

# Différencier la valeur du foncier de celle de l'immobilier pour appréhender les impacts du ZAN sur l'accès au logement

UNE APPLICATION DE LA MODÉLISATION GÉOGRAPHIQUEMENT PONDÉRÉE ET MULTI-ÉCHELLE (MGWR)

ThéoQuant 2024

Charlotte Bernier – 09 février 2024



# Contexte

---

## Zéro Artificialisation Nette (ZAN) = Une ambition européenne ...

- >> Communication de la Commission Européenne en 2011
- >> « **No Net Land Take** » à l'horizon 2050

## ... déclinée localement

- >> En Flandre, via la politique du « Bouwshift »
- >> En Wallonie, via son Schéma de Développement Territorial
- >> Limitation drastique de l'artificialisation des sols (« Stop-béton »)
- >> Répondre à la demande croissante en logement (↗ nombre de ménages)



**Comment concilier restrictions foncières et accessibilité au logement ?**



## I. Qu'en dit la littérature internationale ?

1

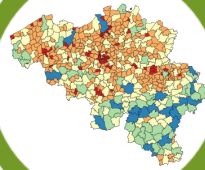
Qu'est-ce que l'accessibilité au logement ?

2

Quelles sont les causes de l'augmentation des valeurs et quelle est la part du foncier dans cette hausse ?

3

Quel impact d'une limitation de l'offre foncière ?



## II. Cartographie des valeurs

1

Pourquoi ?

2

Quelles données ?

3

Quelles méthodes ?

Dans quelle mesure est-il possible de concilier une limitation de l'offre foncière et une bonne accessibilité du logement ?



1

Qu'est-ce que l'accessibilité au logement ?

# Accès au logement



## Différentes problématiques

- Description des dépenses des ménages
- Analyse des tendances du marché du logement
- Prédiction de la capacité d'un ménage à payer son loyer ou son hypothèque
- Adéquation entre le type de logement et le type de ménage qui l'occupe
- Définition des besoins en matière de logement à des fins de politique publique

...



## Plusieurs dimensions

- Accessibilité financière
- Normes de qualité
- Salubrité, décence
- Accès en termes de mobilité
- Justice spatiale
- Ségrégations socio-spatiales

...



## Des questions sous-jacentes

- Quel type de logement ?
- Propriétaires ? Locataires ?
- Pour qui ?

...



## Plusieurs dimensions

- Accessibilité financière
- Normes de qualité
- Salubrité, décence
- Accès en termes de mobilité
- Justice spatiale
- Ségrégations socio-spatiales

...



Qu'une des dimensions de l'abordabilité du logement

Prix des logements de « seconde main »

➔ propriétaires



1

Qu'est-ce que l'accessibilité au logement ?



2

Quelles sont les causes de l'augmentation des valeurs et quelle est la part du foncier dans cette hausse ?



# Causes des hausses de valeurs ?



## Échelle inter-marché : des facteurs macroéconomiques

↗ de la demande (↗ nombre de ménages ; ↗ revenus ; ↘ taux d'emprunt)

Inélasticité de l'offre (rareté en foncier, délais d'obtention de permis trop long...)

Disparités socio-économiques (↗ des écarts de revenus...)

# Causes des hausses de valeurs ?



## Échelle inter-marché : des facteurs macroéconomiques

↗ de la demande (↗ nombre de ménages ; ↗ revenus ; ↘ taux d'emprunt)

Inélasticité de l'offre (rareté en foncier, délais d'obtention de permis trop long...)

Disparités socio-économiques (↗ des écarts de revenus...)

## Échelle intra-marché : le logement, un bien combinatoire



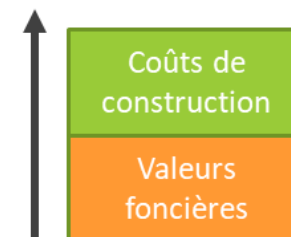
### Structure bâtie – construction

Surface habitable, qualité et âge de la construction...

### Foncier – terrain

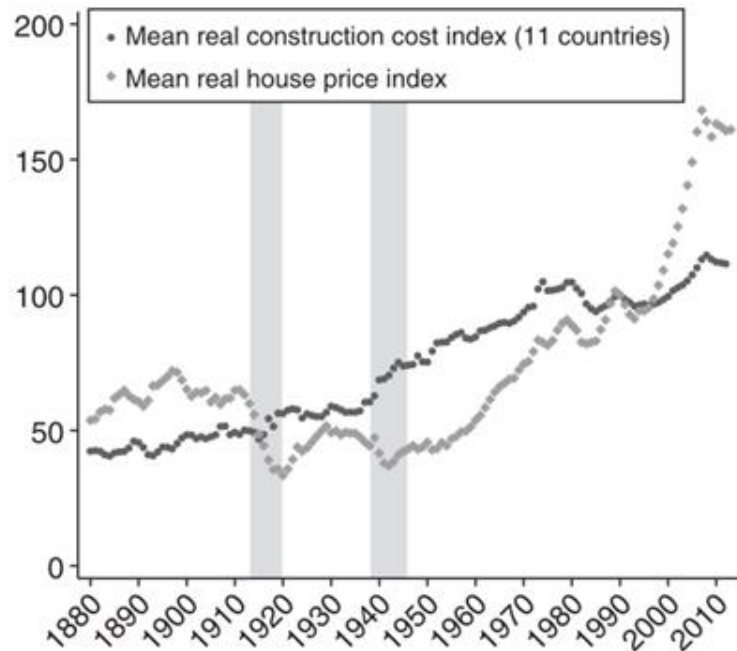
Localisation, accessibilité, qualité du voisinage physique et social, relief...

Valeurs immobilières

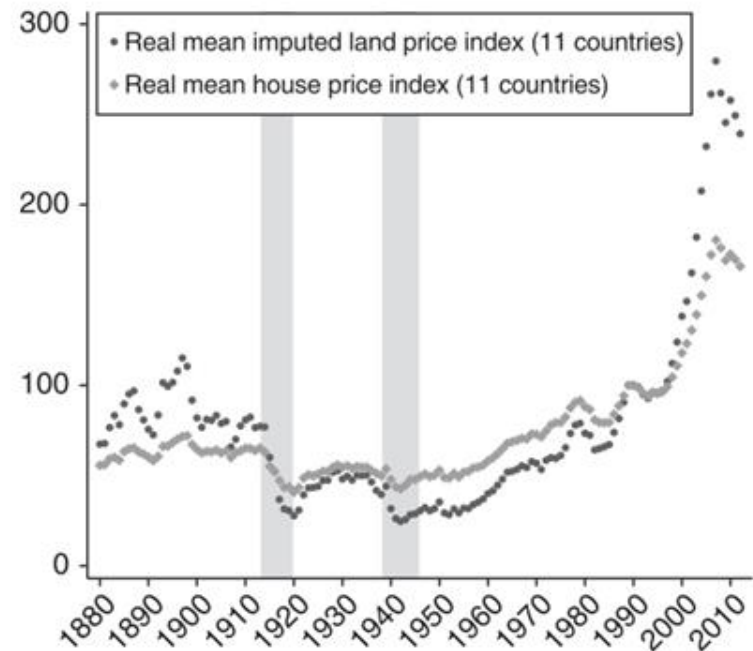


# Quelle part du foncier ?

## Coûts de construction versus Prix des maisons



## Prix des terrains versus Prix des maisons

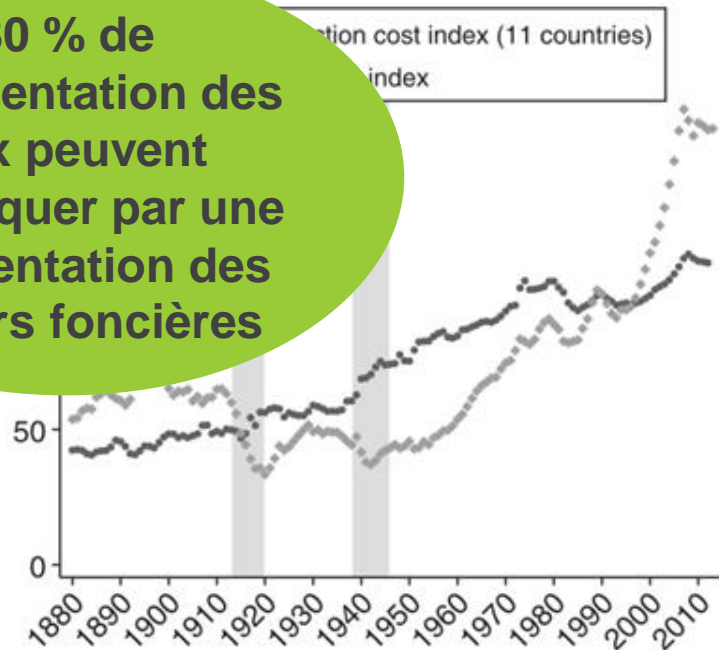


Décomposition prix du terrain et coûts de construction dans 11 pays de l'OCDE (Knoll *et al.*, 2017, p. 345)

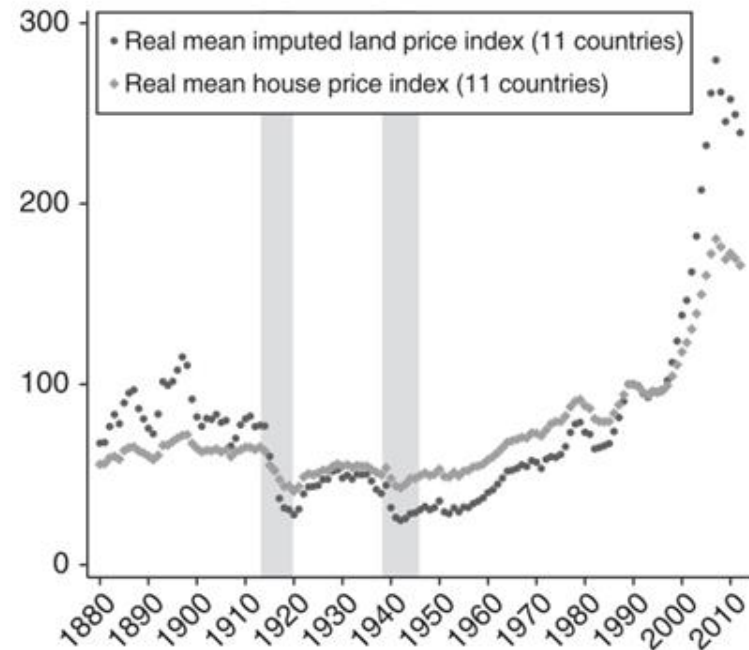
# Quelle part du foncier ?

Coûts de construction  
*versus*  
Prix des maisons

80 % de  
l'augmentation des  
prix peuvent  
s'expliquer par une  
augmentation des  
valeurs foncières



Prix des terrains  
*versus*  
Prix des maisons



Décomposition prix du terrain et coûts de construction dans 11 pays de l'OCDE (Knoll *et al.*, 2017, p. 345)



2

Quelles sont les causes de l'augmentation des valeurs et quelle est la part du foncier dans cette hausse ?



3

Quel impact d'une limitation de l'offre foncière ?

3

Quel impact d'une limitation de l'offre foncière ?

Contexte de marché libéralisé

+

Instruments politiques peu développés pour du logement  
abordable



**↗ des problématiques d'abordabilité du logement,  
de ségrégations socio-spatiales, de polarisations  
socio-spatiales et de justice spatiale**



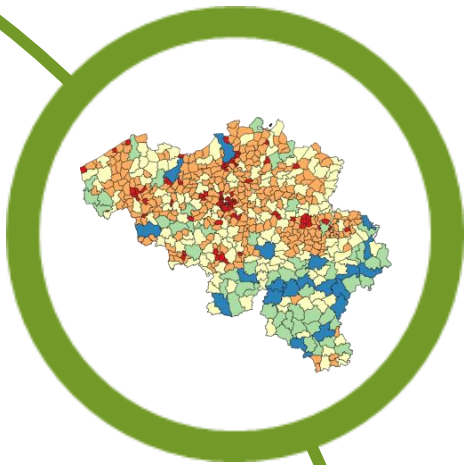
Intérêt d'un bon état des lieux et d'une compréhension  
fine des dynamiques



3

Quel impact d'une limitation de l'offre foncière ?





## II. Cartographie des valeurs

**1**

Pourquoi ?

# Pourquoi ?

## Une cartographie des valeurs foncières au service d'une meilleure compréhension du marché immobilier résidentiel

### → Le foncier porte-t-il effectivement l'augmentation des prix de l'immobilier ?

- Si oui, dans quelles mesures et quelles sont les différences régionales ?
- Cette tendance a-t-elle évolué dans le temps ?
- Meilleure compréhension des effets des facteurs d'influence (échelles inter/intra-marché, variabilité spatiale de ces effets...)

### → Puisque le ZAN risque d'avoir effectivement des effets notables sur le prix du logement et les problématiques déjà présentes, connaître correctement la situation initiale semble essentiel

- Quels effets de la disponibilité foncière sur le prix ?
- Peut-on simuler les effets du ZAN sur le prix et donc sur l'accès au logement ?

# Les objectifs concrets

## Le foncier porte-t-il effectivement l'augmentation des prix de l'immobilier ?

- **Différencier** les valeurs foncières et immobilières, **même pour les parcelles déjà construites** → **Disposer d'une cartographie des valeurs foncières**

$$y = \beta_{c1}x_{c1} + \beta_{c2}x_{c2} + \dots + \beta_{t1}x_{t1} + \beta_{t2}x_{t2} + \dots + \varepsilon$$

Prix d'un bien  
immobilier

Variables liées à la  
construction

Variables liées au  
terrain

$$y = y'_{construction} + y'_{terrain} + \varepsilon$$

$$y'_{terrain} = y - y'_{construction} - \varepsilon$$

# Les objectifs concrets

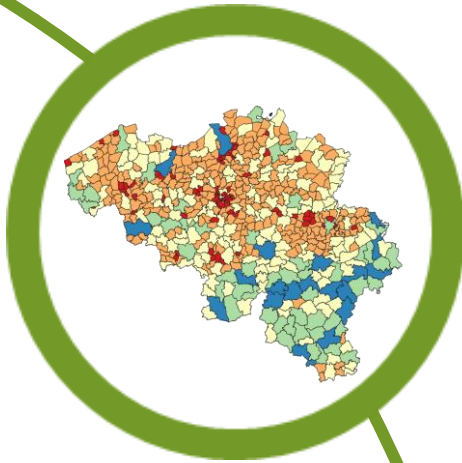
---

## Le foncier porte-t-il effectivement l'augmentation des prix de l'immobilier ?

- **Différencier** les valeurs foncières et immobilières, **même pour les parcelles déjà construites** → **Disposer d'une cartographie des valeurs foncières**
- Meilleure compréhension de l'effet de variables sur le prix dans le temps et dans l'espace, **dont la disponibilité foncière**

## Quels effets du ZAN ? Quelle situation initiale ?

- Jusqu'à présent, quels effets de la disponibilité foncière sur le prix ?
- **Simuler la mise en application du ZAN** en modifiant la variable de disponibilité foncière



## II. Cartographie des valeurs

1

Pourquoi ?



2

Quelles données?

# Variables et données



## NIV. I – Échelle de la parcelle – Ensemble de la Belgique

### Données de ventes (2009 à 2020) obtenues auprès du SPF Finances

- CADNET (2009 – 2014) et STIPAD (2015-2020)  
Méthodologies et relevés différents
- Problématique de mise à jour des données
- Problématiques liées au cadastre (multi-parcelles, multipropriétaires...)
- ~~Année Covid 2020~~
- 92 000 observations pour 2019 - < 30000 pour 2009

**avec** caractéristiques du bien et de la parcelle (m<sup>2</sup>, nbre façades, pièces, jardin...)

# Variables et données



## NIV. I – Échelle de la parcelle – Ensemble de la Belgique

**Données de ventes (2009 à 2020) obtenues auprès du SPF Finances avec caractéristiques du bien et de la parcelle (m<sup>2</sup>, nbre façades, pièces, jardin...)**

**Sources diverses** : nuisances sonores, accessibilité au centre d'emploi, à une gare, pente du terrain, **disponibilité foncière**... ;

➔ Problématique de concordance des données entre régions :

- Modèles numériques de terrain et de pente ;
- Caractérisation légale et méthode de détermination des zones inondables et des relevés de bruits ;
- Caractérisation de l'offre foncière avec des législations différentes
- ....



# Variables et données

## NIV. I – Échelle de la parcelle – Ensemble de la Belgique

**Données de ventes (2009 à 2020) obtenues auprès du SPF Finances avec caractéristiques du bien et de la parcelle (m<sup>2</sup>, nbre façades, pièces, jardin...)**

**Sources diverses** : nuisances sonores, accessibilité au centre d'emploi, à une gare, pente du terrain, **disponibilité foncière**... ;

## NIV. II – Secteurs statistiques/quartiers :

**Sources diverses** : revenus, qualité du bâti, environnement, part de nature, aspects de valorisation sociale divers... ;

## NIV. III – Commune :

**Sources diverses** : cadre social et économique, ... ;



# Variables et données

---



15 variables testées pour expliquer le prix de la parcelle de terrain



21 variables testées pour expliquer le prix du bien immobilier (6 variables de construction + 15 variables de terrain)



2

Quelles données?



3

Quelles méthodes ?

# Les problèmes à résoudre

---

## Problématique des données

- Données du cadastre belge de faible qualité et peu mises à jour
- Différentes échelles des données
- Non uniformité de la répartition des observations

## Problématiques liées à l'utilisation d'OLS classiques

- Hétérogénéité spatiale de l'effet de **certaines** variables sur le prix du logement (ex: taille de la parcelle)
  - Pas de prise en compte de la plus grande « ressemblance » probable entre deux entités proches qu'entre deux entités éloignées
- ➔ Besoin de définir l'étendue du marché immobilier étudié *a priori*



# Les r

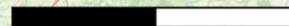
Anvers

Bruxelles

Liège

$R^2 \approx 0,50$  (avec zones d'étude relativement restreinte)

0 25 50 km



# Les modèles GWR

## GWR

- Autorise la **variation des coefficients de régression**  $\beta_j$
- Calibre un modèle de régression distinct en chaque point grâce à un système « d'emprunt de données » qui pondère les observations servant de point de régression sur la base de leur distance les unes par rapport aux autres

$$y_i = \sum_{j=0}^m \beta_j(u_i, v_i) x_{ij} + \varepsilon_i$$

Avec  $n$  observations où  $i \in \{1, 2, \dots, n\}$  localisées en  $(u_i, v_i)$   
 $x_{ij}$  étant le  $j^{\text{ème}}$  variables indépendante et  $\beta_j(u_i, v_i)x_{ij}$  le  $j^{\text{ème}}$  coefficient  
 $\varepsilon_i$  le terme d'erreur  
 $y_i$  la variable dépendante (ici le prix)



# Les modèles GWR

## GWR

$$y_i = \sum_{j=0}^m \beta_j(u_i, v_i) x_{ij} + \varepsilon_i$$

Estimateur GWR pour les coefficients locaux au site  $i$

$$\hat{\beta}(i) = [X'W(i)X]^{-1}X'W(i)y$$

Avec  $X$ , une matrice de  $n$  par  $j$  variables indépendantes

$W = \text{diag}[w_1(i), \dots, w_n(i)]$ , la matrice de poids diagonale  $n$  par  $n$  qui pondère chaque observation en fonction de sa distance par rapport à l'emplacement  $i$

$\hat{\beta}(i)$ , le vecteur  $j$  par 1 des coefficients et  $y$ , le vecteur  $j$  par 1 de la variable dépendante



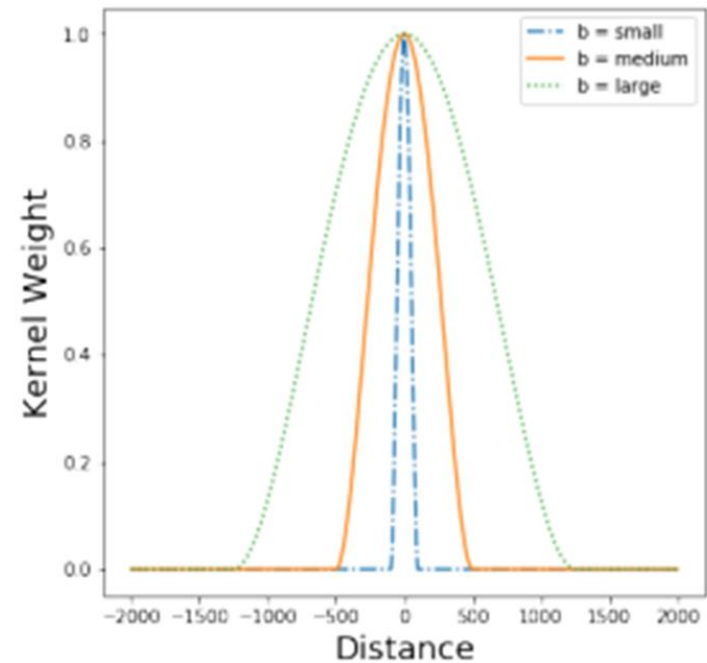
# Les modèles GWR

## GWR Construction de $W$

### Bisquare Kernel

#### Intérêt

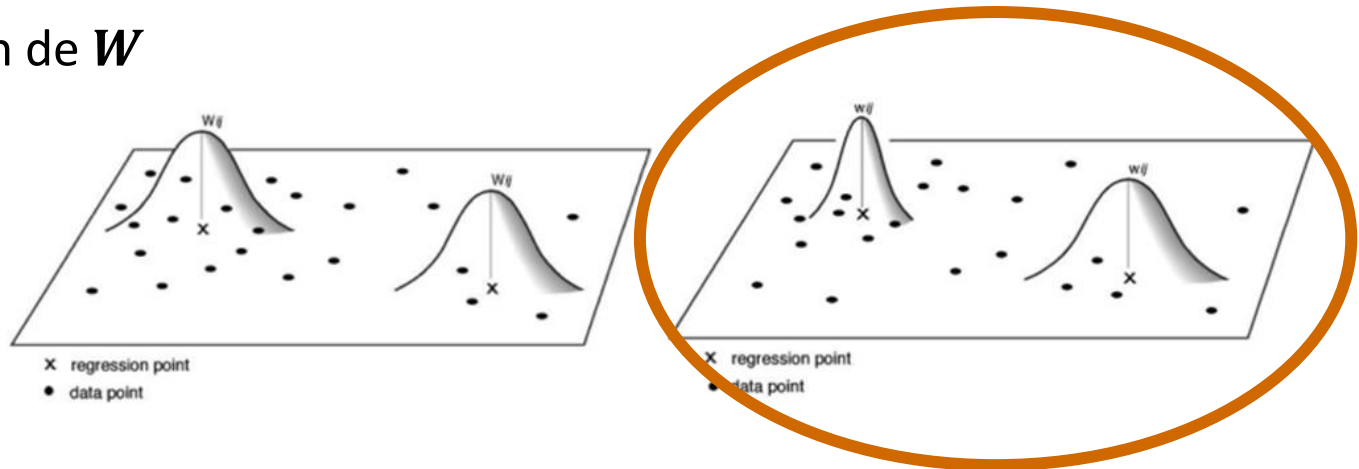
- L'influence  $w_{ij}$  des observations voisines sur le point  $i$  diminue avec la distance et est nulle une fois le nombre de voisins considérés par la bande passante dépassé
- **Diminue le temps de calcul dans le cas de grands échantillons**



# Les modèles GWR

## GWR Construction de $W$

### Adaptive Bandwidth Kernel



### Intérêt

- Gère mieux les zones d'étude de forme irrégulière, les distributions spatiales non uniformes des observations et les effets de frontières
- Basée sur le **nombre optimal de voisins** les plus proches

**GWR = taille de bande passante/nombre de voisin unique pour l'ensemble des variables indépendantes**

# Les modèles (M)GWR

## MGWR

Autorise la variation des coefficients de régression

ET une bande passante différente pour l'ensemble des variables considérées

$$y_i = \sum_{j=0}^m \beta_j(u_i, v_i) x_{ij} + \varepsilon_i \quad \longrightarrow \quad y_i = \sum_{j=0}^m \beta_{bwj}(u_i, v_i) x_{ij} + \varepsilon_i$$

Où  $bwj$  indique la bande passante utilisée pour calculer  $\beta$

Utilisation du Package python :

<https://mgwr.readthedocs.io/>

Voir aussi

<https://github.com/pysal/mgwr>

# Exemple

- 6783 maisons
- 19 variables + intercept

**OLS**

**$R^2 = 0,53$**



**GWR**

Nombre de voisins : 624

**$R^2 = 0,62$**



**MGWR**

Variables	Nombre de voisins
voiture_gare_pr	199
voiture_BXL	4846
voiture_GDL	4612
temps_pied	6097
taux_offre	6482
prop_nature	6782
bruit	6751
socioEco1	2863
socioEco2	1227
socioEco3	6782
shape_Area	236
pente_terrain	5798
zone_inond	6782
surf_hab	60
nb_facades	2096
age	866
garages	236
SDB	1070
nbre_lgmt	769

**$R^2 = 0,71$**

# Exemple

**GWR**

Nombre de voisins : **624/6783**

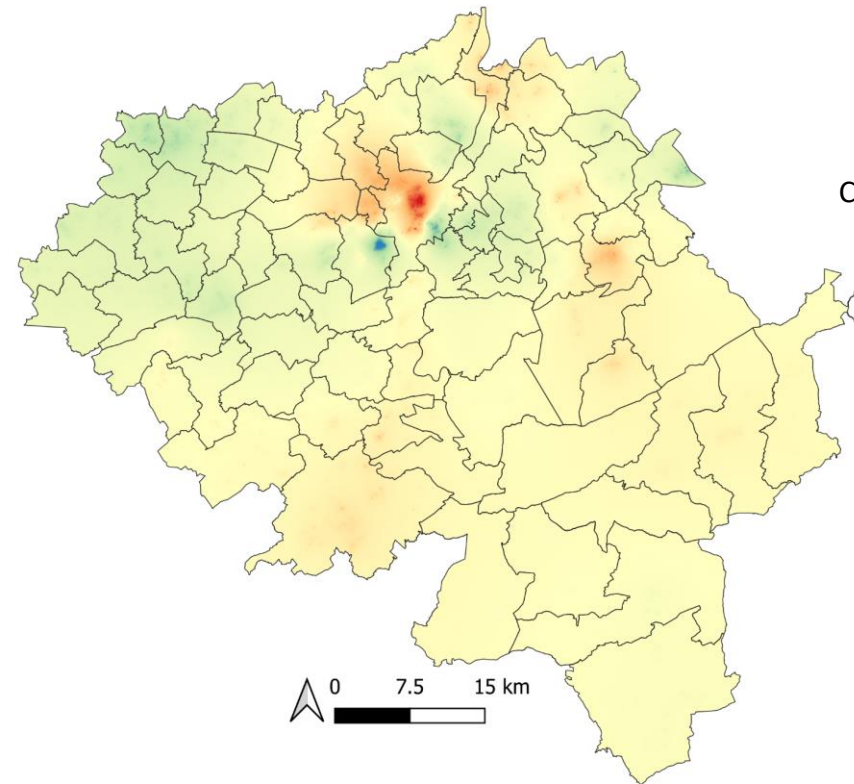
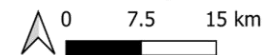
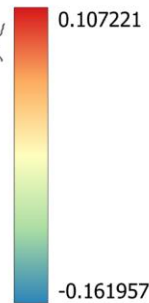
**$R^2 = 0,62$**

**MGWR**

Nombre de voisins : **6482/6783**

**$R^2 = 0,71$**

Coefficient  $\beta$   
Taux d'offre



# Exemple

**GWR**

Nombre de voisins : **624/6783**

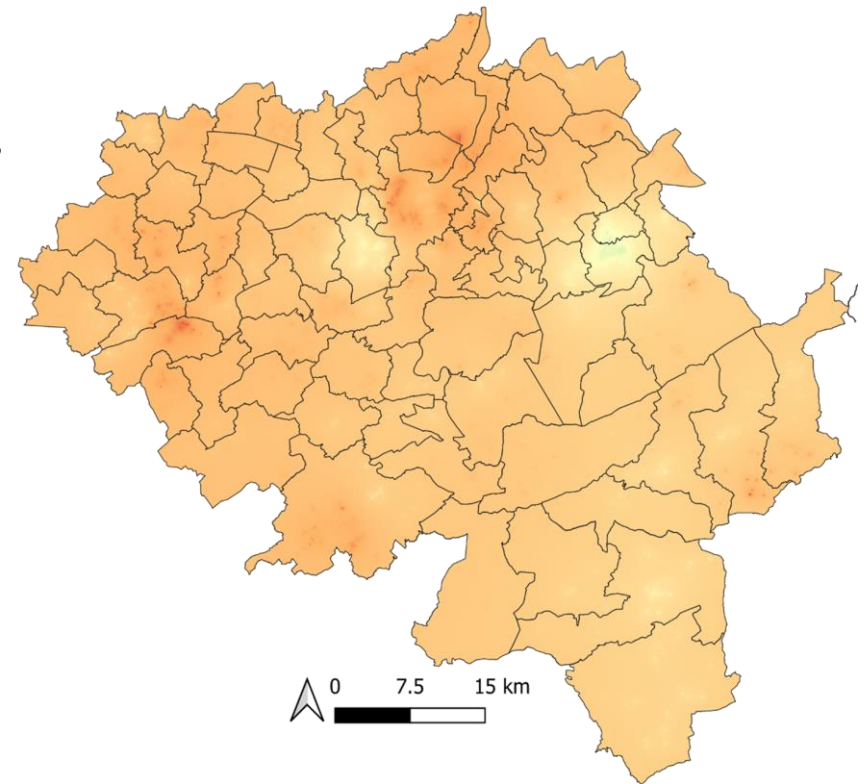
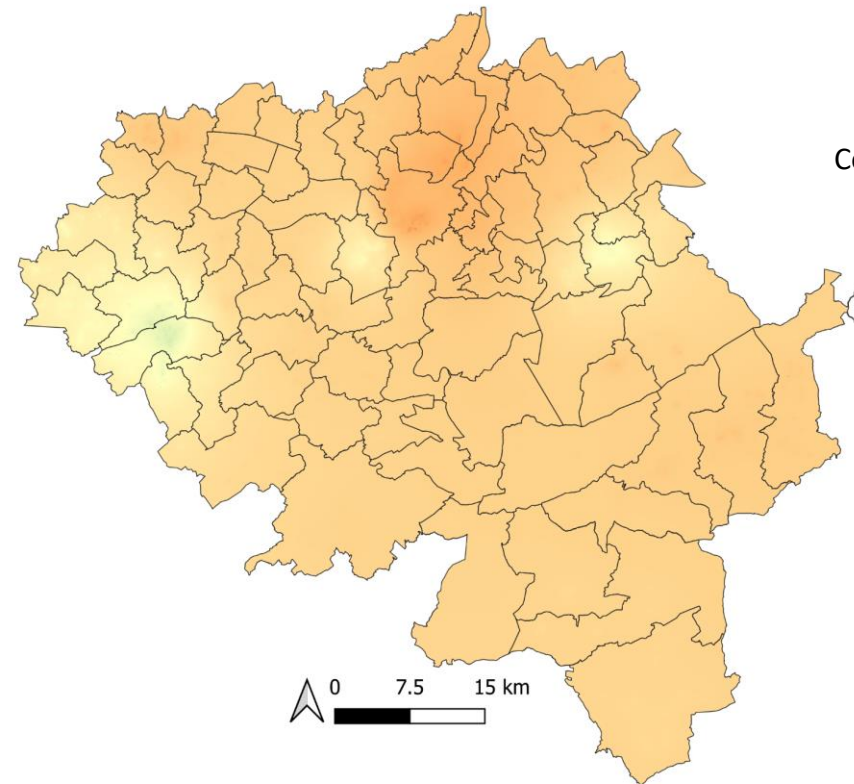
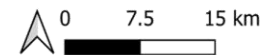
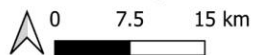
**$R^2 = 0,62$**

**MGWR**

Nombre de voisins : **60/6783**

**$R^2 = 0,71$**

Coefficient  $\beta$   
Surface habitable



# Les problèmes des MGWR

---

## MGWR

Bien que plus performants, les modèles MGWR sont cependant **très exigeant en termes de calcul** et donc de temps pour leur réalisation

### À titre d'exemple - Serveur 16 CPU

- 14 600 parcelles de terrains (2019) + 15 variables  
= 6 jours de traitement
- 92 000 biens immobiliers (2019) + 21 variables  
> 20 jours de traitement (encore en cours)



**Identification des bandes passantes est la partie la plus longue**

# Pistes de solutions

---

## MGWR

Bien que plus performants, les modèles MGWR sont cependant **très exigeant en termes de calcul** et donc de temps pour leur réalisation

- L'identification des bandes passantes est la partie la plus longue
- La réalisation de cette étape pour les terrains uniquement montre des bandes passantes sensiblement similaires au cours des années :



**Utilisation d'un super ordinateur (>2000 CPU) pour le calcul des bandes passantes des biens immobilier pour 2019 et application des bandes passante trouvées à tous les futurs modèles de l'immobilier**



# Objectifs en cours/à venir

---

1

## **Modèles MGWR et GWR pour 2019**

→ Détermination des bandes passantes et analyse des apports du MGWR

2

## **Détermination d'un *Best Model* (suppression des variables inutiles)**

→ Différenciation possible du prix du foncier et du prix de l'immobilier

3

## **MGWR pour les terrains et biens immobiliers pour 2016, 2013, 2010**

→ Evolution de la significativité des variables dans le temps et dans l'espace

4

## **Tenter une simulation de la mise en application du ZAN**

→ Etude des effets sur le prix des terrains et des biens immobiliers

5

**Exploration des *Repeat Sales* → Éclairage nouveau sur les précédentes analyses**

**Merci pour votre écoute**

# Bibliographie

- Fotheringham, A. S., Yang, W., Kang, W., Fotheringham, A. S., Yang, W., & Kang, W. (2017). *Multiscale Geographically Weighted Regression*. 4452. <https://doi.org/10.1080/24694452.2017.1352480>
- Bernier C., Fettweis R., Hendrickx S. & Halleux J-M. (2021). *Recherche 1 : intensification et requalification des centralités pour lutter contre l'étalement urbain. Volet 4 – Concilier la limitation de l'étalement urbain et l'accessibilité financière au logement*, CPDT, Rapport final, 93 p.
- Bibby, P., Henneberry, J., & Halleux, J. M. (2020a). Incremental residential densification and urban spatial justice: The case of England between 2001 and 2011. *Urban Studies*, 12 (en cours de publication). <https://doi.org/10.1177/0042098020936967>
- Bibby, P., Henneberry, J., & Halleux, J. M. (2020b). Under the radar? “Soft” residential densification in England, 2001–2011. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 47(1), 102–118. <https://doi.org/10.1177/2399808318772842>
- Caldera, A., & Johansson, Å. (2013). The price responsiveness of housing supply in OECD countries. *Journal of Housing Economics*, 22(3), 231–249. <https://doi.org/10.1016/J.JHE.2013.05.002>
- Cavailles J. (2018). Les raisons du boom international des prix immobiliers (1996-2007). *La revue foncière*, 22, pp. 13-18. <https://fonciers-en-debat.com/raisons-du-boom-international-des-prix-immobiliers/>, consulté le 10 janvier 2021.
- Cavicchia, R. (2021). Are Green, dense cities more inclusive? Densification and housing accessibility in Oslo. *Local Environment*, 26(10), 1250–1266. <https://doi.org/10.1080/13549839.2021.1973394>
- Commission européenne. 2011. *Feuille de route pour une Europe efficace dans l'utilisation des ressources*, Bruxelles.
- Debrunner, G., & Hartmann, T. (2020). Strategic use of land policy instruments for affordable housing – Coping with social challenges under scarce land conditions in Swiss cities. *Land Use Policy*, 99(June 1979), 104993. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104993>
- Gouvernement wallon. 2019. *Schéma de Développement du Territoire. Une stratégie territoriale pour la Wallonie*, Version rectificative du 14 mai 2019.
- Halleux, J-M. (2022). *Sobriété foncière et accessibilité financière au logement : perspectives européennes*. In, Comment garantir l'accès au foncier abordable à l'heure du ZAN, 14 juin 2022, Matins Aura, Séminaire en ligne.
- Knoll, B. K., Schularick, M., & Steger, T. (2017). No Price Like Home : Global House Prices , 1870 – 2012. *American Economic Review*, 107(2), 331–353.
- Reusens, P., & Warisse, C. (2018). Prix des logements et croissance économique en Belgique. *Revue Économique de La Banque Nationale*, décembre, 85–111. [https://www.nbb.be/doc/ts/publications/economicreview/2018/revecoiv2018\\_h5.pdf](https://www.nbb.be/doc/ts/publications/economicreview/2018/revecoiv2018_h5.pdf). Consulté le 20-10-21.
- Stone, M. E. (2006). What is housing affordability? The case for the residual income approach. *Housing Policy Debate*, 17(1), 151–184.