

# **Différencier la valeur du foncier de celle de l'immobilier pour appréhender les impacts du ZAN : une cartographie des valeurs foncières**

## *Differentiating the value of land from that of real estate to better understand the impacts of NNLT on housing affordability*

Charlotte BERNIER  
Université de Liège  
c.bernier@uliege.be  
0009-0004-1495-1832

### **Mots-clés**

Logement; abordable; MGWR; modélisation spatiale; ZAN.

### **Keywords**

Affordability ; housing ; MGWR ; spatial modelisation ; NNLT.

**Classification JEL** : R21; R31; C53.

### **Résumé**

Ces dernières décennies, les problématiques d'accès au logement se sont accentuées en Europe, principalement du fait de l'augmentation des prix. Les causes structurelles de cette hausse incluent une forte demande et une offre inélastique, accentuées par une hausse des valeurs foncières. La mise en application de la politique du Zéro Artificialisation Nette (ZAN) et la rareté foncière qu'elle implique risquent d'aggraver ces tendances. Afin d'objectiver le poids du foncier dans l'évolution prix du logement et développer des politiques publiques innovantes comme la capture de la plus-value foncière, il est crucial de connaître la part du foncier dans les valeurs immobilières. De telles connaissances sont déjà récoltées et utilisées ailleurs dans le monde, mais leur système d'évaluation est difficilement applicable en Belgique. Pour ce faire, nous explorons les capacités des régressions géographiquement pondérées et multi-échelles (MGWR) à produire ce genre de connaissances à l'aide de données préexistantes. Les résultats sont prometteurs.

### **Abstract**

In recent decades, housing affordability challenges have intensified in Belgium and Europe due to rising prices. Structural factors driving these increases include high demand and insufficient supply responsiveness, compounded by escalating land values. While construction costs are often cited by industry experts as a primary driver of price hikes, research indicates that the increase of land values plays a more significant role. This discrepancy underscores the need to objectively assess the impact of land dynamics on housing values, particularly since the implementation of the No Net Land Take Policy (NNLT) and the resulting scarcity of land are likely to exacerbate these trends.

To accurately assess the impact of land on housing price dynamics and develop innovative public policies such as land value capture, understanding the role of land in housing values is

crucial. This requires, among other things, a detailed mapping of land values, enabling us to establish the respective shares of land and real estate values in the increase in housing prices. Countries like Germany, Sweden, and Taiwan have leveraged differentiated land taxation systems based on such insights. However, adapting these evaluation systems in Belgium would be very challenging because may be expensive and it requires the implication of local real estate experts. In this context, we are exploring the capabilities of geographically weighted regressions at multiple scales (MGWR) to derive these insights using existing data. Initial findings show promise in modeling spatially varying relationships affecting housing and land prices. However, the application of MGWR requires substantial computational resources.

### **Points clés (en français uniquement)**

- Les principales causes de la hausse des prix du logement sont la croissance des valeurs foncières, de la demande et une offre inélastique.
- Le ZAN risque d'entraîner une hausse des prix du logement sans politique publique adéquate.
- La plupart des outils de promotion du logement abordable nécessitent de connaître les valeurs foncières.
- Les MGWR ont de bonnes capacités de modélisation des prix du logement mais représentent un défi technique de taille.

**-1-**

## **Introduction**

L'objectif *No Net Land Take* (NNLT) promulgué par la Commission européenne (2011) soulève de nombreux enjeux politiques et opérationnels. Si chaque pays se charge de son implémentation locale, avec des appellations telles que « Zéro Artificialisation Nette » (ZAN) ou « Stop-Béton », une question est présente partout : quel sera l'impact potentiel du NNLT sur les marchés immobiliers, à l'heure où l'accès au logement suscite des inquiétudes croissantes, et où les populations peu favorisées font déjà face à des difficultés croissantes d'accès à un logement décent ? (OCDE, 2021).

La mise en œuvre du ZAN réduira en effet les opportunités de développements résidentiels sur les terrains vierges et risque d'impacter l'offre de logements. Sans un soutien approprié des politiques publiques, cela pourrait conduire à une flambée des prix de l'immobilier, en particulier dans les contextes où la demande en logement est croissante.

Afin de clarifier cette problématique, la première partie de cet article est dédiée à l'identification des effets suspectés d'une limitation de l'offre foncière sur les marchés du logement. Pour ce faire, nous commencerons par un bref point sur la question de la crise actuelle de l'accessibilité au logement et les principales causes historiques de l'augmentation des valeurs immobilières. Dans ce cadre, nous explorons la part du foncier dans l'évolution des prix immobiliers de ces dernières décennies. Forts de ces enseignements les effets probables de la rareté foncière sur les prix de l'immobilier résidentiel sont présentés, à l'aide de retours d'expérience de pays au sein desquels des restrictions foncières sont mises en application depuis de nombreuses années. Quelques pistes de réflexions pour promouvoir du logement abordable sont ensuite présentées.

Les divers constats de cette première partie aboutissent à la conclusion de la nécessité de disposer de connaissances fines des valeurs foncières et immobilières, ce qui introduit la deuxième partie de cet article. Quelques éléments de systèmes de monitoring des valeurs foncières et immobilières à l'étranger sont ensuite présentés et servent d'introduction à notre

décision d'utiliser des régressions géographiquement pondérées et multi-échelles (MGWR) (Oshan *et al.*, 2019) pour réaliser notre cartographie des valeurs. L'intérêt de cette méthode et ses aspects techniques sont ensuite présentés, ainsi que nos premiers résultats. Pour finir, nous concluons avec les avantages mais aussi les problématiques et défis posés par cette méthode.

-2-

## **Les effets suspectés d'une limitation de l'offre foncière sur les marchés du logement**

Afin de clarifier les effets probables d'une limitation de l'offre foncière sur le logement, il est d'abord opportun de faire le point sur les problématiques actuelles d'accessibilité.

### **2.1. La crise de l'accès au logement**

Les ménages consacrent une part croissante de leur budget au logement. En Belgique, cette part est passée en moyenne de 26,2 % à 31,8 % entre 1999 et 2020 (Eurostat, 2024). Cela implique qu'une proportion croissante des ménages fait face à des coûts de logement disproportionnés, en particulier pour les revenus les plus faibles, pour lesquels 30 % de budget dédié à au logement représentent un fardeau financier bien plus important que pour les revenus plus élevés, car il limite drastiquement leur budget résiduel pour faire face aux autres nécessités de la vie. L'OCDE (2021) met en évidence qu'une part croissante de la classe moyenne est désormais confrontée à des problèmes d'accessibilité financière.

Cette augmentation générale de la part des dépenses consacrées au logement résulte directement de la hausse globale des prix de l'immobilier. Les résultats de la recherche de Knoll *et al.* (2017, p. 339), sur des séries temporelles longues de 1970 à 2012 pour 14 pays de l'OCDE, montrent que cette tendance à la hausse des prix de l'immobilier résidentiel a commencé dès les années 1950. C'est également le cas en Belgique (Reusens et Warisse, 2018).

Pour expliquer cette évolution des prix immobiliers, nous distinguons deux approches complémentaires. La première analyse la hausse structurelle et ancienne de cette croissance des prix et lie ces mouvements à ceux d'une série de facteurs macroéconomiques, tandis que la seconde repose sur l'idée qu'un logement est la combinaison de deux biens de natures différentes avec, d'une part, le foncier, ressource naturelle non reproductible et, d'autre part, la structure bâtie (techniquement) reproductible.

#### **2.1.1. Composante structurelle de la hausse des prix de l'immobilier résidentiel**

La tendance à la hausse des prix est essentiellement structurelle et liée à l'augmentation de la demande (Reusens et Warisse, 2018). Depuis les années 1950, la demande a en effet fortement augmenté en raison de divers facteurs tels que la croissance de la population, une réduction de la taille des ménages et la croissance des revenus après inflation (Knoll *et al.*, 2017). Au cours des dernières décennies, la financiarisation du logement et une réduction importante des taux hypothécaires ont également joué un rôle majeur dans le renforcement de la demande (Aalbers, 2016, Reusens et Warisse, 2018).

L'incidence de la demande sur le prix des logements dépend cependant de la mesure dans laquelle l'offre s'y adapte (Cavailhes, 2018). Dans certains cas, le secteur de la construction ne répond pas suffisamment à l'augmentation de la demande. On dit alors que l'offre est inélastique, c'est-à-dire qu'il existe une latence de la réactivité du secteur de la construction vis-à-vis de l'augmentation de la demande. Cela crée un déséquilibre entre l'offre et la demande et fait ainsi, mécaniquement, augmenter les prix. Diverses raisons peuvent expliquer la faible réactivité du secteur de la construction. Elle peut résulter de contraintes géographiques qui limitent les terrains aménageables pour l'habitation, mais aussi de réglementations sur l'aménagement du territoire ou de politiques foncières incapables de limiter la rétention des propriétaires fonciers (Cavailhes, 2018). Certains acteurs de l'immobilier dénoncent également

le fait que les permis de construire sont de moins en moins rapidement délivrés ou accessibles, entravant ainsi la réactivité du secteur de la construction (Build Europe, 2022).

Rappelons cependant que, si le manque de réactivité du secteur de la construction explique en partie l'augmentation des prix, les enjeux en matière d'accessibilité financière ne se limitent pas aux seules questions d'inélasticité de l'offre. Les pays affichant les plus fortes élasticités ne sont en effet pas exempts d'importants problèmes d'accès du logement (Caldera et Johansson, 2013). L'inégale répartition des richesses et les inégalités socio-spatiales au sens large sont également à considérer pour expliquer la crise de l'accessibilité au logement en Europe.

### 2.1.2. Le logement, un bien combinatoire

Une autre approche pour comprendre la formation et l'évolution du prix du logement est de considérer les biens immobiliers comme la combinaison de sa structure bâtie et du terrain sur laquelle elle repose. Par extension, le prix d'un logement peut également être décomposé entre le prix du terrain et le coût de remplacement de sa structure, c'est-à-dire les coûts de construction. Cette méthode d'analyse est intéressante dans le cadre de la mise en application du ZAN, puisqu'il implique une rareté de la ressource foncière et pose la question de l'impact du foncier dans l'évolution des prix du logement. Knoll *et al.* (2017) et Reusens et Warisse (2018) mettent évidence l'utilisation de cette méthode au vu des tendances non-similaires que suivent les prix des maisons par rapport aux prix des coûts de construction (Figure 2). Notons qu'en Belgique, l'indice ABEX mesure l'évolution du coût de la construction d'habitations et de logements privés. Il sert donc ici de référence pour le coût de construction des maisons.

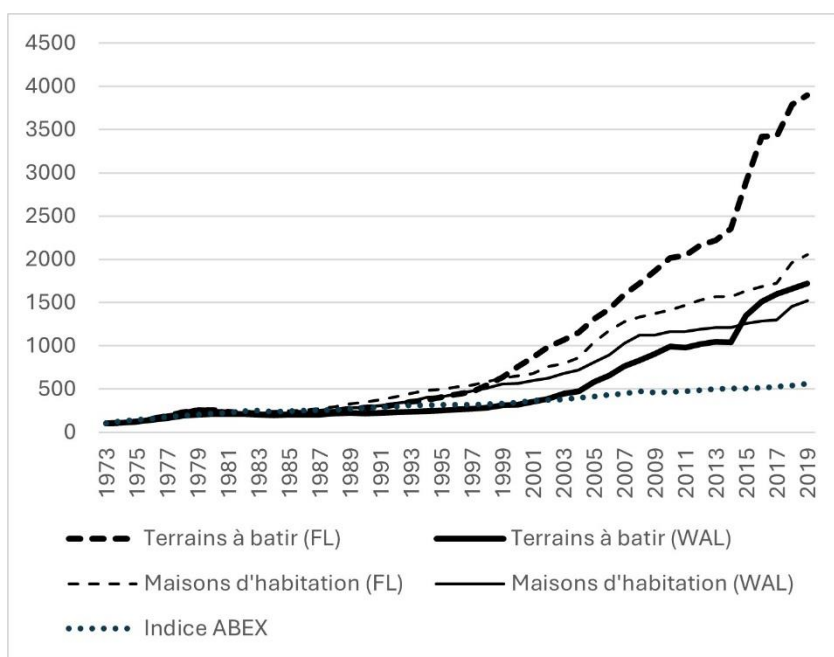


Figure 2 : Evolution du prix médian des terrains et des maisons d'habitation en Wallonie et en Flandre et des coûts de construction (1973-2019, 1973 = 100) (Sources : StatBel, 2023 ; SPF Finances)

Lorsqu'ils sont interrogés sur le sujet de l'évolution à la hausse des prix du logement, les acteurs du secteur de la construction mettent souvent en exergue l'évolution des coûts de construction et, en particulier, l'évolution des normes – notamment énergétiques – auxquels ils sont soumis (Bernier *et al.*, 2021 ; Bavay, 2017). Bavay (2017), qui a spécifiquement étudié cette question pour la France, n'a cependant pas pu confirmer cette idée selon laquelle les normes imposées aux constructeurs représentent une explication significative de la tendance haussière des valeurs immobilières résidentielles.

À l'inverse, Knoll *et al.* (2017, p. 345) montrent, à l'aide de longues séries temporelles réalisées pour 11 pays de l'OCDE, que le foncier a un impact majeur dans l'augmentation des

prix du logement. L'idée est que la fonction de production de l'immobilier peut être assimilée à une fonction de production de type Cobb-Douglas composée de deux facteurs de production, soient le terrain (Z) et les structures résidentielles (X), telles que :

$$F(Z_t, X_t) = (Z_t)^\alpha (X_t)^{1-\alpha}$$

Où  $\alpha$  est un paramètre constant dont la valeur est comprise entre zéro et l'unité<sup>1</sup>.

En décomposant de cette manière le prix du logement en valeur de remplacement du bien et en valeur du terrain, il apparaît qu'environ 80 % de l'augmentation des prix réels des logements au cours de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle dans ces 11 pays peut s'expliquer par une augmentation des valeurs foncières (Knoll *et al.*, 2017, p. 345). En appliquant un calcul similaire à la Belgique entre 1973 et 2014, Reusens et Warisse (2018) obtiennent des résultats similaires, avec 74 % de la part de la hausse du prix des logements imputable à la croissance du prix des terrains en Flandre, contre 54 % en Wallonie. Ils mettent également en évidence que la croissance du prix des terrains est positivement corrélée à la densité de population, et donc possiblement à la rareté foncière. Il s'agit d'un résultat important dans l'évaluation de l'impact probable du ZAN sur l'accessibilité financière au logement et dans la réflexion sur la manière dont les politiques publiques en faveur du logement abordable devraient être conçues.

La reproduction de cette démarche pour l'ensemble de la Belgique pour la période 1973-2015 (Figure 3), montre cependant une grande variabilité de la part de la croissance du prix des terrains dans la hausse du prix des maisons, même si la tendance de fond reste la même que celle observée par Reusens et Warisse (2018). En Flandre et en Wallonie, la Figure 4 de la part de la croissance des prix des logements en imputable à la hausse du prix des terrains (pour la période 1973-2019 et selon notre utilisation de la fonction de Cobb-Douglas) montre par contre des résultats équivalents à ceux de Reusens et Warisse (2018). On observe également une tendance à la hausse de la part des terrains dans la croissance des prix des maisons, de manière un peu plus soutenue en Flandre, où le foncier se fait plus rare et où la demande est plus forte, qu'en Wallonie. Les résultats pour la région de Bruxelles-Capitale sont par contre à l'opposé de ceux attendus, et cela peut s'expliquer de plusieurs manières. Premièrement, l'utilisation de cette fonction de Cobb-Douglas est sujette à réflexion car la variation du paramètre  $\alpha$  dans l'équation amène des variations non-négligeables dans les résultats obtenus, bien que Reusens et Warisse (2018) déclarent que les résultats « *demeurent [...] robustes si on fait varier la valeur de ce paramètre dans des limites raisonnables* ». De plus, cette utilisation de la fonction de Cobb-Douglas semble donner de meilleurs résultats à une échelle macro. Pour finir, notons que Bruxelles disposant de très peu de terrains vierges, le nombre de transactions sur lesquelles se baser est assez limité.

Cette analyse comporte donc un certain nombre de défauts méthodologiques non-négligeables lorsqu'il s'agit de disposer d'une compréhension fine du rôle du foncier dans la formation des prix de l'immobilier résidentiel. De plus, elle ne donne que la part de l'évolution des prix de l'immobilier résidentiel imputables à l'évolution des prix des terrains. Elle ne donne en aucun cas la *part du terrain dans le prix de l'immobilier*. Or une meilleure compréhension de l'impact du foncier dans l'évolution des prix du logement dans le cadre de la mise en application du ZAN passe également par-là.

---

<sup>1</sup> Plus d'informations sur la méthode sont disponibles chez Knoll *et al.* (2017, p. 345) et Reusens et Warisse (2018). Dans le cas de notre analyse, un  $\alpha$  de 0.6 a été utilisé.

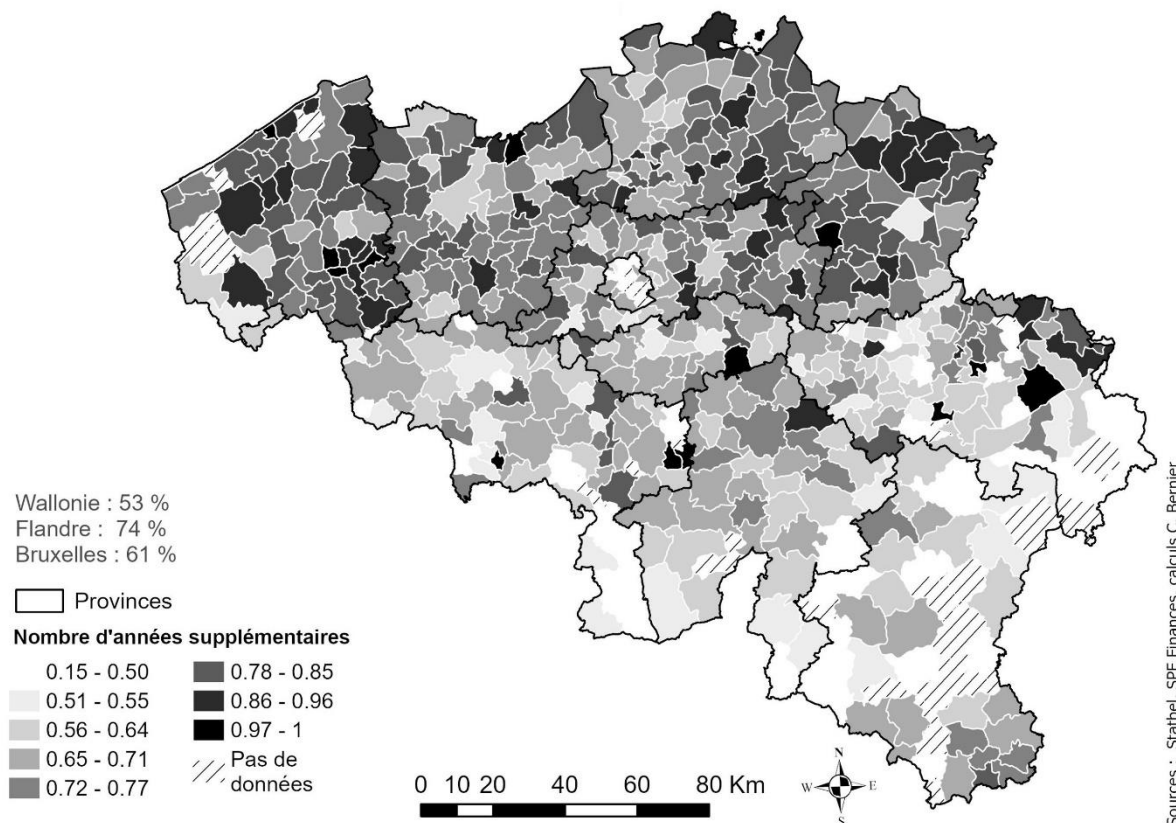


Figure 3 : Part de la croissance des prix des maisons imputables à la hausse des prix des terrains (1973-2015, fonction de Cobb-Douglas)

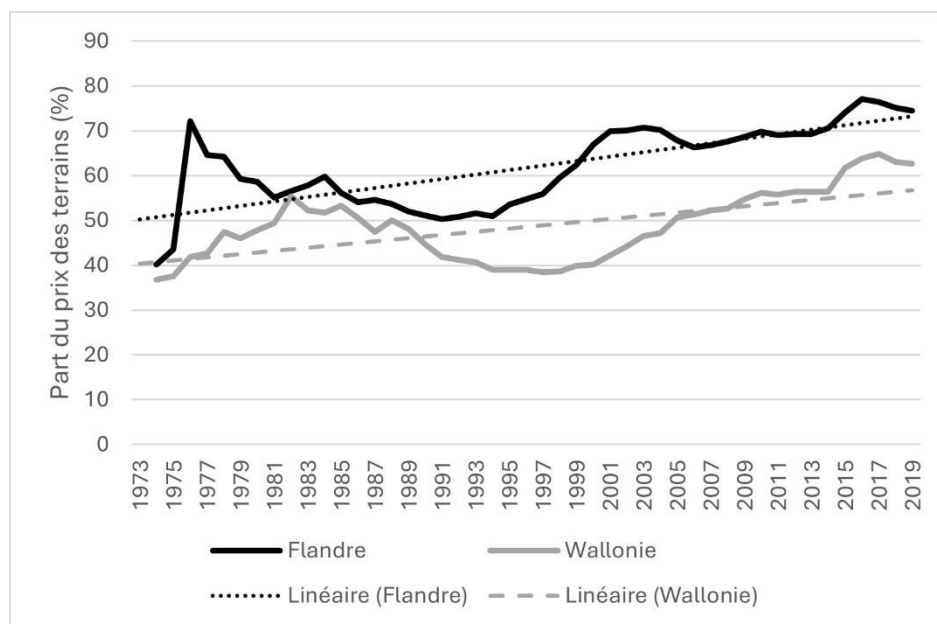


Figure 4 : Part de la croissance des prix des logements en Wallonie et en Flandre imputable à la hausse du prix des terrains (fonction Cobb-Douglas, 1973-2019)

## 2.2. Les effets de la rareté foncière sur les valeurs immobilières

Comme mentionné dans l'introduction, la mise en œuvre du ZAN limitera la possibilité de développer de nouvelles constructions sur des terrains vierges et provoquera, *de facto*, une certaine rareté foncière. Le ZAN est donc couramment décrié car il pourrait entraîner une augmentation des prix de l'immobilier en raison d'une limitation de l'offre de logements.

Notre revue de la littérature montre cependant que la question est beaucoup plus complexe. En effet, les recherches en matière d'aménagement du territoire sur les relations entre les prix des logements et la limitation de l'offre foncière ne conduisent pas à des conclusions simples. Notre interprétation de cette observation est que, comme le fonctionnement des systèmes de planification varie considérablement, la manière dont ils affectent les marchés du logement dépend dans une large mesure du contexte (Halleux *et al.*, 2024).

Les travaux traitant spécifiquement des relations entre restriction de l'offre foncière et justice sociale en Europe sont plutôt rares. On retrouve plus particulièrement de la littérature sur ce sujet dans les pays où l'application du paradigme de la ville compacte a significativement limité les disponibilités en terrains vierges. Parmi ces pays, l'on trouve notamment la Norvège et le Royaume-Uni. Si ces deux pays apparaissent comme des réussites vis-à-vis de la lutte contre l'étalement urbain (Næss *et al.*, 2011 ; Bibby *et al.*, 2020a, 2020b), force est de constater que ces réussites posent question en termes d'accessibilité financière au logement.

Entre la Seconde Guerre mondiale et les années 1980, la Norvège a ainsi développé un interventionnisme important en matière de logement. Cette politique reposait sur une réglementation stricte des prix, des allocations de la Banque nationale du logement ainsi que sur la construction d'un stock important de logements abordables par OBOS, un organisme fournisseur de logements sociaux (Sandlie et Gulbrandsen, 2017). À partir des années 1980, le tournant néo-libéral a fortement impacté la Norvège. Cela a conduit à un désengagement des politiques publiques en matière de logement. Le prix du logement a ainsi été déréglementé, une grande partie des propriétés municipales a été vendue à des entreprises privées et OBOS a adopté une stratégie de marché. Le parc immobilier communal est désormais résiduel (3,3 %) et Oslo, en particulier, manque d'un secteur public de logements, avec un marché locatif dépendant uniquement de propriétaires privés à but lucratif (Nordahl, 2014 ; Cavicchia, 2021). En Norvège, la conjonction de l'application du modèle de la ville compacte et de la libéralisation des marchés semble ainsi à l'origine d'une accentuation des polarisations sociales et spatiales, et cela particulièrement à Oslo (Andersen et Skrede, 2017 ; Cavicchia, 2021).

La même conjonction entre limitation de l'offre foncière et dérégulation a été observée au Royaume-Uni. Dans ce pays, à partir des années 1950, l'un des principaux objectifs du système d'aménagement du territoire a été d'endiguer les zones urbaines. Pour autant, les prix des logements sont restés relativement stables du fait de la construction d'une offre substantielle de logements sociaux, cela jusqu'au début des années 1980. Tout en renforçant sa politique de lutte contre l'étalement urbain, l'État a alors fait volte-face dans sa stratégie et s'est de plus en plus appuyé sur le secteur privé pour fournir du logement. Malgré l'effet atténuant de l'offre préexistante en logements sociaux abordables, la faible offre foncière associée à une hausse continue de la demande, soutenue par la croissance démographique et la réduction de la taille des ménages, a conduit à une hausse importante des prix du logement (Bibby *et al.*, 2020a, 2020b). Les réductions des prestations sociales, combinées à une dérégulation du secteur locatif privé, ont ensuite encore aggravé les problèmes d'accès au logement pour les populations à faibles revenus (Stephens et Stephenson, 2016).

Addison *et al.* (2013) ont également réalisé une revue de la littérature complète sur l'impact sur l'accessibilité financière au logement des *Smart Growth Policies* aux États-Unis, dont l'une des facettes est l'instauration de règles d'occupation du sol qui orientent la croissance dans des zones spécifiques et en rendant d'autres inconstructibles (Billard, 2010). Cette revue de littérature montre que de nombreuses initiatives de *Smart Growth Policies* ont conduit à une inflation des coûts du logement, réduisant ainsi l'accessibilité financière au logement pour les revenus faibles et modérés.

À la lumière des situations britannique et norvégienne et de la revue de la littérature américaine d'Addison *et al.* (2013), il devient évident que la conjonction d'une limitation de l'offre foncière et d'une politique néolibérale et désengagée de la question du logement

abordable exacerbe les problèmes d'accessibilité financière au logement et d'injustice socio-spatiale. Dans l'ensemble, les recherches soutiennent l'hypothèse que, sans politiques spécifiquement axées sur l'accès au logement, des politiques fortes de réduction de l'offre conduisent à une accentuation des problèmes en matière d'accessibilité financière au logement.

### **2.3. Quelques pistes de solutions**

Dans un contexte de marché libéralisé, il semble donc peu probable de répondre de manière adéquate à l'exacerbation des problématiques d'accès au logement engendrée par la mise en application de restrictions foncières si les instruments politiques pour promouvoir du logement abordable sont peu développés. Or, la mise en application d'une politique de limitation de l'artificialisation des terres reste nécessaire, en particulier pour des raisons environnementales patentées. Pour concilier la dimension écologique de la densification et la dimension sociale de l'accès au logement et éviter le développement de graves problèmes de justice socio-spatiale, il faudrait donc développer une politique publique plus active et qui permettrait de mieux répondre aux deux problématiques de l'inélasticité de l'offre et des inégalités socio-économiques croissantes. Si nous ne disposons pas d'exemples empiriques conjuguant, d'une part, une politique de limitation de l'offre foncière et, d'autre part, une forte intervention de la puissance publique débouchant sur une amélioration de l'accessibilité financière au logement, des pistes de solutions opérationnelles peuvent toutefois être esquissées.

Notons que l'une des leçons tirées par Addison *et al.* (2013, p. 221) est que, malgré les défis, des pratiques globales basées sur des politiques plus intégrées pourraient concilier les objectifs en apparence contradictoires de sobriété foncière et d'accessibilité financière du logement. Pour eux, cela nécessite une « *application diligente des données pour étudier les tendances du marché, l'utilisation de pratiques innovantes dans le domaine de la planification et plus de coopération entre les gouvernements, ainsi qu'entre les secteurs privé et public* ».

#### **2.3.1. Les problématiques d'offre et d'inélasticité**

Si une plus grande réactivité de l'offre de logement ne résout pas nécessairement tout (McClure *et al.*, 2017, p. 200), elle reste néanmoins un moyen de limiter les tensions sur les marchés. Cela passe par une série d'actions diversifiées pour exploiter de multiples potentiels. On peut citer l'utilisation des friches, des actions sur la sous-occupation et la vacance des logements, etc. Cela implique également des politiques foncières plus actives pour soutenir la densification par la destruction-reconstruction, la division parcellaire (ex : le « *Build in my Backyard* »), etc. Cela implique également une politique de production foncière plutôt qu'immobilière, telle qu'on la pratique entre autres aux Pays-Bas, et qui permet de viabiliser les parcelles que la puissance publique souhaite voir aménagées en priorité. Une telle politique de production foncière nécessite cependant des moyens financiers, un accès aux terrains et une *ingénierie foncière sophistiquée* (Van der Krabben et Harvey, 2013).

#### **2.3.2. Les problématiques de prix et d'inégalité**

En termes d'inégalités et de disparités socio-économiques, on mobilisera plutôt des outils permettant de financer du logement abordable. Le financement de tels instruments pourrait être facilité par des techniques de capture de la plus-value foncière (OECD/Lincoln Institute of Land Policy, PKU-Lincoln Institute Center, 2018 ; Halleux *et al.*, 2022) visant à tirer profit de la hausse structurelle des prix fonciers, évoquée précédemment, ou de la hausse valeurs foncières attribuable aux décisions de planification ou aux investissements publics dans une zone définie, afin de financer du logement abordable ailleurs sur le territoire. L'un des principaux instruments de capture de la valeur foncière est le zonage inclusif et cette pratique est souvent reconnue comme très efficace pour produire du logement abordable ainsi que pour répartir spatialement les groupes de population et éviter des phénomènes de ségrégation trop importants (McClure *et al.*, 2017, p. 190 ; Debrunner et Hartmann, 2020 ; Cavicchia, 2021).



La mise en place de nouvelles politiques de taxation foncière est également une piste pour mobiliser des moyens financiers. L'impôt foncier est, en effet, l'un des instruments fiscaux les plus couramment utilisés pour lever des recettes publiques visant à financer du logement social. Mais l'utilisation d'une forme innovante de taxation foncière peut également orienter l'aménagement et la construction des parcelles. Nous faisons ici référence au *split rate*, mis en avant dans un rapport de l'OCDE (2018, p. 149) pour réformer la fiscalité foncière. Dans la plupart des pays, les impôts fonciers sont prélevés sur la base de l'évaluation de la valeur de l'ensemble d'un bien. Avec le *split rate*, l'idée est d'appliquer un taux d'imposition différent, d'une part, pour le foncier, et d'autre part, pour la structure bâtie qui s'y trouve. Cela vise à fixer des taux d'imposition plus élevés sur la valeur des terrains que sur la valeur des bâtiments dans certaines zones d'intérêt et ainsi créer une incitation à utiliser plus intensément le foncier. Cela pourrait, par exemple, stimuler le réaménagement des friches urbaines ou le développement de parcelles vierges.

### -3-

## **La nécessité d'une meilleure connaissance des valeurs foncières**

Le point commun de beaucoup des mesures envisageables pour promouvoir du logement abordable correspond à la difficulté de leur mise en œuvre sans connaître la valeur des terrains. Par exemple, comment récupérer les plus-values foncières ou mettre en place de nouvelles formes de taxation basée sur le prix du foncier si l'on est incapable d'en suivre la valeur dans le temps et dans l'espace, *que les parcelles soient construites ou non ?*

De plus, si le foncier est effectivement ce qui porte l'augmentation des prix de l'immobilier, en connaître la valeur apparaît dès lors essentiel. C'est en particulier le cas si l'on souhaite suivre l'impact effectif d'une politique volontariste de limitation de l'artificialisation telle que le ZAN.

### **3.1. La nécessité d'une meilleure connaissance des valeurs foncières**

Afin d'imaginer la manière dont on pourrait réaliser un tel monitoring des valeurs foncières et immobilières dans la perspective de mise en application du ZAN, nous nous sommes renseigné sur ce qui est fait ailleurs dans le monde. Nous avons également cherché à comprendre comment ces données sont utilisées.

#### **3.1.1 Retours d'expériences**

Il existe quelques exemples de mise en place de systèmes d'évaluation des valeurs foncières et immobilières dans le monde. Souvent, des zones dont les parcelles sont suffisamment comparables sont définies. Le prix évalués pour ces zones sont appelés des valeurs foncières standards (VFS ou *standard land values*). C'est par exemple le cas de l'Allemagne (Voß et Bannert, 2018), la Suède (Kalbro et Norell, 2018) ou Taïwan (Chao, 2018).

Depuis les années 1960, l'Allemagne dispose d'un système d'évaluation des valeurs foncières et immobilières. Depuis 2009 et l'amendement du code de la construction (BauGB), la mise en œuvre de l'indication des VFS (*Bodenrichtwerte*) sur l'ensemble du territoire et la mise à disposition de ces informations sont devenues obligatoires (Hendricks, 2017 ; Voß et Bannert, 2018).

La « nécessaire transparence du marché » est à l'origine du système des VFS en Allemagne. Celle-ci est considérée comme fondamentale pour que les marchés soient fiables et durables (Voß, 2011). Sans transparence, il n'y a pas de concurrence parfaite possible et le marché est déséquilibré. Or, le secteur immobilier est connu pour être plutôt opaque (Halleux, 2005). C'est en particulier le cas si la rareté domine les conditions du marché : le vendeur est alors souvent dans une position avantageuse pour négocier. Un marché moins opaque, offrant une meilleure connaissance des prix pratiqués, doit aider à maintenir un plus juste équilibre entre le vendeur

et l'acheteur. C'est dans cet objectif premier et pour éviter les spéculations foncières à la sortie du système de contrôle stricte des prix par l'État que les Allemands ont inscrit cet outil dans leur constitution il y a plus de 50 ans (Voß et Bannert, 2018). Cette connaissance est également essentielle pour négocier avec les promoteurs lors de la mise en application d'un zonage inclusif ou pour mieux intervenir sur les marchés via une politique de production foncière publique.

Mais l'existence de ces VFS a aussi offert la possibilité de modifier les systèmes de taxation, de réglementation et d'imposition en Allemagne (Hendricks, 2017 ; Voß et Bannert, 2018). Elle leur permet par exemple de concevoir une nouvelle assiette fiscale qui prend en compte la valeur du terrain, avec des réflexions en cours sur l'intégration du concept de *split rate*, voire une taxation n'incluant plus du tout la valeur du bâti. Ces taxes sont également considérées comme un moyen d'alimenter le budget public et de générer des effets incitatifs en termes d'aménagement (Löhr, 2018). Un système de monitoring similaire a également permis à la Suède et Taïwan d'imaginer un système de *split rate* sur leurs territoires (Gerber *et al.*, 2018).

En outre, les VFS sont importantes pour le contrôle budgétaire des municipalités allemandes. De par la loi, celles-ci sont en effet obligées de ne pas vendre les terrains à bâtir en dessous de la valeur du marché, représentées par les VFS. Ces valeurs ont donc un lien direct avec la politique foncière locale (Hendricks, 2017 ; Voß et Bannert, 2018).

### **3.1.2. Quelle applicabilité de ces systèmes à la Belgique ?**

Si les modèles allemands, suédois et taiwanais sont inspirants, ils posent cependant la question leur applicabilité en Belgique. Le principal écueil qui nous avons relevé est celui du coût de la mise en place d'un système similaire, principalement du fait de la manière dont les VFS sont évaluées.

Leurs systèmes d'évaluation des valeurs reposent en effet en grande partie sur le travail d'une série d'experts locaux. En Allemagne les VFS sont déterminées par des groupes d'experts en évaluations immobilières qui travaillent à une échelle très fine et ré-évaluent, chaque année, les valeurs attribuables aux terrains et à l'immobilier, *même pour les parcelles déjà construites*, principalement sur la base de leurs connaissances du marché. Cette démarche est donc très coûteuse en termes de temps et de coûts de personnel.

## **3.2. Une cartographie fine des valeurs foncières en Belgique**

### **3.2.1. Objectifs et données**

Si ces méthodes donnent de bons résultats et semblent apporter satisfaction dans la manière dont elles sont utilisées (Gerber *et al.*, 2018), dans de nombreux pays, l'attribution d'un budget important pour un projet d'envergure, et dont les retours sur investissement sont difficilement chiffrables, est rarement perçue avec enthousiasme par le gouvernement. Nous avons donc souhaité explorer les possibilités offertes par une méthode « automatisée », « à moindre coût », et développée sur la base de données préexistantes.

Les objectifs pour cet outil d'évaluation des valeurs foncières sont multiples. Nous souhaiterions pouvoir aboutir à :

- Une évaluation des valeurs foncières – pour les parcelles déjà construites ou non – et de leur évolution dans l'évolution des valeurs immobilières ;
- Une évaluation de l'impact d'une limitation de l'offre de terrains sur l'accessibilité financière au logement.

Pour ce faire, nous disposons du registre des ventes des terrains et des maisons en Belgique de 2008 à 2019. Il inclut une série d'informations sur le bien vendu (taille du bâti, nature, surface habitable, nombre de pièces...). Ce registre des ventes peut être associé au registre cadastral géolocalisé. Nous disposons également d'une série de données fédérales et régionales

qui permettent de définir l'environnement de vie (revenus, taux d'emploi, chômage, zones inondables, MNP, taux d'offre foncière...), ainsi qu'une série de données libres d'accès telles que celles d'OpenStreetMap (tracés des routes et vitesses de déplacements, gares, arrêts de bus...).

### 3.2.2. Méthode

Pour parvenir à cette première « cartographie fine des valeurs foncières », même pour les parcelles déjà construites, et uniquement à l'aide de données préexistantes, nous avons choisi d'utiliser des modèles de régressions. Une première série de modèles est réalisée uniquement pour les terrains vendus en Belgique en 2019 (10 299 parcelles), et une autre série de modèles est réalisée pour les maisons vendues en Belgique en 2019 (90 436 maisons).

Le concept pour pouvoir séparer la valeur du foncier de celle de la structure bâtie pour les parcelles déjà construites est illustré ci-dessous (Figure 5) à l'aide d'une équation OLS. Il s'agit simplement d'isoler la partie modélisée du prix du terrain de celle du prix originel en utilisant des variables liées à la valeur de la construction et des variables liées à la valeur du terrain. Pour obtenir les résultats les plus fiables possibles, il nous faut donc minimiser les erreurs et obtenir une modélisation la plus fiable possible de l'influence des différentes variables sur le prix.

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

Prix d'un bien
Variables liées à la
Variables liées au  
immobilier
construction
terrain

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

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

Figure 5 : Différencier la valeurs du bâti de celle du terrain à l'aide d'une modélisation OLS du prix de l'immobilier

Les variables construites et retenues pour modéliser la valeur liée au terrains sont : l'aire de la parcelle, le nombre d'emplois accessibles par minute de trajet en voiture, le taux d'offre foncière potentielle, le bruit, le risque d'inondation, la proportion d'espaces « naturels » aux alentours et trois variables de caractérisations socio-économiques, résultantes d'une ACP. Notons que la variable du taux d'offre foncière potentielle introduite permet également d'évaluer l'impact d'une limitation de l'offre de terrains sur les prix.

Les variables retenues pour modéliser la valeur liée à la structure bâtie sont celles fournies par le registre de vente et du cadastre, à savoir la surface habitable, le nombre de façades ouvertes, l'âge du bâti, le nombre de garages et de salles de bain, le nombre de pièces, et le fait de disposer d'un rez-de-chaussée commercial. D'autres variables a été explorées mais écartées du fait d'une trop grande colinéarité ou d'une effet peu concluant.

Les modèles de régressions classiques (ou *OLS*) présentent cependant de nombreuses erreurs et approximations lorsqu'il s'agit de les utiliser sur un territoire aussi étendu que la Belgique. Cette méthode présuppose en effet que les différentes variables ont le même effet sur l'ensemble du territoire. Or, il existe une grande hétérogénéité de l'effet de certaines variables sur le prix du logement, comme celle de la taille de la parcelle ou du logement, par exemple. Les modèles *OLS* classiques ne permettent pas non plus de prendre en compte la ressemblance probable plus importante entre deux entités proches plutôt qu'entre deux entités éloignées.

Pour pallier à cela, nous nous sommes tournés vers les modèles « *Multiscale Geographically Weighted Régressions* » (MGWR), c'est-à-dire des régressions géographiquement pondérées et multi-échelles. Sachdeva *et al.* (2022) démontrent en effet les grandes capacités techniques qu'offrent ces modèles dans le domaine de la modélisation hédonique des prix. Le package

Python développé en libre accès par Oshan *et al.* (2019) est celui qui a été utilisé pour cette recherche.

Le MGWR est une extension du très connu modèle GWR (Formule 1) qui a pour avantage majeur d'autoriser la variation des coefficients de régression  $\beta_j$  dans l'espace et donc de « capturer » l'hétérogénéité spatiale des processus. Pour ce faire, un modèle de régression est calibré distinctement en chaque point – ou parcelle – grâce à un système « d'emprunt de données » qui pondère les observations sur la base de leur distance les unes par rapport aux autres.

$$y_i = \sum_{j=0}^m \beta_j(u_i, v_i)x_{ij} + \varepsilon_i \quad (1)$$

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).

Ce système « d'emprunt de données » est réalisé à l'aide d'un estimateur des coefficients locaux au site  $i$ , qui suit la formule suivante :

$$\hat{\beta}(i) = [\mathbf{X}'\mathbf{W}(i)\mathbf{X}]^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{W}(i)\mathbf{y} \quad (2)$$

Avec

$\mathbf{X}$  une matrice de  $n$  par  $j$  variables indépendantes ;

$\mathbf{W} = \text{diag}[w_1(i), \dots, w_n(i)]$ , 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  $\mathbf{y}$  le vecteur  $j$  par 1 de la variable dépendante.

Ainsi, le vecteur des coefficients locaux pour chaque observation  $i$  est estimé à l'aide de la matrice de poids  $\mathbf{W}$ , qui implique l'utilisation d'une fonction Kernel pour calculer le poids  $w_{ij}$  de chaque observation. Nous avons opté pour une fonction de type *bisquare*, car 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 dépassé (Oshan *et al.*, 2019). Elle diminue donc drastiquement le temps de calcul dans le cas de grands échantillons tel que le nôtre (90 436 maisons vendue, rien que pour 2019). Le calcul de la taille de cette bande passante, c'est-à-dire du nombre de voisin considéré pour la construction de la matrice de pondération  $\mathbf{W}$ , se fait par un système d'essai-erreur de l'algorithme et l'amélioration d'un indicateur de qualité d'ajustement du modèle aux données, tel que l'AIC ou l'AICc (Fotheringham *et al.*, 2017). Ce calcul est relativement rapide dans le cas de modèles GWR car le nombre de voisins utilisés pour pondérer les observations est le même pour l'ensemble des variables indépendantes considérées dans le modèle.

Les modèles GWR permettent donc la prise en compte de l'hétérogénéité spatiale des processus. Ils ne permettent cependant pas de prendre en compte *la variation d'échelle d'influence des différentes variables*. Certaines variables ont un effet global supposé, ou en tout cas très similaire sur l'ensemble du territoire (et qui pourrait donc être bien saisi par une OLS classique), comme par exemple l'influence du temps de trajet domicile-travail, tandis que d'autres ont des effets sur le prix qui varient fortement dans l'espace, comme la taille du logement. Pour prendre cela en compte, la formule des GWR est légèrement modifiée

(Figure 6). Dans ce cas, l'indice  $bwj$  indique la taille de la bande passante utilisée pour calculer  $\beta$ , ce qui signifie que chaque variable aura une bande passante différente, et donc un nombre de voisins considérés dans la matrice de pondération qui lui sera propre.

$$\begin{array}{ccc}
 \text{GWR} & & \text{MGWR} \\
 y_i = \sum_{j=0}^m \beta_j(u_i, v_i)x_{ij} + \varepsilon_i & \longrightarrow & y_i = \sum_{j=0}^m \beta_{bwj}(u_i, v_i)x_{ij} + \varepsilon_i
 \end{array}$$

Figure 6 : Ajout de l'extension multi-échelle à l'équation des GWR

### 3.2.3. Premiers résultats

Afin de vérifier la validité et surtout l'efficacité des MGWR pour retranscrire les processus hétérogènes affectant les prix à diverses échelles spatiales en Belgique, nous avons dans un premier temps utilisé cette méthode uniquement sur les prix du foncier pour les parcelles de terrain vendues en 2019 en Belgique (10 299 parcelles). Nos premiers résultats démontrent une amélioration substantielle de la modélisation hédonique des prix.

Le fait de prendre en compte l'hétérogénéité spatiale permet une augmentation conséquente de la qualité de la modélisation en passant d'un  $R^2$  de 0,15 pour l'OLS à un  $R^2$  de 0,61 pour le modèle GWR. L'ajout de l'extension Multiscale permet également une amélioration substantielle avec un  $R^2$  de 0,76. Les résultats d'analyse de l'autocorrélation spatiale des résidus des modèles démontrent également une très bonne capacité à saisir les différents processus et dynamiques du territoire à l'aide des variables considérées pour les MGWR, puisque l'utilisation de l'Indice Global de Moran conclu à une répartition aléatoire des résidus. De plus, une analyse des indicateurs locaux d'association spatiale (LISA) de ces mêmes résidus ne fait pas ressortir de cluster locaux, à l'inverse des modèles OLS et GWR.

La Figure 7 permet d'illustrer la manière dont les GWR permettent la variation des coefficients de régressions dans l'espace, ainsi que la manière dans l'extension multi-échelle de ces modèles permet de saisir différentes échelles d'influence des processus sur les prix.

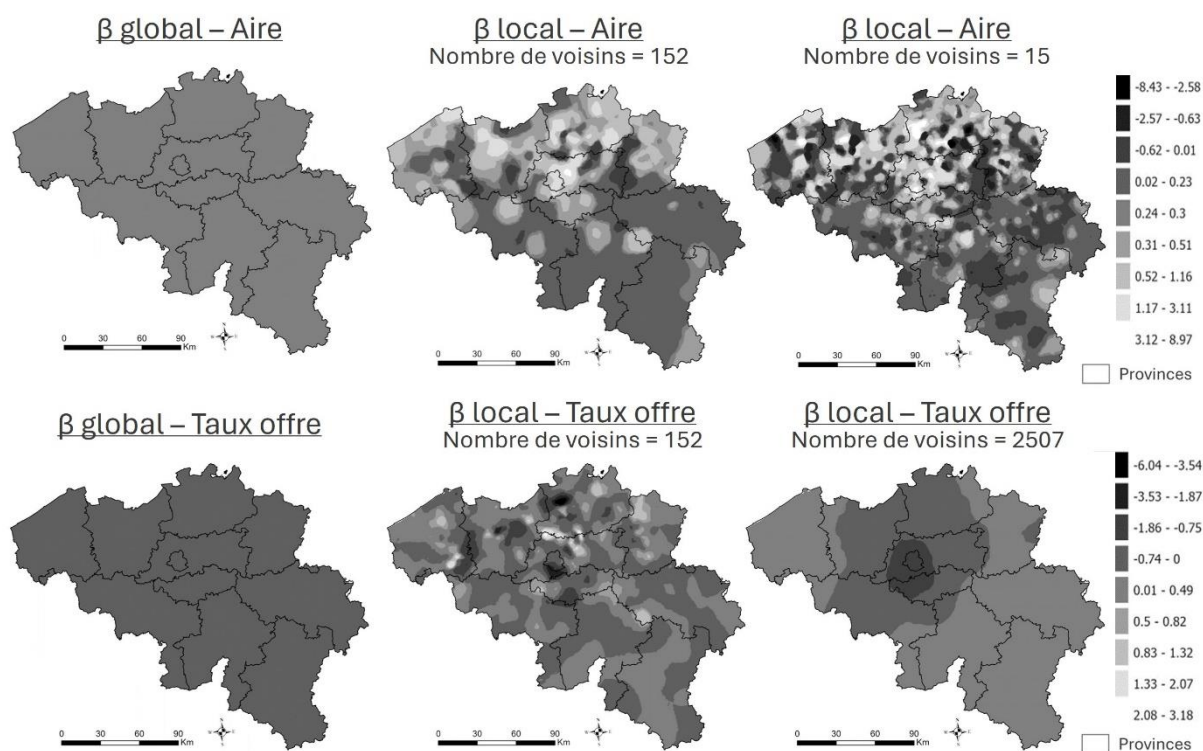


Figure 7 : Comparaison des coefficients d'équations (globaux ou locaux) obtenus avec les modèles OLS, GWR et MGWR pour les variables d'aire de la parcelle et de taux d'offre foncière potentielle

### 3.2.4. Problématiques liées aux MGWR

L'objectif initial de notre recherche était de réaliser des MGWR pour les maisons vendues chaque année pour la période 2019-2009, c'est-à-dire la période pour laquelle nous disposons de l'ensemble des variables retenues et citées au point précédent. Deux problématiques sont cependant apparues. La première est la grande capacité de traitement nécessaire à la réalisation de MGWR avec 90 436 maisons (vendues en 2019). Cela implique des temps de calcul considérables pour nos serveurs (16 CPU), soient plus de 30 jours de calculs lorsque l'algorithme de recherche de nombre de voisins est lancé « à l'aveugle ». La deuxième est la grande capacité de mémoire vive nécessaire. À titre d'exemple, la réalisation de ces modélisations pour nos 90 436 maisons nécessitent l'allocation de 1 Tb de mémoire vive pour le stockage des matrices de pondération.

Nous œuvrons actuellement à la résolution de ces problématiques. Dans le premier cas, nous tentons de réduire le temps de recherche des nombres de voisins pour chaque variable du modèle en utilisant la fonctionnalité introduite par Oshan *et al.* (2019) dans leur package Python. Celle-ci permet de fixer le nombre de voisins pour chaque variable *a priori* afin de réduire le temps de calcul. Les auteurs indiquent cependant de ne procéder de la sorte que sur la base de connaissance suffisante de l'échelle d'influence des processus. Ne disposant pas de telles connaissances, celles-ci faisant partie de nos interrogations sur les dynamiques des marchés fonciers et immobiliers, nous cherchons actuellement à vérifier la *stabilité* du nombre de voisins trouvés par l'algorithme selon les variables introduites dans le modèle afin de pouvoir les extrapoler pour nos futures itérations des modèles. Cette idée provient des conclusions exposées par Fotheringham *et al.* (2003, p. 101). Cependant, n'ayant pas trouvé de littérature concernant la stabilité des bandes passantes trouvées à l'aide des MGWR, nous réalisons des tests. Nous en sommes à la 40<sup>e</sup> itérations de notre modèle et ce sont ses résultats qui ont été présentés au point 3.2.3. Le bilan est très encourageant, puisqu'une stabilité des bandes passantes a pu être déterminée et extrapolée pour les autres années de ventes de terrains, avec respectivement des R<sup>2</sup> de 0,71 pour 2018 et 0,70 pour 2017. Ces performances sont supérieures à celles obtenues lors des modélisations non-supervisées. Les résultats approfondis de cette partie de l'étude seront publiés ultérieurement.

Pour ce qui est de la réduction de la mémoire vive nécessaire, les réflexions sont encore en cours.

-5-

## Conclusion

Ces dernières décennies, les problématiques d'accès au logement n'ont fait que s'accroître en Belgique comme ailleurs en Europe. Si les explications sont nombreuses, le prix en reste la pierre angulaire. Les causes structurelles de l'augmentation des prix du logement sont une augmentation de la demande associée à une trop faible réactivité de l'offre. Par ailleurs, si les professionnels de l'immobilier pointent du doigt la hausse des coûts de construction comme facteur principal de la hausse des prix, les recherches penchent plutôt vers une hausse de valeurs foncières. Ces positions contradictoires montrent qu'il est nécessaire d'objectiver le poids du foncier dans l'évolution des valeurs immobilières, en particulier dans la perspective d'une restriction dans l'utilisation des terrains vierges.

De plus, dans un contexte de marché libéralisé associé à des politiques peu développées pour promouvoir du logement abordable, la nécessaire mise en application du ZAN risque d'aboutir à une exacerbation des problématiques présentes (ségrégation et injustice spatiale, accessibilité

financière au logement réduite). Pour contrer cela, des interventions publiques plus ou moins innovantes sont donc *a priori* nécessaires (politiques sociales, fiscales, d'aménagement du territoire ou de production foncière...).

Le point commun de beaucoup des mesures envisageables pour promouvoir du logement abordable correspond à la difficulté de leur mise en œuvre sans connaître la valeur des terrains. De telles connaissances ont, par exemple, permis à l'Allemagne, la Suède et Taïwan d'imaginer un système de taxation différent sur leurs territoires (Gerber *et al.*, 2018). Notons qu'en plus de l'intérêt scientifique, de telles connaissances sur les valeurs foncières sont également nécessaires si l'on souhaite suivre l'impact effectif d'une politique volontariste de limitation de l'artificialisation.

Ces constats nous ont fait aboutir à la conclusion de la nécessité de disposer de connaissance fins des valeurs foncières et immobilière et d'un bon état des lieux des dynamiques déjà présentes sur le territoire belge pour enfin répondre à ces deux questions principales :

- Quel serait l'impact d'une limitation de l'offre de terrains sur l'accessibilité financière du logement en Belgique ?
- Quel est l'impact du foncier sur l'évolution des valeurs immobilières en Belgique ?

Cependant, puisque nous ne disposons pas, en Belgique, d'outils d'évaluation des valeurs foncière aussi sophistiqué qu'en Allemagne, mais que nous disposons d'un certain nombre de données sur le prix de vente des terrains et des logements, cela passe, entre autres, par une modélisation fine des valeurs foncières et immobilières. L'objectif est d'établir les parts respectives de chacune de ces valeurs dans l'augmentation du prix du logement et d'objectiver, sur la base des disponibilités en terrains urbanisables, si une diminution de l'offre foncière a abouti, ou non, à une augmentation des valeurs foncières et si une restriction supplémentaire de l'offre pourrait avoir les mêmes impacts.

Pour parvenir à cette première cartographie fine des valeurs foncières, même pour les parcelles déjà construites, des régressions géographiquement pondérées et multi-échelles (MGWR) (Oshan *et al.*, 2019) sont utilisées pour modéliser les prix de l'immobilier et du foncier résidentiel sur l'ensemble du territoire belge, à l'aide des données de ventes de 2008 à 2019. Avec un  $R^2$  de 0,76, nos premiers résultats pour les modèles des prix des terrains vendus en 2019 démontrent les bonnes capacités de ces modèles à retranscrire les processus spatialement non stationnaires affectant les prix à diverses échelles spatiales, comme l'avancé Sachdeva *et al.* (2022).

Cependant, si ces premiers résultats sont encourageant pour la suite, les MGWR nécessitent de long temps de traitements et une mémoire vive conséquente. Ces aspects techniques ne rendent pas l'utilisation systématique de ces modèles aisées et de nombreux tests sont encore nécessaires pour conclure quant à leur utilisation concrète pour un – éventuel – système de monitoring des valeurs foncières et immobilières institutionnalisés en Belgique.

## Références bibliographiques

Aalbers M B (2016) *The financialization of housing: A political economy approach*. Routledge, New York.

Addison C, Zhang S, Coomes B (2013) Smart Growth and Housing Affordability: A Review of Regulatory Mechanisms and Planning Practices. *Journal of Planning Literature* 28(3): 215–257.

Andersen B, Skrede J (2017) Planning for a Sustainable Oslo: The Challenge of Turning Urban Theory Into Practice. *Local Environment* 22(5): 581–594.

Bavay L (2017). Hausse des prix immobiliers et accessibilité économique des logements neufs : l'accroissement normatif a-t-il participé à exclure les plus modestes des logements les plus récents ?. Thèse de doctorat en Aménagement de l'espace et de l'Urbanisme, Université Paris-Est.

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.

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).

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.

Billard G (2010) Smart growth : un nouvel urbanisme américain. *Urbanisme, Hors série : La démarche écologie, villes durables en projet* 2 (36) : 62-64.

Build Europe (2022). No Net Land Take by 2050. Solving the Unsolvables. 10 Solutions for an Improved Management of European Land.

Caldera A, Johansson Å (2013) The price responsiveness of housing supply in OECD countries. *Journal of Housing Economics* 22(3): 231–249.

Cavailhes J (2018) Les raisons du boom international des prix immobiliers (1996-2007). *La revue foncière* 22 : 13-18.

Cavicchia R (2021) Are Green, dense cities more inclusive? Densification and housing accessibility in Oslo. *Local Environment* 26(10) : 1250–1266.

Chao T S (2018) A Taiwan perspective on reference land values: the hare and the hedgehogs – chasing real price levels with public market information. In: Gerber J-D, Hengstermann A, Hartmann T (eds). *Instruments of Land Policy, Dealing with scarcity of Land*. Routledge, London: 53-56.

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 : 104993.

European Commission (2011) Roadmap to a Resource Efficient Europe. COM (2011) 571.

Eurostat (2024) Eurostat Data : Final consumption expenditure of households by consumption purpose [online]. <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser>

Fotheringham A S, Brundson C, Charlton M (2003) *Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships*. Wiley, Chichester.

Fotheringham A S, Yang W, Kang W (2017) Multiscale Geographically Weighted Regression (MGWR). *Annals of the American Association of Geographers* 107(6): 1247-1265.

Gerber J-D, Hengstermann A, Hartmann T (eds). *Instruments of Land Policy, Dealing with scarcity of Land*. Routledge, London.

Halleux J-M (2005) Structuration spatiale des marchés fonciers et production de l'urbanisation morphologique, Application à la Belgique et à ses nouveaux espaces résidentiels. Thèse de doctorat, Université de Liège.

Halleux J-M, Bernier C, Bianchet B, Lambotte J-M (2024) No Net Land Take and Housing Affordability, What actions could be taken to reconcile NNLTA and housing affordability? [Belgium24.eu](https://belgium24.eu)



- Halleux J-M, Hendricks A, Maliene V, Nordahl B I (2022) Public Value Capture of Increasing Property Values across Europe, Zurich, vdf Hochschulverlag.
- Hendricks A (2017) Bodenrichtwertermittlung. Habilitationsschrift, 93, Institut für Geodäsie, Universität der Bundeswehr München.
- Kalbro T, Norell L (2018) A Swedish perspective on reference land values: transparency by tax policy. In: Gerber J-D, Hengstermann A, Hartmann T (eds). Instruments of Land Policy, Dealing with scarcity of Land. Routledge, London: 49-52.
- Knoll B K, Schularick M, Steger T (2017) No Price Like Home : Global House Prices , 1870 – 2012. American Economic Review, 107(2) : 331–353.
- Löhr D (2018) A German perspective on land taxation: political inertia and debates on social and distributional aspects. In: Gerber J-D, Hengstermann A, Hartmann T (eds). Instruments of Land Policy, Dealing with scarcity of Land. Routledge, London: 89-93.
- McClure K, Norris M, Gurran N, Bramley G (2017) Planning, Housing Supply and Affordable Development in the USA. In: Gurran N, Bramley G, Urban planning and the housing market : international perspectives for policy and practice. Palgrave Macmillan: 165-200.
- Næss P, Næss T, Strand A (2011) Oslo's farewell to urban sprawl. European Planning Studies 19(1): 113–139.
- Nordahl B (2014) Convergences and Discrepancies Between the Policy of Inclusionary Housing and Norway's Liberal Housing and Planning Policy: an Institutional Perspective. Journal of Housing and the Built Environment 29(3): 489–506.
- OCDE (2018) Rethinking Urban Sprawl: moving towards sustainable cities. Paris: OECD Publishing.
- OCDE (2021) Building for a better tomorrow: Policies to make housing more affordable. Employment. Labour and Social Affairs Policy Briefs, Paris.
- OECD/Lincoln Institute of Land Policy, PKU-Lincoln Institute Center (2022) Global Compendium of Land Value Capture Policies, Éditions OCDE, Paris
- Oshan T M, Li Z, Kang W, Wolf L J, Fotheringham A S (2019). MGWR: A Python Implementation of Multiscale Geographically Weighted Regression for Investigating Process Spatial Heterogeneity and Scale. ISPRS International Journal of Geo-Information 8(6): 269.
- Reusens P, Warisse C (2018) Prix des logements et croissance économique en Belgique. Revue Économique de La Banque Nationale, décembre : 85–111.
- Sachdeva M, Fotheringham A S, Li Z (2022) Do Places Have Value? Quantifying the Intrinsic Value of Housing Neighborhoods Using MGWR. Journal of Housing Research 31(1): 24-52.
- Sandlie H C, Gulbrandsen L (2017) The Social Homeownership Model-the case of Norway. Critical Housing Analysis 4(1): 52–60.
- StatBel (2023) Prix de l'immobilier : chiffre [online]. <https://statbel.fgov.be/fr/themes/construction-logement/prix-de-limmobilier>
- Stephens M, Stephenson A (2016) Housing policy in the austerity age and beyond. In: Fenger M, Hudson J, Needham, C (eds.) Social Policy Review 28. Analysis and Debate in Social Policy. Bristol, Policy Press: 63– 85.
- Van der Krabben E, Harvey M J (2013) Public land development as a strategic tool for redevelopment: Reflections on the Dutch experience. Land use policy 30(1): 774-783.

Voß W (2011) Transparency of property markets – the 1. national level market report, paper FIG Working Week Marrakech, 18–22 May, Marrakech, Morocco [online]. [www.fig.net/resources/databases/srl/index.asp](http://www.fig.net/resources/databases/srl/index.asp)

Voß W, Bannert J (2018) Reference land values in Germany: land policy by market transparency. In: Gerber J-D, Hengstermann A, Hartmann T (eds). *Instruments of Land Policy, Dealing with scarcity of Land*. Routledge, London: 35-48.

## **Remerciements**

Cette recherches est financées par une bourse de la Conférence Permanente du Développement Territoriale.

Les données de ventes ont été fournies par le SPF Finances sur la base d'une convention.

Cette recherche ne serait pas possible sans le travail en libre accès d'Oshan *et al.* (2019). Leur package est téléchargeable à ce lien : <https://mgwr.readthedocs.io/en/latest/index.html>