062)	0.265*** (0.062)	0.310*** (0.063)	0.313*** (0.062)	0.284*** (0.059)
Z missing LU	0.175*** (0.055)	0.237*** (0.054)	0.268*** (0.053)	0.247*** (0.053)	0.231*** (0.053)	0.210*** (0.054)	0.177*** (0.055)	0.146*** (0.056)	0.121** (0.057)	0.104* (0.057)	0.074 (0.059)	0.075 (0.057)	0.192*** (0.050)
Z latitude	-0.207*** (0.060)	-0.222*** (0.060)	-0.223*** (0.060)	-0.225*** (0.060)	-0.222*** (0.060)	-0.209*** (0.061)	-0.195*** (0.063)	-0.182*** (0.064)	-0.164** (0.065)	-0.156** (0.065)	-0.099 (0.067)	-0.127* (0.066)	-0.170*** (0.061)
Z longitude	-0.089 (0.054)	-0.113** (0.054)	-0.121** (0.053)	-0.125** (0.054)	-0.130** (0.054)	-0.136** (0.054)	-0.145*** (0.054)	-0.154*** (0.054)	-0.163*** (0.054)	-0.166*** (0.054)	-0.149*** (0.054)	-0.170*** (0.053)	-0.161*** (0.051)
Z log(pop)	-0.250*** (0.055)	-0.178*** (0.054)	-0.084 (0.053)	-0.039 (0.054)	-0.032 (0.054)	-0.044 (0.054)	-0.052 (0.055)	-0.052 (0.056)	-0.045 (0.056)	-0.038 (0.057)	0.036 (0.058)	0.094* (0.055)	0.156*** (0.050)
Z intercept	-0.000 (0.052)	0.000 (0.052)	0.000 (0.051)	0.000 (0.052)	-0.000 (0.052)	-0.000 (0.052)	-0.000 (0.052)	0.000 (0.051)	0.000 (0.052)	0.000 (0.052)	-0.000 (0.052)	-0.000 (0.051)	-0.000 (0.049)
Observations	301	301	301	301	301	301	301	301	301	301	301	301	301
R ²	0.186	0.206	0.217	0.212	0.213	0.214	0.213	0.215	0.214	0.210	0.199	0.239	0.300
Adjusted R ²	0.172	0.192	0.204	0.199	0.199	0.201	0.200	0.202	0.200	0.197	0.185	0.226	0.288
RSE (df=295)	0.910	0.899	0.892	0.895	0.895	0.894	0.894	0.893	0.894	0.896	0.903	0.880	0.844
F Stat	13.494***	15.261***	16.335***	15.909***	15.937***	16.093***	16.013***	16.171***	16.018***	15.690***	14.657***	18.513***	25.299***
\bar{X} LUZ share	9.2	12.4	18.6	24.9	31.2	37.4	43.4	49.1	54.4	59.3	78.3	89.4	100
σ LUZ share	4.6	6.2	9.3	12.3	15.5	18.4	20.6	22.3	23.4	23.8	21.7	17.0	0

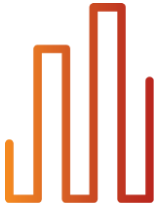
$$R' = \frac{R}{\sqrt{\text{PopCity}/\text{PopLondon}}}$$

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01



3 résultats principaux

- Vérification de la linéarité de la relation entre distance réseau et distance Euclidienne (coefficient de proportionnalité de 1.293)
- Variation de la relation en fonction de l'étendue des aires urbaines (effet centre-périphérie)
- Hétérogénéité spatiale expliquée par:
 - Facteurs physiques (relief, présence d'eau)
 - Facteurs humains (localisation géographique)



Merci pour votre attention !



Quantitative Urban Analytics
& Spatial Data Research

Luxembourg
www.quadtrees.lu