

UNIVERSITÉ DE LIÈGE  
Faculté des Sciences  
Sciences Géographiques

# La formation de la valeur des biens sur les marchés des appartements à vendre et à louer de Liège



Réalisé par Thomas Lorquet

Mémoire dans le but de l'obtention du diplôme  
de Master en développement territorial et géomatique

Promoteur : Jean-Marie Halleux

Année académique 2015 - 2016

*Je tiens à remercier mon promoteur, Jean-Marie Halleux pour ses conseils, sa disponibilité, ainsi que pour le temps qu'il m'a consacré durant la réalisation de mon mémoire. Je tiens également à adresser mes remerciements à Hubert Maldague, pour l'aide qu'il m'a donnée aux moments opportuns. Merci également à Pierre-François Wilmotte, Mathieu Jaspar, Jean-Paul Kasprzyk et Perrine Dethier de m'avoir aidé dans la récolte de mes données.*

*Enfin, merci à Lucie Bissey, ainsi qu'à ma famille pour leur soutien et le temps passé à la relecture de mon travail.*

*Thomas Lorquet  
Août 2016*

# Table des matières

Introduction générale :.....	8
1. Etat de l'art .....	9
1.1. Définitions .....	9
1.1.1. Le foncier .....	9
1.1.2. Prix et valeur.....	9
1.1.3. Marché locatif et acquisitif.....	10
1.2. Les marchés fonciers et immobiliers.....	10
1.2.1. Le Concept de marché.....	10
1.2.2. La réduction de la taille des ménages .....	11
1.2.3. Inefficacité du marché.....	11
1.3. La méthode hédonique .....	12
1.3.1. Principe général de la méthode .....	12
1.3.2. Résultats d'autres études .....	13
1.4. Hypothèses de travail.....	14
2. Méthodologie .....	15
2.1. Acquisition des données :.....	15
2.2. Construction des variables .....	16
2.2.1. Variable dépendante :.....	18
2.2.2. Variables intrinsèques : .....	18
2.2.3. Variables extrinsèques : .....	24
2.3. Etapes de création d'un modèle.....	33
3. Modélisation.....	38
3.1. Biens locatifs :.....	38
3.1.1. Localisation des observations.....	38
3.1.2. Modèle général des appartements à louer .....	39
3.1.2.1. Normalité de la variable dépendante.....	39
3.1.2.2. Corrélations entre variables .....	41
3.1.2.3. Création du modèle.....	42
3.1.2.4. Résultats du modèle général des appartements à louer .....	47
3.1.3. Création d'autres modèles : .....	52
3.1.3.1. Avec l'âge de l'immeuble.....	52
3.1.3.2. Avec l'état de l'appartement.....	53
3.1.3.3. Avec le nombre de façades .....	53

3.1.3.4. Avec l'étage du bien .....	54
3.1.3.5. Avec le nombre d'étages du bâtiment .....	54
3.1.3.6. Résultats pour les autres modèles des appartements à louer : .....	55
3.1.4. Modèle prenant en compte les charges : .....	61
3.1.4.1. Création du modèle .....	61
3.1.4.2. Résultats pour le modèle tenant compte des charges : .....	63
3.1.5. Conclusion sur les modèles des biens locatifs .....	65
3.2. Biens acquisitifs .....	66
3.2.1. Localisation des observations .....	66
3.2.2. Modèle général des appartements à acheter .....	66
3.2.2.1 Normalité de la variable dépendante .....	66
3.2.2.2. Corrélations entre variables .....	68
3.2.2.3. Création du modèle .....	68
3.2.2.4. Résultats pour le modèle général des appartements à acheter : .....	72
3.2.3. Création d'autres modèles : .....	74
3.2.3.1. Avec l'âge de l'immeuble .....	75
3.2.3.2. Avec l'état de l'appartement .....	75
3.2.3.3. Avec le nombre de façades .....	75
3.2.3.4. Avec l'étage du bien .....	76
3.2.3.5. Avec le nombre d'étages du bâtiment .....	76
3.2.3.6. Résultats pour les autres modèles : .....	76
3.2.4. Conclusion sur le modèle des biens acquisitifs .....	83
3.3. Comparaison entre les modèles des biens locatifs et acquisitifs .....	84
3.3.1. Comparaison entre les variables intrinsèques : .....	86
3.3.2. Comparaison entre les variables d'accessibilité : .....	87
3.3.3. Comparaison entre les variables d'environnement physique : .....	87
3.3.4. Comparaison entre les variables socio-économiques : .....	88
3.3.5. Conclusion : .....	88
4. Conclusions générales et perspectives .....	89
Bibliographie .....	90
Annexes .....	94

## Table des figures

Figure 1 : Diagramme des types de variables.....	18
Figure 2 : Localisation de notre zone d'étude (région urbaine de Liège).....	38
Figure 3 : Répartition des appartements à louer au sein de la région urbaine de Liège .....	39
Figure 4 : Distribution du prix des appartements à louer avant épuration .....	40
Figure 5 : Distribution du prix des appartements à louer après épuration .....	40
Figure 6 : Distribution de la surface habitable des appartements à louer.....	41
Figure 7 : Dispersion des résidus en fonction du prix pour le modèle général des appartements à louer .....	43
Figure 8 : Dispersion des résidus en fonction de la surface habitable pour le modèle général des appartements à louer.....	44
Figure 9 : Test de normalité des résidus pour le modèle général des appartements à louer .....	45
Figure 10 : Droite de Henry de la variable dépendante du modèle général des appartements à louer .....	46
Figure 11 : Dispersion des résidus en fonction du prix pour le modèle général des appartements à louer après avoir supprimé les résidus extrêmes .....	46
Figure 12 : Distance entre les maisons d'habitation et le centre de Liège .....	50
Figure 13 : Distance entre les appartements à louer et le centre-ville de Liège.....	50
Figure 14 : Distribution du prix des appartements à louer comprenant les charges.....	61
Figure 15 : Répartition des appartements à acheter au sein de la région urbaine de Liège .....	66
Figure 16 : Distribution du prix des appartements à acheter avant épuration .....	67
Figure 17 : Distribution du prix des appartements à acheter après épuration.....	67
Figure 18 : Graphe de dispersion des résidus en fonction du prix pour le modèle général des appartements à acheter.....	69
Figure 19 : Graphe de dispersion des résidus en fonction de la surface habitable pour le modèle général des appartements à acheter .....	69
Figure 20 : Test de normalité des résidus pour le modèle général des appartements à acheter .....	70
Figure 21 : Droite de Henry de la variable dépendante du modèle général des appartements à acheter .....	71

## Table des tableaux

Tableau 1 : Statistiques descriptives de l'échantillon des appartements à louer .....	41
Tableau 2 : Paramètres du modèle général des appartements à louer avant élimination des résidus extrêmes.....	42
Tableau 3 : Paramètres du modèle général des appartements à louer après élimination des résidus extrêmes.....	44
Tableau 4 : Variables significatives du modèle général des appartements à louer .....	47
Tableau 5 : Variables significatives du modèle général des appartements à louer triées par valeur explicative.....	48
Tableau 6 : Paramètres du modèle des appartements à louer avec l'âge des immeubles.....	53
Tableau 7 : Paramètres du modèle des appartements à louer avec l'état des biens .....	53
Tableau 8 : Paramètres du modèle des appartements à louer avec l'étage des biens.....	54
Tableau 9 : Paramètres du modèle des appartements à louer avec le nombre d'étages des bâtiments .....	54
Tableau 10 : Variables significatives du modèle des appartements à louer avec l'âge de l'immeuble	55
Tableau 11 : Variables significatives du modèle des appartements à louer avec l'âge de l'immeuble triées par valeur explicative .....	56
Tableau 12 : Variables significatives du modèle des appartements à louer avec l'état des biens .....	57
Tableau 13 : Variables significatives du modèle des appartements à louer avec l'état des biens triées par valeur explicative .....	58
Tableau 14 : Variables significatives du modèle des appartements à louer avec l'étage des biens.....	59
Tableau 15 : Variables significatives du modèle des appartements à louer avec l'étage des biens triées par valeur explicative .....	59
Tableau 16 : Variables significatives du modèle des appartements à louer avec le nombre d'étages du bâtiment.....	60
Tableau 17 : Variables significatives du modèle des appartements à louer avec le nombre d'étages du bâtiment triées par valeur explicative.....	60
Tableau 18 : Statistiques descriptives de l'échantillon des appartements à louer comprenant les charges .....	61
Tableau 19 : Paramètres du modèle des appartements à louer comprenant les charges .....	62
Tableau 20 : Variables significatives du modèle des appartements à louer comprenant les charges .	63
Tableau 21 : Variables significatives du modèle des appartements à louer comprenant les charges triées par valeur explicative .....	63
Tableau 22 : Statistiques descriptives de l'échantillon des appartements à acheter .....	68
Tableau 23 : Paramètres du modèle général des appartements à acheter avant élimination des résidus extrêmes .....	68
Tableau 24 : Paramètres du modèle général des appartements à louer après élimination des résidus extrêmes.....	70
Tableau 25 : Variables significatives du modèle général des appartements à acheter .....	72
Tableau 26 : Variables significatives du modèle général des appartements à acheter triées par valeur explicative.....	72
Tableau 27 : Paramètres du modèle des appartements à acheter avec l'âge des immeubles.....	75
Tableau 28 : Paramètres du modèle des appartements à acheter avec l'état des biens .....	75

Tableau 29 : Paramètres du modèle des appartements à acheter avec le nombre de façades des bâtiments .....	75
Tableau 30 : Paramètres du modèle des appartements à acheter comprenant l'étage des biens .....	76
Tableau 31 : Paramètres du modèle des appartements à acheter avec le nombre d'étages des bâtiments .....	76
Tableau 32 : Variables significatives du modèle des appartements à acheter avec l'âge des bâtiments .....	76
Tableau 33 : Variables significatives du modèle des appartements à acheter avec l'âge des bâtiments triées par valeur explicative .....	77
Tableau 34 : Variables significatives du modèle des appartements à acheter avec l'état des biens ...	78
Tableau 35 : Variables significatives du modèle des appartements à acheter avec l'état des biens triées par valeur explicative .....	78
Tableau 36 : Variables significatives du modèle des appartements à acheter avec le nombre de façades des bâtiments.....	79
Tableau 37 : Variables significatives du modèle des appartements à acheter avec le nombre de façades des bâtiments triées par valeur explicative .....	79
Tableau 38 : Variables significatives du modèle des appartements à acheter avec l'étage des biens .	80
Tableau 39 : Variables significatives du modèle des appartements à acheter avec l'étage des biens triées par valeur explicative .....	81
Tableau 40 : Variables significatives du modèle des appartements à acheter avec le nombre d'étages des bâtiments.....	82
Tableau 41 : Variables significatives du modèle des appartements à acheter avec le nombre d'étages des bâtiments triées par valeur explicative .....	82
Tableau 42 : Comparaison des variables de nos échantillons.....	84
Tableau 43 : Tableau comparatif des variables des modèles généraux des appartements à louer et à acheter .....	85
Tableau 44 : Tableau comparatif des variables des autres modèles des appartements à louer et à acheter .....	86

## **Introduction générale :**

La géographie nous ramène à la notion de territoire, que nous occupons au quotidien et que nous nous sommes approprié. Que ce soit dans les villes ou les campagnes, l'homme a construit sa demeure et l'habite. Cette portion de terrain, sur laquelle une maison se construit, a une valeur, qui est influencée par les différentes caractéristiques du lieu.

Ce mémoire s'inscrit dans la continuité des travaux réalisés par P. Dethier (2012) et H. Maldague (2014). Ces études ont appliqué la méthode hédonique afin d'analyser respectivement la contribution des caractéristiques des maisons d'habitation et des terrains à bâtir sur le prix de ces biens. Dans ce document, la méthode hédonique est appliquée à l'habitat collectif et plus précisément aux marchés locatif et acquisitif des appartements. La finalité du travail est de déterminer si les caractéristiques qui influencent la valeur de ces deux types de biens sont différentes ou pas.

Le présent travail est divisé en trois parties. La première développe un état de l'art en définissant certaines notions importantes et en décrivant plusieurs travaux ayant utilisé la méthode hédonique. S'ensuivent la méthodologie et le détail des différentes variables utilisées pour les modélisations. Enfin, la dernière étape concerne la création des modèles et la présentation des résultats. Cette dernière partie est elle-même divisée en trois sections : la première concerne les appartements du marché locatif, la seconde les appartements du marché acquisitif et la dernière concerne la comparaison entre ces deux types de modèles.



# 1. Etat de l'art

## 1.1. Définitions

### 1.1.1. Le foncier

Comme J. Comby (2013) le définit, "le foncier désigne la terre (et parfois, par extension, les constructions et aménagements qui sont dessus), non pour elle-même, mais en tant que fonds d'une exploitation ou d'une rente. Il n'y a pas de foncier sans une notion d'appropriation et de valorisation. Dans l'étude du foncier, le juridique et l'économique sont intimement liés. Sans droit d'appropriation (individuelle ou collective), une terre n'a aucune valeur particulière : lorsqu'elle sort du champ juridique, la terre sort également du champ économique."

La disponibilité du foncier n'est pas infinie puisqu'il s'agit d'une ressource non-reproductible. En revanche, cette dernière est recyclable. Trois types de fonciers peuvent être distingués (J.-M. Halleux, 2015) : le foncier vierge ou gisement, le foncier équipé et le foncier bâti.

Cette dernière catégorie comprend le support foncier et la construction résultant de la combinaison du capital et du travail. C'est également celle-ci qui intégrera les analyses développées dans ce document.

### 1.1.2. Prix et valeur

Le prix peut être défini comme "la somme d'argent que le vendeur reçoit en échange d'un bien ou d'un service dans le cadre de l'évènement historique d'une transaction" (J.-M. Halleux, 2015).

La valeur quant à elle "n'est pas directement observable, il s'agit du prix observé si le marché (rencontre offre-demande) était parfaitement efficace et du prix le plus probable si les participants au marché disposent de la même information et de la même capacité de négociation" (J.-M. Halleux, 2015).

F. Des Rosiers (2001) en donne une autre définition : On peut définir la valeur marchande d'un bien comme "le prix de transaction le plus probable auquel en arriveront un acheteur et un vendeur qui disposent de toute l'information nécessaire pour juger des caractéristiques du produit devant faire l'objet de la transaction (marché de concurrence parfaite) et qui agissent en toute indépendance et en toute liberté (transaction bona fide), sans que ni l'un ni l'autre ne soit en mesure d'exercer quelque forme de contrôle que ce soit sur le marché du bien en question (marché atomistique)." Autrement dit, le prix de transaction correspond à l'estimation de la valeur d'un bien.

Si l'on intègre cette notion de valeur dans le domaine du marché foncier, on peut dire que la valeur foncière correspond à la différence entre la valeur d'un bien immobilier et les coûts engendrés par la construction de celui-ci. Cette valeur varie en fonction de différents paramètres, générant des plus-values et des moins-values (J.-M. Halleux, 2015) :

- Les différentes fonctions urbaines qui sont le fruit du travail de la collectivité, influencent la valeur des biens fonciers. Ces fonctions sont aménagées sur le territoire comme les logements, les commerces, les bureaux, les infrastructures de transport...

- Les aménagements sont soumis à des règles urbanistiques susceptibles d'influencer les valeurs immobilières.

- Le développement de projets sur des terres voisines tels que l'implantation d'une centrale nucléaire ou d'un parc éolien.

G. Deymier (2003) ajoute à cela que la valeur des biens croît avec la proximité aux loisirs et à l'emploi. Cette affirmation fait référence aux fondements de la théorie économique urbaine classique.

### **1.1.3. Marché locatif et acquisitif**

Un bien locatif se caractérise par le logement en lui-même, mais également par son lieu d'habitation. Le logement correspond à l'infrastructure physique dont le locataire jouit, alors que le lieu d'habitation est immatériel et fait référence à l'environnement dans lequel le bien se situe (M. Geiger, 2006). Nous reviendrons par la suite sur ces deux concepts.

Le marché acquisitif concerne les biens pour lesquels il est possible de devenir propriétaire (N. Bernard, 2008). Le statut de propriétaire offre des avantages par rapport au statut de locataire (J. Albrecht et R. Van Hoofstat, 2011) :

- Être propriétaire d'un bien permet d'avoir plus de libertés vis-à-vis de celui-ci. La réalisation d'aménagements tels que la construction d'une terrasse ou des travaux d'isolation se fait selon la volonté du propriétaire.
- La sécurité liée au logement est un facteur non négligeable pour le propriétaire.
- La possession d'un logement est une sécurité financière pour les retraités, limitant les dépenses associées.
- Le fait de posséder un ou plusieurs logements est un investissement à long terme.

Cependant, certains éléments négatifs peuvent être relevés à propos du statut de propriétaire :

- Les coûts de transaction peuvent s'avérer élevés dans le cas d'une mutation professionnelle par exemple.
- La valeur d'un logement est liée à la situation du quartier dans lequel il se trouve. Un logement cher ne pourra être valorisé s'il se situe dans un quartier en dégradation.
- Des frais liés à l'entretien des logements sont supportés par le propriétaire.
- Des défauts de construction ont parfois des répercussions seulement quelques années plus tard et les dégâts provoqués par les inondations ne peuvent pas toujours être remboursés par les assurances.

Ces différentes dépenses liées au statut de propriétaire sont parfois difficilement quantifiables. Il en va de même pour les effets positifs. Ces différents points montrent qu'il peut être difficile de comparer un bien sur le marché locatif et un bien sur le marché acquisitif.

## **1.2. Les marchés fonciers et immobiliers**

### **1.2.1. Le Concept de marché**

La valeur d'un bien immobilier résulte de l'interaction entre l'offre et la demande. L'offre fait référence aux contraintes qui existent en termes de production des biens (coût de la main d'œuvre,

des intrants...), et la demande concerne les préférences des consommateurs, leurs revenus... Il y a création d'un prix lors de la rencontre entre ces deux forces, même s'il ne s'agit que d'une approximation de la valeur du bien. Le prix d'un bien ne peut être égal à la valeur de ce même bien qu'en cas de concurrence pure et parfaite. Dans la pratique, une telle situation n'existe pas pour le marché immobilier. C'est la raison pour laquelle la valeur d'un bien peut être estimée à partir des informations que l'on a sur le marché (F. Des Rosiers, 2001).

### 1.2.2. La réduction de la taille des ménages

Les chiffres pour la Wallonie montrent que le nombre de ménages croît alors que leur taille se réduit avec une moyenne de 2,69 habitants par ménage en 1981, alors que cette valeur passe à 2,33 en 2009. La réduction de la taille des ménages est la conséquence du vieillissement de la population et de la quantité plus importante de divorces, augmentant le nombre de personnes vivant seules (J. Albrecht et R. Van Hoofstat, 2011). Ces changements ont des répercussions sur la demande, qui s'accroît pour les plus petits logements (Y. Hanin *et al*, 2012).

Le risque de pénurie de logements est à craindre si la demande continue de grandir. L'évolution démographique est en partie responsable de ce manque de logements. C'est d'ailleurs suite à celle-ci que de nouveaux appartements ont été construits et de multiples rénovations ont été réalisées afin de contrer cet effet de pénurie. En Wallonie, les rénovations étaient d'ailleurs plus nombreuses que les constructions neuves (9.102 contre 7.770 en 2009) (IWEPS, 2010).

Si l'on compare la situation actuelle avec la situation avant la Seconde Guerre Mondiale, on se rend compte qu'à l'époque, les logements abritaient souvent 3 générations, et leur utilité était maximisée. A l'heure actuelle, une grande famille occupe 4 à 5 logements différents au lieu d'une seule grande maison en 1930 (J. Albrecht et R. Van Hoofstat, 2011). En 2012, ce sont 65 % des ménages qui sont composés d'une ou deux personnes. De plus, durant ces dernières décennies, le taux de croissance de la population wallonne est d'environ 5,5 % alors que celui du nombre de ménages est d'environ 10,5 % (J. Strée et J.-M. Halleux, 2012).

La baisse de la superficie moyenne des surfaces habitables (121 m<sup>2</sup> en 1996 contre 116 m<sup>2</sup> en 2010) laisse supposer que celles-ci vont diminuer encore davantage dans un futur proche. Ces chiffres sont liés à la diminution moyenne de la taille des ménages et à la hausse de la construction de biens sur les marchés locatifs et acquisitifs, plus économes en termes d'espace (Y. Hanin *et al*, 2012).

Malgré la réduction de la taille des logements, M. Geiger (2006) affirme que globalement, la surface habitable par habitant a augmenté. Les personnes vivant seules ou les couples sans enfants ont parfois l'opportunité d'acquérir un logement relativement grand par rapport à ce qu'ils pouvaient avoir dans les années nonante, grâce à leur salaire suffisant.

### 1.2.3. Inefficacité du marché

Un marché inefficace se traduit par la possibilité de vendre ou d'acheter un bien à un prix compris dans un certain intervalle. C'est d'ailleurs pour cela que ces biens sont généralement négociés. Comme dit précédemment, la valeur d'un bien est toujours fixe tandis que le prix, qui est une estimation de celle-ci, peut varier.

Le degré d'information dont disposent les participants au marché ainsi que la capacité de négociation seront des facteurs influençant le prix pratiqué. A.-W. Evans (1995) montre que l'efficacité du marché ne peut être que de 90 % au maximum.

## **1.3. La méthode hédonique**

### **1.3.1. Principe général de la méthode**

Les hédonistes sont des personnes qui accordaient une grande importance au fait de posséder des biens matériels et immatériels. C'est de cette vision datant de la Grèce antique qu'est né le terme "hédonique". La jouissance que procure une chose ne tient pas uniquement à sa nature, mais surtout à ses caractéristiques. (M. Geiger, 2006). Par exemple, une personne ne voudra pas dépenser la même somme d'argent pour une voiture si elle est d'occasion ou si elle est neuve, bien que la nature de l'objet soit la même dans les deux cas.

Cette méthode, autrement appelée "approche par modélisation statistique", permet de connaître la contribution de chaque caractéristique, grâce à l'analyse par régression linéaire multiple, exprimée sous forme linéaire ou sous forme multiplicative. La part du prix de chaque caractéristique d'un bien immobilier correspond en fait à l'utilité que celles-ci apportent aux occupants (F. Des Rosiers, 2001).

La méthode hédonique est utilisée à l'échelle mondiale et elle se révèle efficace pour les études sur les valeurs immobilières. Ces atouts résident dans son modèle statistique solide, dont la fiabilité peut être vérifiée grâce à une série de tests, et permettant son application à un grand nombre de biens. De plus, l'approche hédonique permet d'avoir une vision directe des marchés immobiliers, en sachant déterminer les indicateurs influençant la valeur des biens (F. Des Rosiers, 2001).

Le modèle de Rosen, créé en 1974, considère le marché comme étant dans une situation de concurrence parfaite. Sur le marché des logements, les produits sont définis par une série de caractéristiques définissant leurs prix. Le consommateur détermine le prix qu'il est prêt à payer pour une combinaison de caractéristiques liées au logement (surface, nombre de chambres, état du bien...). La fonction d'enchère est différente pour chaque consommateur, étant donné que celle-ci dépend de la personne (âge, salaire...) et du logement (O. Marchand et E. Skhiri, 2016).

La fonction d'acceptation correspond au prix minimal auquel le propriétaire est prêt à vendre une série de caractéristiques liées à un bien. (O. Marchand et E. Skhiri, 2016). Cette fonction traduit la volonté du propriétaire de maximiser son profit lors de la vente de son bien (J.-M. Halleux, 2005).

La fonction hédonique décrit l'équilibre du marché (J.-M. Halleux, 2015), c'est-à-dire l'équilibre entre le prix d'un bien et ses caractéristiques (F. Des Rosiers, 2001). Cet équilibre est déterminé par une courbe représentant la fonction hédonique qui est le lieu où les courbes d'enchère et d'acceptation se rencontrent (O. Marchand et E. Skhiri, 2016).

La mobilité des acteurs a pour effet de rendre le marché des logements concurrentiel. Chaque logement est défini par une série de caractéristiques. Ces dernières forment un marché implicite (c'est-à-dire un marché où le prix des caractéristiques des biens n'est pas observable directement) menant à la formation du prix implicite que l'on peut également appeler "prix hédonique". Ce prix implicite existe, car l'offre et la demande se rencontrent (O. Marchand et E. Skhiri, 2016).

La valeur réelle d'un bien résulte de la négociation qui a lieu entre le vendeur et l'acheteur. Si les préférences des acheteurs varient vis-à-vis des biens immobiliers, la valeur de ces derniers va également varier. L'approche hédonique a donc un rôle important pour comprendre à quoi les ménages aspirent en termes de logements. Pour l'utiliser, la présence d'un marché est nécessaire, c'est-à-dire la présence d'un nombre suffisant de biens (F. Des Rosiers, 2001). Dans le cas de la région urbaine de Liège, l'offre est suffisante pour appliquer cette méthode.

Les appartements sont des biens hétérogènes. Ils sont constitués d'un ensemble de caractéristiques physiques, mais aussi d'une localisation dans l'espace. Cette dernière est d'ailleurs liée au contexte socio-économique et environnemental dans lequel les biens se trouvent (F. Des Rosiers, 2001).

### **1.3.2. Résultats d'autres études**

Différentes études ayant utilisé la méthode hédonique sont décrites ci-dessous. Il est à noter que la littérature comparant les marchés locatif et acquisitif est assez peu abondante.

Plusieurs mémoires ont été récemment réalisés sur un sujet similaire, mais traitant de types de biens et de territoires différents. H. Maldague (2014) a réalisé son mémoire sur les terrains à bâtir dans les bassins d'emploi de Liège et de Charleroi. Grâce à l'approche hédonique, il a pu comparer les prix des terrains à bâtir sur ces deux zones et créer un modèle estimant les prix selon les caractéristiques de chacun des terrains. De plus, T. Naets (2015) a réalisé une étude similaire sur le marché bruxellois, dans laquelle il a montré l'influence de la frontière linguistique sur le prix des terrains à bâtir au sein de sa zone d'étude.

P. Dethier (2012), poursuivant le travail effectué par Y. Grignet (2011) sur les maisons d'habitation de Liège, a comparé l'application de la méthode hédonique à l'évaluation par contingence. La méthode hédonique a montré des résultats positifs quant à l'influence des variables intrinsèques<sup>1</sup> sur les maisons d'habitation. Les variables extrinsèques offraient des résultats contre-intuitifs pour certaines d'entre elles.

C. Debart (2012) a réalisé son mémoire sur les maisons d'habitation de la région urbaine de Bruxelles. Son approche a permis de distinguer trois marchés au sein de sa zone d'étude, à savoir le Brabant wallon, le Brabant flamant hors communes à facilité et les communes à facilité de la périphérie de Bruxelles.

D'autres travaux ont été réalisés par des professionnels dans différentes régions du monde. La méthode hédonique a été appliquée par A. Donzel *et al* (2008) sur l'ensemble du territoire français avec un échantillon atteignant plus de 300.000 biens immobiliers de toutes sortes. L'étude a permis de mettre en évidence l'effet de plusieurs caractéristiques intrinsèques comme la surface du bien, la date de la vente, le temps passé entre la dernière vente et la précédente... De plus, de multiples caractéristiques extrinsèques se sont révélées significatives comme la proximité aux commerces et aux écoles.

Une étude réalisée par A. Baranzini *et al* (2008) aux Etats-Unis a tenté de décrire l'influence du bruit sur le prix des maisons. Celle-ci montre la complexité de modéliser correctement le bruit, étant donné les multiples sources dont il provient.

---

<sup>1</sup> Les différents types de variables sont présentés au point 2.2 de la méthodologie

M. Dantas (2010) a appliqué la méthode hédonique dans la région d'Arcachon sur des terrains à bâtir, les maisons et les appartements, les deux derniers types de biens étant regroupés dans la modélisation. L'analyse a montré des résultats cohérents pour les variables intrinsèques en termes de plus et de moins-values. Les variables extrinsèques affichaient des valeurs de coefficients logiques bien que quelques-unes montraient des résultats de signe opposé aux attentes.

Une étude a été réalisée sur les appartements au Nigeria par G.-K. Babawale en 2012. Le modèle créé montre que les variables ayant le pouvoir explicatif le plus grand sont les variables structurelles. Les variables d'accessibilité ne se sont pas montrées significatives.

Une étude, réalisée en Suisse par M. Geiger (2006) sur le marché locatif a étudié l'impact des facteurs socio-économiques, environnementaux et du type de bien sur le prix des appartements. Il vient à montrer que ces trois facteurs ont un impact sur le prix des logements locatifs.

C. Matthey et C. Becker Vermeulen (2014) ont appliqué la méthode hédonique au marché des logements suisses. L'étude a voulu montrer l'importance de variables autres que l'âge et le nombre de pièces des logements, en faisant intervenir dans leur modèle des variables de localisation.

M. Kryvobokov et M. Wilhelmsson (2007) ont appliqué la méthode hédonique au marché des appartements ukrainiens. La transformation de variables grâce au logarithme a permis la création de modèles ayant une plus grande part explicative du prix des appartements. Parmi les variables d'accessibilité, la distance au centre principal revenait systématiquement dans tous les modèles alors que les variables liées à la distance aux transports publics ne ressortaient pas de l'analyse.

#### **1.4. Hypothèses de travail**

Comme J.-M. Halleux (2005) le dit dans sa thèse, le locatif et l'acquisitif composent deux sous-marchés distincts qu'il est possible d'analyser. L'application de la méthode hédonique à ces sous-marchés devrait permettre d'observer une unicité des marchés, dans le cas où les structures de prix sont globalement similaires, ou au contraire, une différence notable entre les caractéristiques des sous-marchés, menant à la conclusion que ces derniers sont différents.

Les questions que nous pouvons formuler sur base de l'analyse de la littérature sont les suivantes :

1. Les caractéristiques expliquant le prix des biens immobiliers sont-elles différentes pour les marchés des appartements à louer et à acheter ?

Si la réponse à la première hypothèse est positive, alors une deuxième question peut être formulée :

2. Les structures d'enchère et les fonctions d'acceptation liées au marché sont-elles responsables des différences entre les caractéristiques pour les biens locatifs et acquisitifs ?

## 2. Méthodologie

### 2.1. Acquisition des données :

Les données utiles à ce mémoire proviennent du site internet d'Immoweb. Celui-ci a été choisi étant donné qu'il constitue le premier site immobilier belge en termes de visiteurs (plus de 250 000 par jour). Créé en 1996, ce site propose une large gamme de biens immobiliers de toutes sortes (maisons, appartements, garages, commerces, bâtiments destinés à l'industrie...)<sup>2</sup>. Ceux qui nous intéressent pour cette étude sont les appartements à vendre et à louer.

La création de notre échantillon se fait en recherchant les appartements situés au sein de notre zone d'étude, qui se trouve être la région urbaine de Liège (décrite au point 3). Le site d'Immoweb nous permet de faire une recherche sur l'arrondissement de Liège, qui couvre une bonne partie de la région urbaine. Nous complétons alors la recherche avec les communes qui ne sont pas situées dans l'arrondissement, mais quand même présentes au sein de notre zone d'étude.

Le choix des variables est fonction de la disponibilité de celles-ci sur le site d'Immoweb. En effet, le site décrit chaque bien immobilier par différentes données. Cependant, tous les biens ne disposent pas des mêmes données. On retrouve en général pour la plupart des appartements : le prix, la surface habitable, le nombre de chambres... Mais d'autres variables ne sont pas systématiquement présentes comme l'étage du bien, l'état global de l'appartement et le nombre de façades.

Certaines données nous semblent indispensables pour réaliser notre étude. C'est le cas notamment de l'adresse de l'appartement, de sa surface habitable, du prix et des charges à supporter pour les biens locatifs. C'est la raison pour laquelle seuls les biens possédant au moins ces informations ont été sélectionnés pour intégrer notre échantillon.

Deux types de charges peuvent être distingués : les charges communes et les charges individuelles. Les charges communes sont celles qui sont destinées à payer l'entretien des espaces communs du bâtiment (ascenseur, couloirs, électricité des couloirs...) alors que les charges individuelles correspondent à l'usage privé (eau, chauffage, électricité de son propre appartement).

Cependant, les charges des appartements à louer sont assez mal définies sur le site d'Immoweb. Il est souvent difficile de savoir si celles-ci font référence aux charges communes ou si elles intègrent les charges individuelles. L'information, bien qu'étant rarement présente, était parfois spécifiée dans le descriptif de l'appartement. Les valeurs allant jusqu'à 400 euros, nous pouvons supposer qu'elles prennent en compte les dépenses individuelles. En consultant les différentes annonces, il a été conclu que la majorité des annonces intégraient dans les charges mensuelles : les charges communes ainsi que l'eau et le chauffage, l'électricité étant généralement comptabilisée à part.

La méthode de collecte des données devait faire intervenir un script java. Malheureusement, cette méthode n'a pas fonctionné. Immoweb semble avoir ajouté une protection entre 2015 et 2016, empêchant le script de fonctionner correctement. Après plusieurs tentatives et après avoir reçu plusieurs avis négatifs quant au fonctionnement du script sur le site d'Immoweb, la méthode a été

---

<sup>2</sup> <http://Immoweb.be>, page consultée le 16 juillet 2016.

abandonnée afin de se tourner vers une collecte manuelle des données, qui a été réalisée entre octobre 2015 et avril 2016.

La récolte manuelle, bien que consommatrice de temps, offre plusieurs avantages. En effet, contrairement à la récolte via le script java, la récolte à la main permet une meilleure fiabilité dans l'encodage des caractéristiques. Les annonces immobilières ne constituent pas un simple listing de caractéristiques, étant donné qu'un ou deux paragraphes descriptifs sont généralement associés aux biens. Dans ce petit texte, le propriétaire donne généralement des précisions qu'il serait probablement plus difficile de récupérer grâce au script.

De plus, quelques contradictions ont été rencontrées entre les données listées sur la page d'un bien et les informations contenues dans la description réalisée par le propriétaire. Le relevé manuel permet donc de récupérer l'information la plus pertinente. Il arrive aussi de récupérer certaines informations intrinsèques via les photos contenues sur la page du bien, comme par exemple la présence d'une douche ou d'une baignoire ou éventuellement le nombre d'étages.

Avec un compte sur le site d'Immoweb, il est possible de mettre des biens en favoris, afin de ne pas les perdre. Cette fonctionnalité a été utilisée afin de sauvegarder tous les appartements situés dans notre zone d'étude. Ainsi, une liste complète des biens mis en favoris apparaît dans le menu "mon Immoweb", permettant de récolter les données de chaque appartement un à un. Ceci est également utile lorsque de nouveaux biens apparaissent sur le site, afin de les ajouter aux favoris, étant donné qu'un symbole apparaît à côté de ceux déjà sélectionnés, permettant de ne pas reprendre un bien déjà mis en favori.

Lorsque tous les appartements sont récoltés, il convient de créer des shapefiles de localisation de ceux-ci. Deux couches ont été créées, une pour les biens à louer et une autre pour les biens à acheter. La liste des adresses de tous les appartements est encodée dans un batch géocodeur (disponible à l'adresse suivante : <http://dehaese.free.fr/Gmaps/testGeocoder.htm>). Le site géolocalise alors tous les appartements sur un fond de carte issu de *GoogleMaps*. L'absence de coordonnées pour un appartement signifie que le batch géocodeur n'a pas été capable de le localiser, généralement à cause d'un problème d'encodage de l'adresse correspondante. Les biens en questions sont alors corrigés pour qu'ils possèdent les bonnes coordonnées.

Les coordonnées sont alors exportées en format *.kml*, pour ensuite être converties en shapefile grâce au site : <http://www.zonums.com/online/kml2shp.php>

## **2.2. Construction des variables**

Trois types de variables sont à distinguer au sein du modèle statistique : (F. Des Rosiers, 2001)

- Les variables métriques : celles-ci sont quantitatives, et correspondent à une mesure d'un attribut. Les variables métriques sont qualifiées de continues lorsqu'elles peuvent prendre un nombre infini de valeurs réelles (prix, superficie...). Elles sont qualifiées de variables discrètes lorsqu'elles ne peuvent prendre que des valeurs entières (nombre de salles de bain, nombre de chambres...).

Afin de modifier la distribution des valeurs des variables quantitatives continues, il est possible de leur appliquer une transformation, de sorte qu'elles soient mieux adaptées à la méthode de



régression multiple. En effet, la répartition en forme de "cloche", dite distribution normale, est essentielle pour la variable dépendante. Pour les variables indépendantes qui sont quantitatives et continues, cette distribution est souhaitable.

Les transformations à appliquer aux variables peuvent être diverses et peuvent se baser sur l'allure générale des graphiques de fréquence. Dans le cas où l'on observe un graphique étalé vers la droite, il est par exemple possible d'appliquer une transformation logarithmique à la variable en question. Les résultats d'une telle transformation peuvent parfois s'avérer être bénéfiques pour le modèle, il revient donc à l'analyste de juger de leur nécessité.

- Les variables binaires : ces variables montrent généralement la présence ou l'absence d'un attribut (présence/absence d'une piscine, présence/absence d'un ascenseur...). Certaines variables sont dites "binaires multicatégorielles". Une variable de ce type est considérée au sein du modèle comme étant constituée de plusieurs autres variables. C'est le cas par exemple pour désigner le type de logement (appartement classique, duplex, triplex...). Pour ce type de variable, il est nécessaire de désigner une catégorie de référence qui ne sera pas utilisée par le modèle.

De plus, le nombre d'observations pour ce type de variable doit être suffisant. Généralement, il convient d'avoir au moins 5 observations par catégorie.

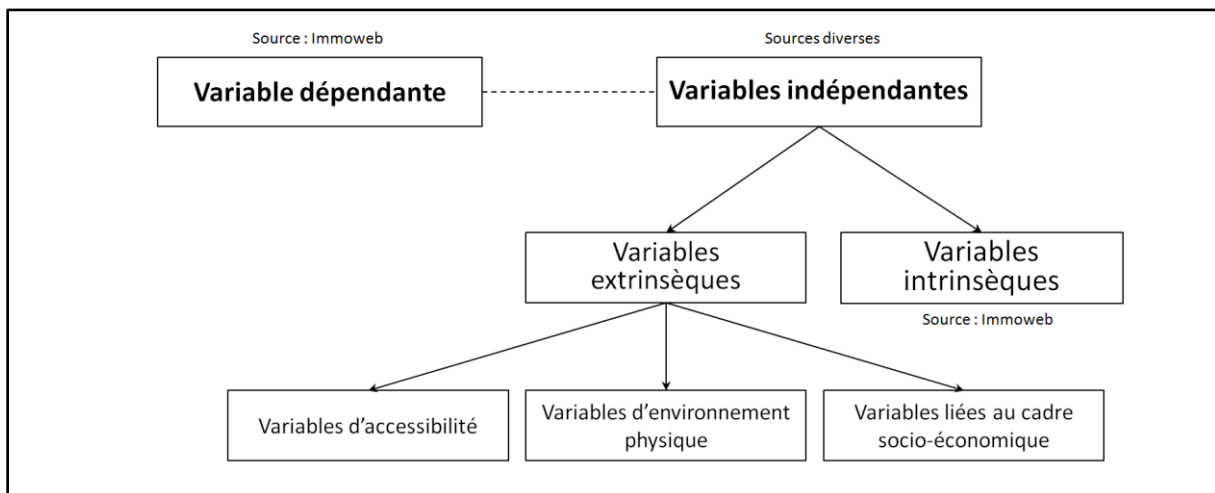
- Les variables de rang : ces variables sont qualitatives et ordinales. Les valeurs accordées aux différentes classes de la variable sont relativement subjectives. Il serait osé de dire qu'un appartement "à rénover" (comportant la valeur 1) équivaut à la moitié d'un appartement "en bon état" (comportant la valeur 2). C'est la raison pour laquelle il est plus correct de transformer ce type de variable en variable binaire multicatégorielle.

La décomposition de certaines variables quantitatives en variables binaires peut avoir plusieurs objectifs. Cela peut tout d'abord servir à transformer certaines variables quantitatives discrètes, afin d'éviter les erreurs qu'elles peuvent engendrer dans nos modèles. Par exemple, si un appartement possède trois chambres au lieu d'une, la plus value ne sera pas spécialement deux fois plus importante que s'il en possède deux au lieu d'une. Il est donc plus correct de créer plusieurs variables binaires pour le nombre de chambres plutôt que d'en conserver une seule qui est quantitative.

Deuxièmement, on considère que certaines variables quantitatives n'ont plus d'effet au-delà d'une certaine valeur. Par exemple, la distance aux arrêts de bus a probablement un effet fortement estompé sur le prix des appartements au-delà d'une certaine distance. Les variables binaires seront donc créées à des seuils inférieurs à cette valeur. Ces seuils sont déterminés grâce aux travaux effectués précédemment sur des sujets similaires ou simplement en testant plusieurs valeurs afin de voir celles qui ont la meilleure influence sur le modèle. Ainsi, les seuils retenus seront ceux qui sont associés aux valeurs ayant le pouvoir explicatif le plus grand.

Enfin, la création de variables binaires peut également être faite dans le but de contrer certaines corrélations excessives. Dans ce cas, cette étape suit celle de l'analyse de la matrice de corrélation, telle que décrite au point 2.3 de la méthodologie.

**Figure 1** : Diagramme des types de variables



La méthode hédonique fait intervenir une variable dépendante et de multiples variables indépendantes. Au sein de cette deuxième catégorie, nous distinguons deux autres classes de variables liées aux biens immobiliers : d'une part les caractéristiques générales ou intrinsèques (relatives au logement) et d'autre part les caractéristiques spécifiques ou extrinsèques (décrivant l'environnement du logement) (O. Marchand et E. Skhiri, 2016). Cette dernière catégorie de variables est formée de trois groupes, à savoir les variables d'accessibilité, d'environnement physique et celles liées au contexte socio-économique (Figure 1).

### **2.2.1. Variable dépendante :**

La variable dépendante est le prix. Pour le marché acquisitif, il s'agit du prix total alors que pour le marché locatif, il s'agit du prix mensuel.

L'étude réalisée par J. Charles (2013) sur les logements en France tient compte du prix sans les charges. Selon lui, le coût des charges induit par l'ajout d'une caractéristique à un logement est variable. En comprenant les charges dans la variable explicative, il dit que le prix serait surestimé.

Dans notre analyse, la variable dépendante du modèle général des appartements à louer est le prix sans les charges. Un deuxième modèle intégrant le prix et les charges a été réalisé. Ainsi, il est possible de comparer la fiabilité du modèle général avec le modèle intégrant les charges.

### **2.2.2. Variables intrinsèques :**

Les variables intrinsèques sont susceptibles d'expliquer le prix des biens collectifs dans notre cas. Ces données proviennent toutes d'Immoweb. Parfois, l'absence d'une information pour un bien peut signifier que la caractéristique n'existe pas pour ce bien. Par exemple, si l'information "parlophone" ne figure pas sur l'annonce, on considère que l'appartement en question n'en possède pas. Par contre, cette déduction ne peut être effectuée pour toutes les variables. Si aucune information n'est présente sur une annonce immobilière à propos de l'étage du bien, cela ne revient évidemment pas à dire que l'appartement ne possède pas d'étage.

Dans le cas où aucune ou très peu d'informations sont présentes pour un appartement, on peut penser que le propriétaire ne voulait simplement pas apporter de détails à son annonce, préférant

par exemple que les personnes intéressées s'adressent directement à lui via ses coordonnées ou via l'agence immobilière. Nous avons décidé de ne pas retenir un bien possédant les informations principales (adresse, surface habitable...), mais aucune ou très peu d'informations complémentaires, afin de ne pas sous-estimer la présence de caractéristiques non indiquées.

Les variables sélectionnées pour nos analyses sont présentées ci-dessous et un tableau synthétique est disponible à l'annexe 2 :

### *1. Surface habitable*

La surface habitable est la seule variable intrinsèque quantitative. Comme F. Des Rosiers (2001) le suggère, il convient de vérifier la normalité de la distribution de cette variable. Cette analyse est réalisée dans la création de nos modèles.

Dans plusieurs études, telles que celle de H. Maldague (2014) et celle de T. Naets (2015) sur les terrains à bâtir, cette variable est la plus explicative. C'est la raison pour laquelle la présence de l'information sur la surface habitable a été jugée comme étant indispensable pour qu'un appartement fasse partie de notre analyse.

L'augmentation de la surface habitable entraîne inévitablement une plus value. Cependant, le prix d'un mètre carré supplémentaire diminue avec une taille plus importante d'un bien. Ce phénomène représente une marginalité décroissante. (J.-M. Halleux, 2005)

M. Geiger (2006) considère la superficie comme étant une information primordiale pour l'évaluation du prix des biens. Il considère également que le nombre de pièces d'un logement est une information importante. En effet, pour une même surface habitable, un nombre de pièces plus important permet d'héberger plus de monde, d'apporter une plus grande diversité au sein du logement... Cependant, le manque d'informations concernant cette dernière variable n'a pas permis de l'exploiter. La notion de taille ne sera donc traduite que par la surface nette habitable. La variable est exprimée en mètres carrés et est quantitative.

### *2. Nombre de chambres*

Cette variable a également été considérée comme étant indispensable à notre analyse. Chaque appartement de notre base de données dispose donc de l'information liée au nombre de chambres.

Le nombre de chambres est décliné en différentes classes binaires, à savoir 1 chambre, 2 chambres et 3 chambres ou plus. Le choix d'une variable de référence (pour le "bien type") se porte sur la variable binaire de 2 chambres, étant donné que c'est celle qui comporte le plus d'observations pour les appartements à louer et à acheter.

### *3. Type de logement*

L'attribution de type de logements est assez récente pour les biens locatifs. Cette distinction était à la base plutôt réservée aux logements de propriétaires. La raison réside dans l'augmentation de la demande pour des habitats comportant ces caractéristiques. Il apparaît que ces logements "spéciaux" pourraient former un ensemble indépendant des appartements classiques, formant en quelque sorte un marché différent (M. Geiger, 2006).

Sept types de logements ont été distingués : appartement classique, studio, kot, duplex, triplex, loft et penthouse. Les trois dernières classes ont été abandonnées pour les appartements à louer, du fait du manque de biens associés (< 5 observations). Il en va de même pour les biens acquisitifs excepté pour la classe des lofts qui a été conservée.

La variable associée au "bien type" est l'appartement classique. Celle-ci n'est donc pas intégrée au modèle et servira de comparaison lors de l'analyse des résultats.

#### 4. *Année de construction*

M. Geiger (2006) considère l'âge et les éventuelles rénovations des logements comme étant une des caractéristiques les plus importantes, avec sa taille et son type (appartement, duplex, loft...). C'est durant les premières années que le logement perd le plus de valeur pour ensuite diminuer moins vite avec l'âge du bien. C. Matthey et C. Becker Vermeulen (2014) montrent dans leur étude qu'après 67 ans, le logement a tendance à prendre de la valeur plutôt que d'en perdre.

Généralement, un ancien locataire payera moins qu'un nouveau locataire. Ceci est dû à la dépréciation du bâtiment qui peut avoir un impact important sur la valeur d'un bien. Cette variable n'est généralement pas prise correctement en compte dans les études du fait du manque d'informations sur l'état global des biens. Un ancien locataire aura également tendance à mieux entretenir son appartement qu'un nouveau (O. Marchand et E. Skhiri, 2016).

L'utilisation du cadastre pour acquérir cette donnée est relativement biaisée, à cause du manque de mise à jour de celui-ci (Y. Grignet, 2011). Il a donc été décidé d'utiliser les données disponibles sur Immoweb, quand l'année de construction était mentionnée. Nous ne disposons cependant pas d'une date pour chaque appartement. Un modèle supplémentaire a donc été réalisé en utilisant uniquement les biens possédant une information sur la date de construction du bâtiment.

#### 5. *Etat global*

Cette variable ne remplace pas celle traduisant l'âge du bâtiment (M. Geiger, 2006), mais peut apporter des informations complémentaires, surtout lorsque l'observation s'écarte de la norme. En effet, un bien âgé peut néanmoins être en bon état lorsque des rénovations ont été effectuées. A l'inverse, un bien récemment construit peut déjà être en mauvais état s'il a été mal construit ou si les occupants l'ont détérioré. Deux biens du même âge n'auront donc pas nécessairement le même état global (M. Dantas, 2010).

Les rénovations ont pour but de « rajeunir » un bien, mais celui-ci ne pourra tout de même pas être assimilé à un bien neuf. D'ailleurs, Y. Grignet (2011) constate qu'un bien « remis à neuf » n'atteint pas une valeur aussi élevée qu'un bien comparable ayant un « excellent » état.

Les informations disponibles sur Immoweb n'étaient pas les mêmes pour les biens à acheter et pour ceux à louer. Pour ces premiers, six classes différentes ont été créées : à restituer, à rénover, à rafraichir, remis à neuf, bon et excellent. Seules les informations des 3 dernières classes étaient disponibles pour les appartements à louer.

Le nombre trop faible d'appartements caractérisés par la classe "à restituer" nous a poussé à exclure cette variable de notre analyse. De plus, les photos associées à ces biens montraient un état de délabrement très prononcé par rapport aux autres biens, ce qui aurait pu perturber le modèle.

Pour les deux types d'appartements, la variable "bon état" est prise comme référence et n'intègre donc pas nos modèles.

#### *6. Nombre de façades*

P. Dethier (2012) a mis en évidence la plus-value importante des maisons quatre façades dans son étude sur les maisons d'habitation. T. Naets (2015) a fait une observation similaire pour les terrains à bâtir destinés à accueillir une maison quatre façades à Bruxelles.

L'attractivité de ces biens réside dans leur certain isolement vis-à-vis des autres biens, qui renforce le sentiment de propriété privée. Pour un appartement, même si le bâtiment possède quatre façades, ce sentiment ne peut être aussi fort que pour une maison isolée, étant donné que d'autres personnes sont susceptibles d'occuper le même bâtiment.

Quatre variables binaires ont été créées : 1, 2, 3 ou 4 façades. La variable de deux façades est retenue pour le "bien type" et n'est donc pas prise en compte dans le modèle. Tous les appartements récoltés ne disposent pas d'information sur le nombre de façades.

#### *7. Nombre d'étages de l'immeuble*

Cette variable peut être intéressante pour connaître l'influence de la taille de l'immeuble sur le prix des appartements. Un nombre important d'appartements de notre base de données sont situés dans des zones urbaines assez denses, et beaucoup d'entre eux appartiennent à des immeubles de plus de 5 étages.

Les variables créées sont les suivantes : 0 - 2 étages, 3 - 5 étages, 6 - 10 étages, 11 - 20 étages. Celles-ci permettent de distinguer les immeubles par catégories et permettent de se faire une vague idée du nombre d'appartements qu'ils contiennent. La première classe fait par exemple référence à des bâtiments composés de peu d'appartements. Il s'agit parfois d'un bien unique qui a été divisé dans le but d'être loué ou acheté. La classe 3 - 5 étages concerne plutôt des immeubles composés de quelques appartements, qui sont parfois des maisons de maître. Les immeubles de 6 à 10 étages constituent des petits "buildings" et ceux de 11 à 20 étages sont classés comme étant des "buildings" plus grands généralement situés dans les zones les plus denses.

C'est la classe 0 - 2 étages qui a été conservée pour représenter le "bien-type".

#### *8. Etage du bien*

L'étage du bien semble à priori être une variable plus intéressante encore que la précédente puisqu'elle concerne directement les appartements. Les classes associées ne sont pas les mêmes que pour le nombre d'étages du bâtiment. Nous pensons, en effet, que le fait d'habiter au rez-de-chaussée est un avantage dont il faut tenir compte dans notre analyse. Les classes créées sont donc les suivantes : rez-de-chaussée, 1er ou 2ème étage, 3ème ou 4ème étage, 5ème à 10ème étage et enfin 11ème à 20ème étage.

Le 1er et le 2ème étage peuvent être atteints grâce à la cage d'escalier sans trop d'encombrement pour la plupart des résidents. En revanche, nous pensons qu'à partir de 3 et 4 étages, un effort supplémentaire est nécessaire pour emprunter la cage d'escalier. A partir de 5 étages, nous considérons que l'utilisation d'un ascenseur est un confort presque indispensable pour la majorité des résidents.

La variable regroupant le 1er et le 2ème étage n'intègre pas nos modèles étant donné qu'elle constitue la variable de référence pour l'étage du bien.

#### *9. Accès à la télédistribution*

En 2014, 69 % des ménages wallons ont accès à la télédistribution (Baromètre TIC, 2014).

L'information concernant l'accès à la télédistribution n'était pas disponible pour tous les biens, ce qui semble logique puisque tous ne possèdent pas ce confort. Il a donc été décidé que les appartements ne mentionnant pas l'accès à la télédistribution n'en disposaient pas. La variable créée est binaire.

#### *10. Parlophone / Vidéophone*

Bien qu'une distinction soit faite sur le site d'Immoweb quant à la présence d'un parlophone ou d'un vidéophone, ces deux accessoires ont été rassemblés en une seule variable binaire avec la présence ou l'absence d'un tel dispositif pour chaque bien. Ici aussi, les biens ne mentionnant pas la présence d'un parlophone ou d'un vidéophone ont été considérés comme n'en possédant pas.

#### *11. Parking extérieur*

La présence d'un parking extérieur semble être un élément important pour notre analyse, en particulier pour les milieux denses où les places de parking sont rares. Liège montre des problèmes de stationnement à certains endroits et la possession d'un parking privé extérieur semble pouvoir apporter une plus-value à un bien. Cependant, la carte de riverain est distribuée gratuitement pour les résidents de certaines rues de Liège, ce qui pourrait réduire la valeur d'un parking privé extérieur.

La variable créée est binaire et montre simplement la présence d'un ou plusieurs parkings extérieurs privés ou non. Les biens possédant plus d'un parking extérieur étant trop peu nombreux, ils ont été classés comme possédant au moins un parking. A noter que certains biens mentionnaient parfois la présence de plus de 10 parkings. Il s'agit probablement de parkings destinés à l'ensemble de l'immeuble et il a été décidé de les classer comme possédant au moins un parking extérieur.

#### *12. Parking intérieur*

La présence d'un garage n'a pas été significative dans l'étude de Y. Grignet (2011) et de P. Dethier (2012) sur les maisons d'habitation. On peut néanmoins se demander si cette variable apportera une information différente pour les appartements. Lors de la récolte des données, plusieurs annonces proposaient l'achat ou la location d'un garage pour certains appartements à un prix fixe. Ces données n'ont pas été récoltées étant donné qu'elles n'intervenaient pas directement dans le prix du bien. Cependant, le prix relativement important observé sur ces annonces laisse penser que si un garage est compris dans le prix d'un appartement, il doit correspondre à une part non négligeable de ce prix.

### *13. Présence d'une terrasse*

Les appartements possédant une ou plusieurs terrasses ne donnaient pas toujours une information sur la taille de celles-ci. Il a donc été décidé de créer une variable binaire pour les appartements possédant ou ne possédant pas de terrasse.

### *14. Equipement de la cuisine*

L'absence d'information concernant l'équipement de la cuisine a été traduite par l'absence d'équipement. Les classes créées sont l'absence d'équipement de la cuisine, les cuisines semi-équipées, les cuisines équipées et les cuisines hyper-équipée. Une variable binaire a été créée pour chacune de ces classes. La variable conservée pour représenter le "bien type" concerne les biens possédant une cuisine équipée.

### *15. Nombre de salles de bain*

Tous les appartements de notre base de données possèdent une ou deux salles de bain. Une seule variable binaire a donc été créée pour dissocier ces deux cas.

A noter que certaines annonces disaient que l'appartement possédait une salle de douche, mais les photos associées correspondaient plus à une douche au sein de la salle de bain qu'une "pièce" externe. Il a donc été décidé de ne pas exploiter cette variable.

### *16. Nombre de WC*

Comme le nombre de salles de bain, le nombre de WC varie entre un et deux, pour l'ensemble de nos appartements. Une variable binaire a donc été créée pour distinguer ces deux cas.

### *17. Présence d'une cave*

Y. Grignet (2011) remarque la non-significativité de cette variable dans son étude sur les maisons d'habitation.

La taille de la cave en mètres carrés était mentionnée sur les annonces pour certains biens, il a cependant été décidé de ne conserver la donnée que sous forme de présence/absence et d'en créer une variable binaire.

### *18. Présence d'un ascenseur dans l'immeuble*

Bien que la présence d'un ascenseur est généralement liée au nombre d'étages de l'immeuble, la donnée a été récoltée. Ici encore, la variable est binaire.

### *19. Vitrage*

Cette variable a été abandonnée suite au nombre trop faible d'appartements disposant d'autre chose que du double vitrage. Quelques biens seulement comportaient du simple vitrage et quelques autres du triple vitrage.

## 20. Présence de meubles

Cette variable concerne uniquement les biens locatifs étant donné qu'un nombre trop faible de biens acquisitifs étaient vendus meublés (inférieur à 5 biens).

### 2.2.3. Variables extrinsèques :

Les variables environnementales (ou extrinsèques) concernent principalement l'aspect social (variables socio-économiques) et physique des environs du logement, mais aussi la localisation (variables d'accessibilité) du bien par rapport aux infrastructures du milieu urbain dans lequel il se trouve (O. Marchand et E. Skhiri, 2016).

#### Variables d'accessibilité

L'accessibilité à différents services et à l'emploi reflète le potentiel socio-économique d'un lieu. Leur proximité limite les coûts de transport et augmente donc la valeur du lieu en question (M. Geiger, 2006).

#### 21. Distance aux arrêts de bus

Bien qu'une plus-value liée à la proximité aux arrêts de bus ait été observée dans l'étude d'I.-H. Lin *et al.* (2013), des observations opposées ont été relevées par P. Dethier (2012) et H. Maldague (2014), considérant cette proximité comme une nuisance, probablement liée à d'autres facteurs.

Un shapefile provenant de la TEC a été utilisé. Celui-ci est composé de l'ensemble des arrêts de bus de Wallonie. L'outil "*Euclidean Distance*" d'*ArcGis* a été utilisé afin de créer un fichier raster pour lequel chaque pixel a une valeur correspondant à la distance minimale à un arrêt de bus (à la précision de la résolution de l'image). Ensuite, l'outil "*Extract Value to Point*" a permis d'attribuer à chaque appartement une valeur correspondant au pixel dans lequel celui-ci se trouvait.

A partir des données relatives à la distance aux arrêts de bus, de nouvelles variables sont créées. Celles-ci classent les appartements aux seuils de 100, 500 et 700 mètres maximum de distance aux arrêts de bus grâce à la fonction "*SI*" d'Excel.

#### 22. Distance aux gares

Une influence positive de la proximité aux gares a été observée par M. Dantas en 2010. L'hypothèse de ce travail disant qu'il existe une relation entre l'accessibilité et le prix des biens immobiliers est renforcée par cette observation.

Une méthode similaire aux arrêts de bus est utilisée pour les gares. Le shapefile provient cette fois de la SNCB et localise les différents points d'arrêts sur le territoire wallon. La fonction "*Euclidean distance*" est appliquée à la couche pour ensuite effectuer la fonction "*Extract Value to Point*". Les seuils créés sont les mêmes que ceux utilisés par H. Maldague (2014) dans son travail, à savoir 100, 300, 500, 1000 et 1500 mètres, qui donneront naissance à cinq variables binaires.

Les variables créées sur base de la distance euclidienne aux gares ont plutôt pour but d'apporter des informations sur les nuisances que ces lieux peuvent générer. Pourtant, la proximité à une gare peut également être un avantage pour accéder rapidement à un lieu. Une variable quantitative prenant en compte le temps en voiture nécessaire pour atteindre la gare la plus proche a donc été créée. Sur



base du même shapefile que précédemment, la fonction "*Cost Distance*" d'*ArcGis* a été appliquée aux gares, sur base du fichier raster "*cosstreets*" du SEGEFA. Ce dernier est composé de pixels ayant une valeur proportionnelle à leur coût de traversée en voiture, tenant compte des limitations de vitesse. La fonction "*Extract Value to Point*" est ensuite appliquée.

En divisant les valeurs obtenues par 10 000, nous obtenons le temps en voiture nécessaire pour atteindre la gare la plus proche, à partir de chaque appartement. Les seuils choisis sont 2 et 5 minutes.

### 23. Distance à différents pôles

Le potentiel socio-économique des centres-villes est généralement important comme le dit M. Geiger (2006). Ces pôles concentrent les services, le travail, les achats, la culture... C'est d'ailleurs cette concentration qui rend ces lieux intéressants puisqu'ils limitent les coûts de déplacements.

Les pôles sélectionnés sont les suivants :

- Place Saint-Lambert de Liège ;
- Place des Guillemins de Liège ;
- Place Jean Jaurès de Herstal ;
- Esplanade de l'Hôtel Communal d'Ans ;
- Place Kuborn de Seraing ;
- Avenue du Bois Saint-Jean du Sart-Tilman ;

Ceux-ci ont été choisis, car nous pensons qu'ils font partie des pôles principaux de notre zone d'étude. Plusieurs d'entre eux avaient déjà été sélectionnés par Y. Grignet (2011) et H. Maldague (2014). La distance à la place Saint-Lambert apporte une moins-value pour les biens de l'étude de H. Maldague (2014). P. Dethier (2012) a fait une observation similaire pour les maisons d'habitation, le prix des biens augmentant avec la proximité au centre-ville liégeois.

Aux pôles précédemment cités, nous rajoutons les deux suivants comme l'a fait H. Maldague (2014) : la Place de la Station de Namur et la Grand-Place de Bruxelles. Namur est la capitale régionale de la Wallonie et Bruxelles constitue une concentration forte d'emplois. Ces deux pôles sont donc susceptibles de faire varier le prix des appartements liégeois. En ce qui concerne le second pôle, H. Maldague (2014) observe une augmentation du prix des terrains à bâtir de la région urbaine de Liège avec le rapprochement à Bruxelles.

Un shapefile par pôle est créé, leurs adresses étant préalablement entrées dans un batch géocodeur, comme utilisé précédemment. La fonction "*Cost Distance*" est appliquée à la couche *Cosstreets* du SEGEFA, à partir de chaque pôle individuellement. Les valeurs associées aux différents biens sont alors extraites pour tous les pôles grâce à la fonction "*Extract Value to Point*". Les variables sont conservées sous forme quantitative.

### 24. Accessibilité aux nodules commerciaux

H. Maldague (2014) a mis en évidence la significativité de cette variable pour les terrains à bâtir, entraînant une plus-value en lien avec la proximité aux nodules commerciaux. De plus, A. Donzel *et al*

(2008) ont montré la significativité de la proximité à certains types de commerces, ceux-ci étant générateurs de plus-values.

Le shapefile utilisé pour créer cette variable vient du SEGEFA et localise les nodules commerciaux situés à proximité de nos appartements. Un nodule peut se définir par un rassemblement de commerces sur un espace qui peut avoir des formes diverses. Ceux-ci peuvent s'étendre sur une ou plusieurs rues, ou encore sur un quartier (B. Merenne-Schoumaker, 2009).

Une variable quantitative a été créée grâce à la fonction "*Cost Distance*" d'ArcGis. Celle-ci mesure le temps d'accès en voiture aux nodules commerciaux pour chaque appartement.

#### *25. Accessibilité aux commerces alimentaires*

Cette variable quantitative a été utilisée par T. Naets (2015) pour les terrains à bâtir dans la zone de marché de Bruxelles et a montré sa significativité. Une plus-value est observée pour les terrains situés à proximité des commerces alimentaires.

Ici aussi, le shapefile des commerces alimentaires provient du SEGEFA. Les variables créées correspondent au temps de déplacement en voiture entre les appartements et les commerces alimentaires aux seuils de 1, 2 et 5 minutes. Pour connaître ce temps pour chaque bien, la fonction "*Cost Distance*" est appliquée. La fonction "*Extract Value to Point*" permet alors de récupérer les valeurs à partir du fichier raster.

#### *26. Distance aux sorties d'autoroute*

La proximité aux sorties d'autoroutes peut être un lieu stratégique qui limite les coûts de transport, notamment vers les pôles centraux. Le potentiel socio-économique des centres-villes continue de s'étendre le long des axes autoroutiers importants (M. Geiger, 2006).

Afin de traduire l'aspect positif lié à l'accessibilité aux autoroutes, une variable quantitative exprimant le temps de déplacement minimum en voiture pour accéder à une sortie d'autoroute a été créée. La fonction "*Cost Distance*" et "*Extract Value to Point*" a été exécutée pour obtenir cette variable. Les seuils utilisés pour créer les variables binaires sont 2 et 5 minutes.

Cependant, l'aspect négatif lié aux nuisances que ces lieux peuvent générer nous pousse à créer des variables supplémentaires en utilisant la distance euclidienne, soit la fonction "*Euclidean distance*" d'ArcGis. A nouveau, la fonction "*Extract Value to Point*" nous permet de récupérer les données pour chaque appartement. Les distances de 100, 500, 700, 1 000 et 1 500 mètres ont été les seuils pour créer nos variables.

Le shapefile contenant les sorties d'autoroute provient du LEPUR.

#### *27. Accessibilité aux modes de transports alternatifs*

Trois shapefiles, venant du LEPUR, représentent la part modale des transports alternatifs à la voiture, à savoir les bus, les trains et les modes lents. Ceux-ci ont été utilisés comme l'ont fait Y. Grignet (2011), P. Dethier (2012) et H. Maldague (2014) en exécutant simplement la fonction "*Extract Value to Point*" sur base de ces trois couches. Les variables sont conservées sous forme quantitative.

P. Dethier (2012) avait relevé la significativité de la part modale des modes lents dans son étude, ceux-ci apportant une plus-value.

### *28. Distance au RAVeL*

Un shapefile des voies lentes a été obtenu sur le site de digital wallonia (<http://opendata.digitalwallonia.be/dataset/shapefile-voies-lentes>)

L'utilisation de cette variable par H. Maldague en 2014 a semblé intéressante. Le Réseau Autonome des Voies Lentes ou RAVeL s'étend sur 1 350 km en Wallonie et est destiné aux piétons, aux cyclistes, aux personnes à mobilité réduite et aux cavaliers (Portail de Wallonie, 2016). Ces chemins sont empruntés au quotidien par un bon nombre de personnes et constituent notamment un réseau de loisirs.

En se basant sur une carte interactive du RAVeL (Portail de Wallonie, 2016b), il a été possible de ne conserver que les lignes faisant partie du RAVeL, en éliminant les pistes vertes et les accès de liaison.

La distance euclidienne au RAVeL a été utilisée pour créer des variables binaires aux seuils de 100 et 500 mètres.

### *29. Distance aux écoles et aux universités*

Une plus-value pour les biens se situant à un temps en voiture inférieur à 5 minutes des établissements du supérieur a été mise en évidence par T. Naets (2015). Une observation à un seuil différent a été faite pour les écoles primaires et secondaires, affichant une plus-value pour les terrains situés à proximité de ces établissements.

L'étude de G.-K. Babawale (2012) n'avait pas mis en évidence l'influence des écoles sur le prix des appartements du Nigéria. La justification donnée à cette observation est basée sur le fait que les appartements de la zone d'étude sont situés à des distances relativement faibles pour la majorité d'entre eux.

Ayant à disposition quatre shapefiles provenant du LEPUR, localisant les écoles maternelles, primaires, secondaires et les établissements du supérieur, il a été décidé de les analyser individuellement. Pour cela, l'accessibilité en voiture a été mesurée pour ces quatre shapefiles, grâce à la fonction "*Cost Distance*". Les valeurs sont alors extraites pour les classer en variables binaires aux seuils de 2 et 5 minutes. C'est donc huit variables binaires (deux par établissements) qui ont vu le jour afin d'être intégrées dans nos modèles.

### *30. Accessibilité au IKEA d'Hognoul*

Ici encore, l'accessibilité en voiture a été mesurée, cette fois à partir du IKEA d'Hognoul. Un shapefile localisant sa position grâce à son adresse a été créé via un batch géocodeur. La fonction "*Cost Distance*" et "*Extract Value to Point*" est alors appliquée. Une variable binaire rassemblant les biens situés à moins de 10 minutes de voiture du IKEA est créée.

### *31. Distance à un hôpital*

En se basant sur des fiches techniques du site "[health.belgium.be](http://health.belgium.be)" (Hopitaux de Wallonie, n-d), les principaux hôpitaux de la province de Liège ont été géolocalisés grâce à leurs adresses et l'utilisation

d'un batch géocodeur. Seuls les hôpitaux généraux ont été repris, excluant les hôpitaux psychiatriques, car nous pensons que ceux-ci n'ont pas le même impact. Les variables ont été créées dans le but de faire transparaître les avantages en termes de proximité à ces sites.

Il est à noter que l'hôpital du MontLégat, actuellement en construction, ne fait pas partie du shapefile que nous avons créé. Celui-ci remplacera, dans quelques années, trois sites appartenant au Centre Hospitalier Chrétien (CHC).

La distance en voiture a été calculée comme précédemment et les seuils des variables créées sont 2, 5 et 10 minutes.

### **Variables liées à l'environnement physique**

La qualité globale de l'environnement résulte de l'ensemble des caractéristiques positives et négatives qui définissent l'environnement d'un lieu (M. Geiger, 2006). Nos variables sont présentées ci-dessous :

#### *32. Distance aux SAED*

Les SAED (sites d'activité économique désaffectés) sont des potentielles nuisances puisque ceux-ci correspondent à des sites de délabrement avancé, qui peuvent avoir une influence sur le prix des appartements.

La DGO4 fournit un shapefile des SAED. C'est la distance euclidienne qui a été calculée grâce à la fonction "*Euclidean Distance*". La fonction "*Extract Value to Point*" a alors été appliquée afin d'obtenir une valeur de distance pour chaque appartement. Les seuils utilisés pour ces variables sont similaires à ceux de H. Maldague (2014) et P. Dethier (2012) à savoir 100, 200 et 500 mètres.

#### *33. Distance aux lignes à haute tension*

La présence d'une ligne à haute tension à moins de 250 mètres provoque une moins-value pour les terrains à bâtir dans le modèle wallon du mémoire réalisé par T. Naets en 2015. On remarque donc que la proximité à celles-ci peut avoir une influence négative.

Comme H. Maldague (2014) et T. Naets (2015) l'ont utilisé, un shapefile venant de la CPDT a permis de calculer la distance euclidienne aux lignes à haute tension via la fonction "*Euclidean Distance*". Une fois encore, la fonction "*Extract Value to Point*" permet d'extraire les valeurs préalablement calculées. Les limites pour les variables binaires sont égales à 100, 200 et 500 mètres.

#### *34. Aléas dus aux inondations*

Le shapefile utilisé pour représenter les aléas dus aux inondations provient de la DGO3. Celui-ci classe les risques selon trois catégories, à savoir les risques faibles, moyens et élevés. Aucun appartement ne se situe dans une zone où les risques sont élevés, cette classe n'a donc pas été exploitée. En revanche, deux variables ont été créées et rassemblent d'un côté les biens situés dans les zones de risques faibles et de l'autre les biens situés dans les zones de risques moyens. Pour cela, la fonction "*Intersect*" d'ArcGis a été appliquée entre le shapefile des aléas et ceux de nos appartements.

### 35. Risques karstiques

Sur base du shapefile du LEPUR retraçant les zones karstiques de Wallonie, aucun bien n'a été localisé dans un lieu présentant des risques karstiques. Cette variable a donc été abandonnée.

### 36. Distance à la centrale nucléaire de Tihange

H. Maldague (2014) montre la significativité de la variable de distance à la centrale nucléaire de Tihange.

Un shapefile composé d'un point correspondant à la centrale nucléaire de Tihange a été créé grâce au batch géocodeur. La distance euclidienne a été calculée à partir de celui-ci via la fonction "*Euclidean Distance*". Les valeurs sont associées à nos appartements grâce à la fonction "*Extract Value to Point*". Celles-ci sont alors déclinées aux seuils de 2 000, 5 000 et 10 000 mètres pour la création de variables binaires.

### 37. Distance aux forêts et aux espaces verts

Une plus-value non négligeable a été relevée par T. Naets (2015) en fonction de la proximité aux zones d'espaces verts. En ce qui concerne les forêts, M. Dantas (2010) a montré l'influence négative de la proximité à celles-ci. Des résultats opposés sont obtenus par J. Cavailhès *et al.* (2009).

Pour exploiter l'influence des forêts et des espaces verts dans notre modèle, nous avons utilisé le Corine Land Cover de 2006. Sur ArcGis, si l'on convertit les différentes affectations en polygones, le fichier devient trop lourd et les traitements sont alors difficiles. Il a donc été décidé de découper le Corine Land Cover en une zone englobant uniquement nos appartements. Ainsi, en transformant la partie restante en polygones grâce à la fonction "*Raster to Polygon*", les traitements peuvent s'effectuer sans trop de difficulté. En nous référant aux métadonnées du Corine Land Cover, nous sélectionnons uniquement les valeurs d'attributs correspondant d'une part aux forêts et, dans une deuxième manipulation, aux espaces verts.

L'étape suivante consiste à calculer la distance euclidienne à ces affectations via la fonction "*Euclidean Distance*". La fonction "*Extract Value to Point*" est alors appliquée afin d'extraire les données désirées. Les seuils créés pour les forêts et les espaces verts sont respectivement 200 et 500 mètres et 200, 500 et 1 000 mètres.

### 38. Distance aux industries

La proximité à une industrie est susceptible d'engendrer une moins-value sur les biens immobiliers comme le montrent l'étude de T. Naets (2015).

Des opérations similaires aux variables précédentes sur les forêts et les espaces verts ont été exécutées pour calculer la distance euclidienne aux industries. Les données viennent donc du Corine Land Cover de 2006. Les affectations liées aux industries ont été sélectionnées grâce aux métadonnées. Les seuils des variables binaires sont de 200, 500 et 1 000 mètres.

### 39. Distance aux carrières

Malgré le fait qu'aucune influence n'a été mise en évidence par P. Dethier (2012) et H. Maldague (2014), nous pensons que la proximité aux carrières peut être génératrice de moins-values.

De la même manière que précédemment, les carrières ont été extraites du Corine Land Cover de 2006. La distance euclidienne est calculée via la fonction "*Euclidean Distance*" d'ArcGis et les données sont récupérées grâce à la fonction "*Extract Value to Point*". Les seuils pour les variables binaires de la distance aux carrières sont de 200, 500 et 1 000 mètres.

#### 40. Bruit

Le bruit peut être généré par beaucoup d'éléments différents (chemin de fer, avions, autoroutes, voisinage...) et il est généralement difficile de le mesurer en tenant compte de toutes les sources. Il est parfois même difficile de définir d'où vient un bruit comme le souligne M. Geiger (2006). L'impact du bruit sur le prix des logements serait plus lié à la présence d'une source de bruit, plutôt qu'au bruit lui-même (M. Geiger, 2006).

Cette dernière information nous encourage à identifier les sources de bruit, plutôt que la mesure précise du bruit qui serait une donnée très compliquée à obtenir. A. Baranzini *et al* (2008) émettent l'idée que la mesure du bruit peut être estimée grâce à des enquêtes auprès de la population, mais cette démarche semble inenvisageable pour ce travail.

Le choix des variables s'est porté sur les axes de circulation, comme l'a fait M. Geiger (2006). Parmi ceux-ci, les autoroutes, malgré la présence de murs antibruit, restent une source potentielle de gêne pour les habitants. Les lignes de chemin de fer sont également une source sonore importante, de même que les couloirs aériens.

La distance aux sorties d'autoroute a déjà été exploitée préalablement et nous pensons que cette variable n'est pas celle qui illustre le mieux le bruit généré par le trafic routier. C'est la raison pour laquelle c'est la distance au réseau autoroutier qui va être exploitée pour tenter de quantifier le bruit sur notre zone d'étude. La distance euclidienne est calculée à partir du shapefile provenant de l'Atlas Numérique de Belgique représentant le réseau autoroutier wallon. Les variables binaires associées à la distance aux autoroutes sont créées à partir des seuils de 100, 200 et 500 mètres.

Une démarche similaire a été utilisée pour mesurer le bruit autour du réseau ferroviaire wallon. Le shapefile du réseau ferroviaire provient du LEPUR. Les seuils pour les rails sont de 100, 200 et 500 mètres.

C. Delbar (2012) avait opté pour la création de variables binaires en fonction de la localisation des biens dans les différentes zones de bruit. Notre choix s'est porté sur le calcul de la distance à la zone A de l'aéroport de Bierset, plutôt que de repérer les biens situés dans les différentes zones de bruit (A, B, et C) étant donné qu'un nombre d'appartements insuffisants sont situés au sein de ces zones, la très grande majorité se situant au-delà des zones de bruit.

En choisissant la distance à la zone A, qui correspond à la zone de bruit de minimum 70 dB (PEB, n.d), nous prenons en compte la forme du bruit généré par les couloirs de vols, s'étendant généralement dans une certaine direction. Nous simplifions alors un peu la situation réelle en considérant qu'à partir de cette zone, le bruit s'étend de la même manière dans toutes les directions.

Le shapefile utilisé pour calculer la distance à la zone A de Bierset vient du LEPUR. Les seuils des variables binaires pour l'aéroport liégeois sont de 500, 2 000 et 5 000 mètres. Cependant, le premier seuil n'englobe pas suffisamment d'observations et doit être abandonné.

T. Naets (2015) avait observé une moins-value pour les terrains à bâtir situés dans une zone de bruit d'au moins 45 dB de l'aéroport de Zaventem.

M. Geiger (2006) mentionne également que la densité de population est aussi une source de bruit potentiellement importante. Cette variable est présentée dans la partie des variables socio-économiques ci-dessous (variable 43), car elle peut être associée à d'autres aspects que le bruit comme la plus grande difficulté de trouver une place de parking, la présence d'une foule de gens inconnus...

#### *41. Rue en cul-de-sac*

Le fond de carte de "GoogleMaps" présent sur le site du batch géocodeur a été utilisé pour créer cette variable. Malgré la longueur de cette tâche, les rues de tous les appartements ont été vérifiées afin de savoir si ceux-ci étaient situés dans une rue en cul-de-sac. Il revient à l'analyste de prendre une décision adéquate et équitable pour tous les biens lorsqu'il y a une ambiguïté sur la localisation d'un bien. La variable créée est binaire. Cette variable semble avoir de l'importance comme l'a montré H. Maldague (2014) dans son étude, les biens situés dans un cul-de-sac affichant une plus-value non négligeable.

Afin de gagner du temps, il est préférable de créer cette variable tout en vérifiant si certains appartements n'ont pas été localisés en un lieu présentant des coordonnées imprécises, ou parfois complètement erronées.

#### *42. Distance au réseau hydrographique*

Le shapefile utilisé pour calculer la distance au réseau hydrographique vient de l'Atlas Numérique de Belgique. Celui-ci géolocalise les principaux cours d'eau de Wallonie. C'est la distance euclidienne qui a été calculée et les différents seuils des variables binaires sont de 100, 200 et 500 mètres.

La proximité à un tel réseau peut générer une plus-value sur les biens comme le montre T. Naets (2015) pour les terrains à bâtir de la zone de marché de Bruxelles. La distance d'un cours d'eau principal à moins de 250 mètres s'est avérée être significative dans son cas.

### **Variables socio-économiques**

#### *43. Densité de population par secteur statistique*

Comme l'affirment J. Albrecht et R. Van Hoofstat (2011), un locataire payera un loyer moins élevé pour un bien situé dans un lieu moins densifié, par rapport à un bien situé dans le centre de Bruxelles. Ce résultat doit provenir de l'influence de facteurs liés à la densité. C'est d'ailleurs ce que M. Dantas (2010) met en évidence en montrant la relation entre l'offre en services et en équipement avec la densité. Ces services étant générateurs de plus-values pour les biens immobiliers, il en serait de même avec une forte densité de population. En revanche, P. Dethier (2012) constate que, pour les maisons d'habitation, les biens situés dans des milieux plus denses subissent une moins-value. Sans les facteurs externes, la densité de population serait considérée comme une nuisance.

Les données utilisées pour cette variable viennent de Statbel et datent de 2011. La densité de population est disponible par secteur statistique. Une jointure est alors effectuée entre les données

et le shapefile des secteurs statistiques provenant de l'Atlas Numérique de Belgique. L'outil "Intersect" d'ArcGis nous permet alors d'associer une valeur de densité de population aux appartements en fonction du secteur statistique dans lequel ils se trouvent. La variable est conservée sous forme quantitative.

#### *44. Revenu moyen et médian par secteur statistique*

La variable du revenu médian s'est montrée significative pour les terrains à bâtir de la région urbaine de Liège, affichant une plus-value pour les secteurs statistiques ayant un revenu médian plus élevé (H. Maldague, 2014). Une observation similaire a été faite par M. Dantas en 2010, la concentration de personnes ayant des revenus plus élevés engendrant une augmentation du prix des biens immobiliers.

Pour ces deux variables, nous réalisons un traitement similaire à la densité de population. Les données proviennent de Statbel, datent de 2013 et sont disponibles par secteur statistique. Ici aussi, les variables sont quantitatives.

#### *45. Taux de chômage par commune*

Les données n'ont pas été trouvées à une échelle plus fine que les communes, c'est donc sur celles-ci que la variable du taux de chômage sera basée. Ces données proviennent de l'IWEPS et elles sont associées au shapefile des secteurs statistiques en effectuant une jointure. La fonction "Intersect" permet d'attribuer un taux de chômage à chaque bien.

#### *46. Taux de logements sociaux par secteur statistique*

Le taux de logements sociaux utilisé date de l'Etude Socio-Economique Générale de 2001. Par secteur statistique, le nombre de logements faisant partie d'une société de logements sociaux est divisé par le nombre total de logements. Une jointure est alors réalisée entre ces données et le shapefile des secteurs statistiques. La fonction "Intersect" nous permet de récupérer les données pour nos appartements.

#### *47. Part d'étrangers par secteur statistique*

Utilisée dans son travail par T. Naets en 2015, la variable de la part d'étrangers s'est montrée significative, il a donc semblé intéressant d'utiliser celle-ci. Dans son étude, il a montré une relation positive entre le prix des terrains à bâtir et le nombre d'étrangers. Il est probable que ce résultat ne soit pas dû au nombre d'étrangers lui-même. Par contre, le prix des terrains pourrait être plus élevé dans les zones très urbanisées, où la part d'étrangers est la plus importante (T. Naets, 2015).

Les données concernant la part d'étrangers proviennent du SPF Economie et datent de 2008. De la même façon que précédemment, une jointure est réalisée pour inclure les données au shapefile des secteurs statistiques. La variable quantitative est obtenue grâce à la fonction "Intersect".

#### *48. Part de personnes de plus de 65 ans par secteur statistique*

De la même manière que pour la part d'étrangers, la part de personnes de plus de 65 ans par secteur statistique est associée à chaque appartement de notre base de données. Les données datent de 2008 et viennent du SPF Economie.



## 2.3. Etapes de création d'un modèle

Dans cette section sont décrits les différents concepts utilisés lors de l'étape de modélisation. Il est important de bien comprendre comment créer un modèle et le rendre le plus fiable possible pour ensuite analyser ses paramètres.

### Les régressions linéaires

La régression linéaire simple consiste à mesurer la relation entre une variable X, appelée variable indépendante et une variable Y ou variable dépendante. La relation entre ces deux variables est représentée par la droite d'équation  $Y = B_0 + B_1X + e$  avec :  $B_0$  qui représente l'ordonnée à l'origine,  $B_1$  qui est le coefficient de régression et "e" qui correspond aux erreurs d'estimation. Cette droite de régression est en fait celle qui passe par le nuage de points constituant les valeurs observées. La distance qui existe entre les points et la droite de régression sont les résidus, qu'il est nécessaire de minimiser. Pour arriver à ce résultat, il est possible d'utiliser la méthode des moindres carrés. Cette dernière consiste à trouver la droite qui minimise la somme des carrés résidus. Comme l'a fait F. Des Rosiers (2001), si l'on représente la relation entre le prix de vente des appartements et l'aire habitable, on obtient une droite de régression simple. Cependant, la surface des appartements ne peut expliquer à elle seule le prix de ceux-ci. D'autres variables sont à prendre en compte pour expliquer le prix, celles-ci sont "captées" par l'ordonnée à l'origine sur le graphique. De plus, la part non-expliquée correspond aux erreurs du modèle, et est proportionnelle à la distance verticale entre les points et la droite de régression (F. Des Rosiers, 2001).

Lors de cette analyse, une régression linéaire multiple est réalisée. Elle correspond à l'extension de la régression linéaire simple puisqu'elle utilise une variable dépendante Y, et plusieurs variables indépendantes  $X_i$ . Chaque variable indépendante constitue une dimension dans l'espace d'analyse. Cette méthode est utile puisqu'elle permet de mesurer la contribution de chaque variable indépendante vis-à-vis de la variable dépendante (F. Des Rosiers, 2001).

Comme décrite par F. Des Rosiers (2001), l'équation pouvant décrire cette régression linéaire multiple est la suivante :

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + \dots + B_k X_k$$

Où  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$  sont les variables indépendantes,  $B_0$  constitue l'ordonnée à l'origine et  $B_1, B_2, B_3, \dots, B_k$  sont les coefficients de régression non standardisés (F. Des Rosiers, 2001).

Pour utiliser correctement la méthode de régression linéaire multiple, certaines hypothèses doivent être respectées (F. Des Rosiers, 2001) :

- Existence de données complètes et fiables
- Caractère additif des termes de l'équation
- Normalité dans la distribution des résidus
- Indépendance des termes d'erreurs
- Représentativité de l'échantillon
- Linéarité de la relation découlant de la modélisation statistique
- Indépendance des variables explicatives (seuil de 75 %)
- Constance dans la variance des résidus (homoscédasticité)

## **Normalité de la distribution**

La distribution normale, "en forme de cloche", est généralement la courbe obtenue dans beaucoup de phénomènes aléatoires. Elle possède des propriétés liées à la moyenne et à l'écart-type qui rendent son utilisation intéressante. Certains outils statistiques ne peuvent s'appliquer que dans le cas d'une distribution normale. L'écart à cette distribution rend donc ces outils limités en termes de précision (F. Des Rosiers, 2001).

La normalité de la distribution des résidus est importante puisque l'utilisation de la méthode de régression linéaire multiple ne peut être appliquée que dans ces conditions, comme le suggèrent les hypothèses ci-dessus.

## **Corrélation entre variables (indépendance des variables explicatives)**

Il existe une corrélation entre deux variables au sein d'une même population lorsque leurs valeurs ont une fluctuation similaire (F. Des Rosiers, 2001).

Une trop forte corrélation entre les variables pourrait engendrer des problèmes pour le modèle, comme l'impossibilité de valider les tests statistiques ou encore des problèmes des coefficients de régression. C'est la raison pour laquelle il est nécessaire que les variables soient indépendantes, même si une certaine corrélation est inévitable. Le seuil de corrélation est fixé à 75 %. Si une valeur est supérieure à ce seuil, il convient de supprimer une des deux variables afin d'éviter la redondance d'information (F. Des Rosiers, 2001). Une solution alternative consiste à créer des variables binaires, quand cela est possible, à partir d'une des variables présentant une trop forte corrélation avec une autre.

## **Homoscédasticité (constance dans la variance des résidus)**

La constance dans la variance des résidus est appelée homoscédasticité et s'oppose au terme d'hétéroscédasticité. L'hétéroscédasticité est à éviter dans le modèle de régression multiple (F. Des Rosiers, 2001).

Malgré le fait qu'aucune indication précise n'existe sur la dispersion des prix, une trop grande plage de prix de vente est à éviter pour le modèle. Il est en effet conseillé de limiter la présence d'immeubles trop hauts de gamme avec des immeubles trop bas de gamme afin de limiter les erreurs d'hétéroscédasticité. Cette homogénéité recherchée dans les données pour la variable dépendante est également valable pour certaines variables indépendantes. En effet, n'utiliser que des biens d'un standing assez proche ou encore étant construit à une époque proche sera favorable à la qualité du modèle (F. Des Rosiers, 2001).

## **Sélection d'un sous-échantillon**

La sélection d'un sous-échantillon est nécessaire dans le but de vérifier une dernière fois la validité du modèle, malgré les multiples précautions prises au préalable pour rendre celui-ci fiable. Ce sous-échantillon est composé d'environ 10 % de la base de données (F. Des Rosiers, 2001). La sélection des biens peut se faire de différentes manières. La méthode choisie consiste à tirer aléatoirement des numéros associés aux appartements de notre base de données. Pour cela, la fonction "*ALEA.ENTRE.BORNES*" d'Excel est utilisée.

Ce sous-échantillon sera utilisé lors de la vérification finale du modèle. La valeur des variables de chaque appartement est multipliée par le coefficient de régression de la variable explicative correspondante. On ajoute alors à ce produit la valeur de l'ordonnée à l'origine. Une différence entre la valeur obtenue et le prix de vente de chaque appartement est réalisée, afin d'obtenir une valeur de résidu, exprimée en pourcentage. La moyenne de ces résidus pour l'ensemble des appartements du sous-échantillon donnera une approximation de la performance prédictive du modèle statistique (F. Des Rosiers, 2001).

### **Analyse des données**

L'analyse de la base de données est une étape importante puisqu'elle permet de voir s'il est nécessaire d'appliquer des transformations à nos variables ou si certaines données sont jugées incohérentes pour la réalisation du modèle (valeurs aberrantes, valeurs extrêmes...) (F. Des Rosiers, 2001).

### **Analyse des résidus**

Les résidus, qui sont les écarts entre la valeur prédictive du modèle et le prix de vente, peuvent être engendrés par de multiples phénomènes, liés à l'impossibilité de faire intervenir tous les facteurs dans l'analyse. Ceux-ci sont inévitables dans le cas d'une régression. Les résidus extrêmes peuvent être provoqués par l'information imparfaite du modèle, l'absence de certaines variables... A titre d'exemple, F. Des Rosiers (2001) explique que le fait d'avoir quelques immeubles haut de gamme dans notre base de données pourrait faire intervenir des variables spécifiques à ces biens, car étant les seuls à en être caractérisés (présence d'une piscine par exemple). Le problème résulte du fait que l'occurrence de ces variables doit être suffisante pour être prise en compte par le modèle (minimum 5 observations). Dans le cas où cela n'est pas possible, la variable doit être supprimée du modèle, provoquant un manque d'information sur la valeur de ces biens hauts de gamme (F. Des Rosiers, 2001).

Concernant les résidus trop importants, il convient de les retirer si ceux-ci dépassent le double ou le triple de la valeur de l'erreur type d'estimation (SEE) (F. Des Rosiers, 2001). Nous choisissons la valeur de 2,5 fois la SSE étant donné que le logiciel Gretl utilise ce seuil pour effectuer son analyse de résidus.

### **Autocorrélation spatiale**

Il est nécessaire de vérifier que les erreurs, qui sont normalement dues au hasard, ne sont pas corrélées entre elles, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'autocorrélation spatiale.

L'absence d'autocorrélation spatiale se caractérise par une indépendance entre les éléments d'un échantillon sur l'espace d'analyse. L'autocorrélation est à éviter au sein de nos modèles. Le calcul de l'indice de Moran, grâce au logiciel Geoda, peut être réalisé afin de contrôler son absence. Sa valeur doit idéalement être proche de 0.

## Paramètres de régression

**Le coefficient de détermination ( $R^2$ )** représente la part de la variation de la variable dépendante expliquée par les variables indépendantes. Il donne donc une indication sur la part explicative du modèle (F. Des Rosiers, 2001).

Bien que le fait d'ajouter des variables supplémentaires au modèle ait tendance à augmenter la valeur du  $R^2$ , cela n'augmente pas pour autant la valeur explicative du modèle. L'augmentation du nombre de variables explicatives a pour but de réduire le nombre de degrés de liberté, celui-ci correspondant à la différence entre la taille de l'échantillon et le nombre de variables. **Le  $R^2$  ajusté**, contrairement au  $R^2$ , tient compte du nombre de degrés de liberté. La valeur du  $R^2$  ajusté croît avec le nombre de variables jusqu'à arriver à un nombre de variables explicatives idéal, au-delà duquel sa valeur diminue (F. Des Rosiers, 2001).

**L'erreur type d'estimation (SEE)**, ou l'erreur type relative lorsqu'elle est exprimée en pourcentage, permet d'estimer la performance du modèle de régression. Cette erreur montre la différence entre le prix de vente estimé par le modèle et le prix de vente "réel" du bien. On estime qu'un modèle exprimant des écarts de 15 % ou moins est un résultat performant. Un écart de 10% ou moins est néanmoins souhaitable (F. Des Rosiers, 2001). Cette erreur sera utilisée lors de la vérification du modèle par le sous-échantillon.

**Un test de Fisher (F)** est un test d'hypothèse permettant de vérifier la contribution des variables indépendantes vis-à-vis de la variable dépendante. Pour cela, il faut que la valeur de "F" soit supérieure à la valeur critique de "F" des tables statistiques, en tenant compte du degré de liberté du numérateur (= k, le nombre de variables explicatives) et du degré de liberté du dénominateur (= N - k - 1, avec N la taille de l'échantillon et k le nombre de variables explicatives). La confirmation de cette situation permet au modèle d'être significatif (F. Des Rosiers, 2001).

**Les coefficients non standardisés B** affichent des unités différentes selon les variables, ce qui ne permet pas leur comparaison (F. Des Rosiers, 2001). En revanche, en les standardisant, on obtient des valeurs susceptibles d'être triées selon leur influence sur la formation des prix des biens. Une formule permet de calculer cet indicateur :

$$\beta'_i = \frac{\beta_{x_i} * \sigma_{x_i}}{\sigma_y}$$

où  $\beta'_i$  est le coefficient standardisé i  
 $\beta_{x_i}$  est le coefficient non standardisé de la variable indépendante  $x_i$   
 $\sigma_{x_i}$  est l'écart-type de la variable indépendante  $x_i$   
 $\sigma_y$  est l'écart-type de la variable dépendante y

**Facteurs d'inflation de la variance (VIF)** : Ces facteurs montrent la part de l'explication apportée à une variable indépendante par toutes les autres variables du modèle. La valeur du VIF est à minimiser pour limiter la multicolinéarité. On estime qu'une valeur égale ou supérieure à 10 serait susceptible d'engendrer des erreurs au sein du modèle. F. Des Rosiers (2001) suggère toutefois d'être vigilant pour des valeurs égales ou supérieures à 5.

**Test de vraisemblance :** Ces tests sont destinés à comparer des modèles découlant les uns des autres par l'ajout ou la suppression de variables ou d'observations. Les valeurs obtenues ont pour but de calculer les critères décrits ci-dessous (R. Lancelot & M. Lesnoff, 2005).

**Critère d'Akaike (AIC) :** Lors de multiples comparaisons de modèles, le risque de ne pas conserver l'hypothèse nulle, alors qu'on devrait la garder, augmente. C'est ici qu'intervient le critère d'Akaike. Celui-ci doit être le plus petit possible et se calcule grâce à la formule suivante (R. Lancelot & M. Lesnoff, 2005) :

$$\text{AIC} = - 2 * \log(L) + 2 * k$$

où L correspond à la vraisemblance et k est le nombre de paramètres du modèle.

**Critères de Schwarz (BIC) :** Celui-ci a la même fonction que le critère d'Akaike mais est plus adapté aux grands échantillons (R. Lancelot & M. Lesnoff, 2005).

$$\text{BIC} = - 2 \ln * L + k * \log(n)$$

où L correspond à la vraisemblance, k est le nombre de paramètres du modèle et n le nombre d'observations.

**Critère de Hannan-Quinn :** Ce dernier critère est un intermédiaire entre les deux précédents prenant en considération la quantité d'observations intégrées au modèle. Sa valeur doit idéalement être la plus petite possible (P. Dethier, 2013).

### **Réduction du nombre de variables**

La réduction du nombre de variables prises en compte par le modèle est une étape importante pour améliorer la fiabilité statistique de celui-ci. Le retrait de certaines variables peut diminuer la valeur du  $R^2$ , mais cette diminution est légère, car les variables en question sont celles qui expliquent le moins le modèle. Cette suppression offre également l'avantage de réduire les risques de multicollinéarité et d'augmenter les degrés de liberté (F. Des Rosiers, 2001).

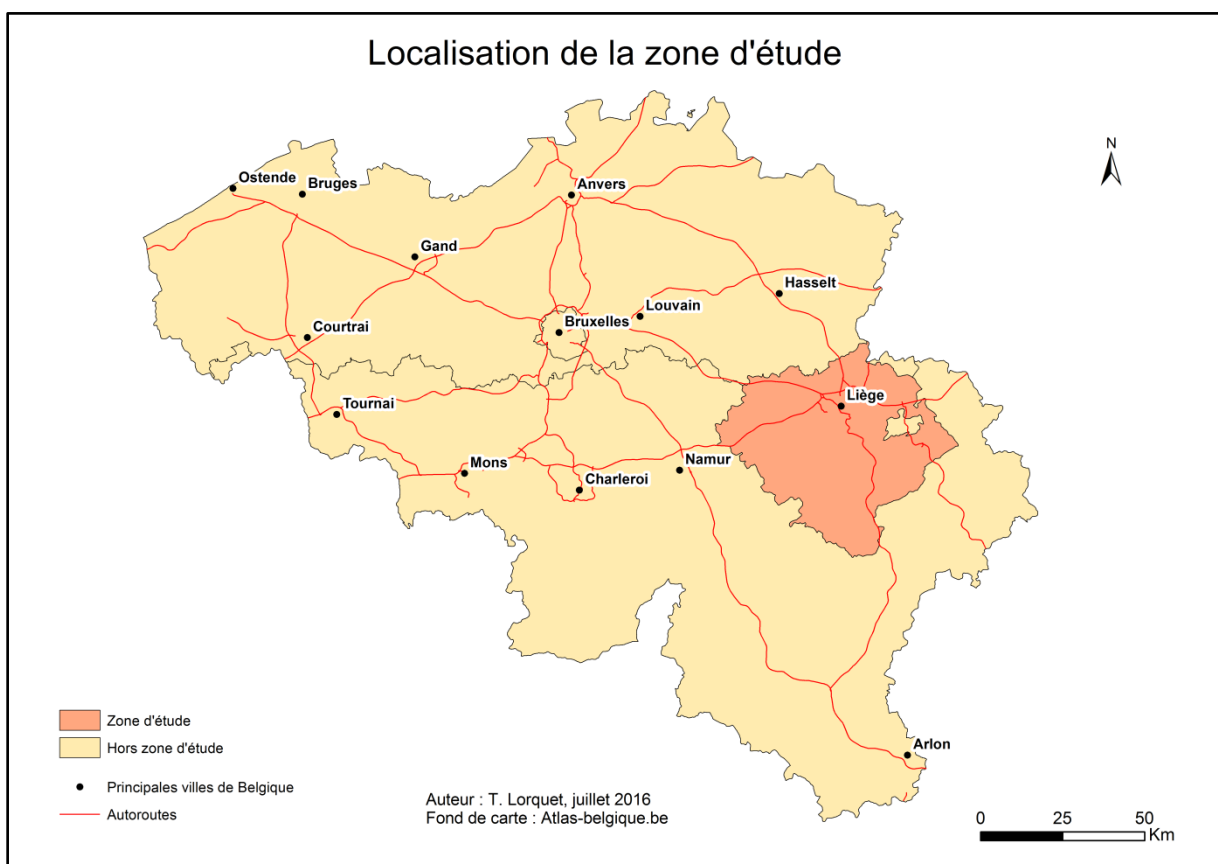
Cette phase de suppression des variables peut se réaliser en plusieurs étapes comme l'a réalisé F. Des Rosiers (2001). La première phase d'épuration consiste à supprimer les variables ayant un degré de signification trop faible. Un seuil de 0,15 pour la première phase est proposé par F. Des Rosiers (2001). Une deuxième phase d'épuration avec cette fois un seuil de 0,05 est ensuite réalisée. Cependant, comme H. Maldague (2014), nous désirons conserver un maximum de variables possibles dans notre analyse. Les phases d'épuration seront donc réalisées aux seuils de 0,20 puis de 0,10.

### 3. Modélisation

#### Définition de la zone d'étude

Le territoire d'analyse doit délimiter un marché relativement homogène, c'est la raison pour laquelle nous pensons que la sélection de l'ensemble des communes de la région urbaine de Liège, telle que la Conférence Permanente du Développement Territorial (2011) le définit, est un choix pertinent pour notre analyse (Figure 2). La liste des communes faisant partie du territoire d'analyse est reprise à l'annexe 1. Comme dans le travail de H. Maldague (2014), les Fourons ont été exclus de la zone d'étude, car plusieurs de nos données spatiales sont limitées au territoire wallon, tels que les shapefiles des arrêts de bus ou des gares par exemple. De plus, le nombre de biens disponibles doit être suffisant, ce qui impose de réaliser la récolte des données sur un territoire suffisamment grand.

Figure 2 : Localisation de notre zone d'étude (région urbaine de Liège)

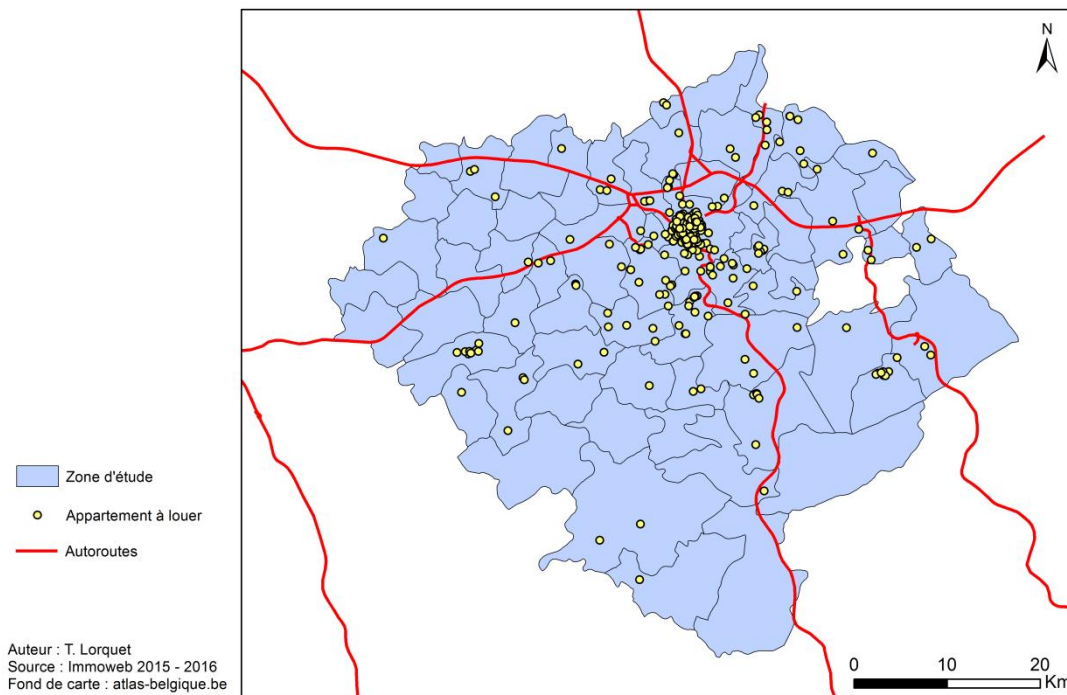


#### 3.1. Biens locatifs :

##### 3.1.1. Localisation des observations

La carte ci-dessous (Figure 3) montre la répartition spatiale des 357 appartements de notre échantillon, au sein de la zone d'analyse. On remarque une concentration plus importante lorsque l'on se rapproche du centre-ville, liée à une offre plus grande d'appartements à louer.

**Figure 3** : Répartition des appartements à louer au sein de la région urbaine de Liège



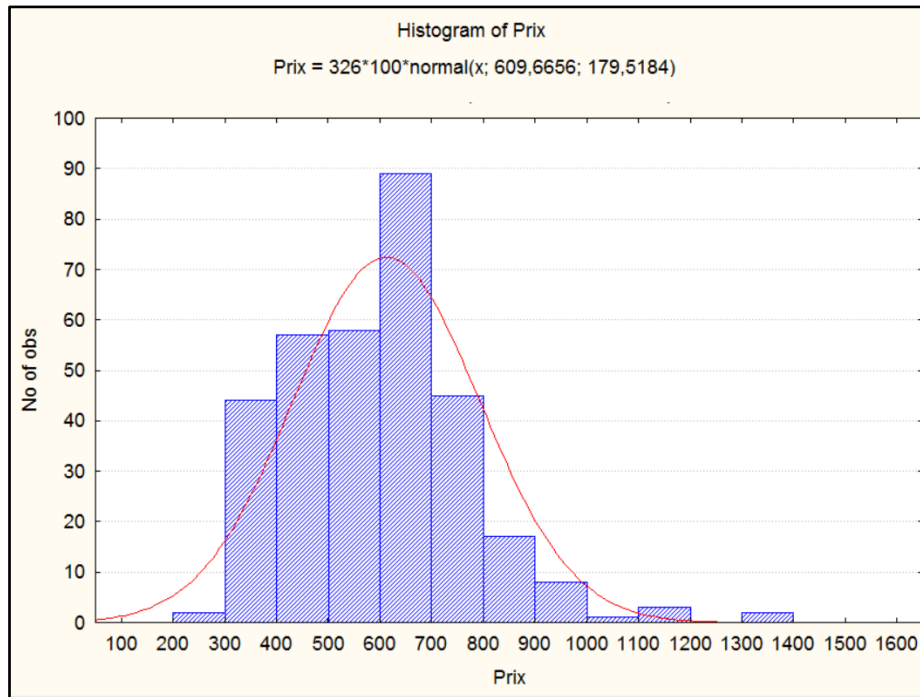
### **3.1.2. Modèle général des appartements à louer**

#### **3.1.2.1. Normalité de la variable dépendante**

Le nombre d'appartements à louer de notre échantillon étant de 357, le sous-échantillon sera composé de 10 % de ceux-ci, soit 36 biens. La technique de sous-échantillonnage est expliquée au point 2.3. C'est donc 321 appartements qui sont conservés pour la création du premier modèle.

La figure 4 illustre la distribution des prix des appartements à louer, en fonction du nombre d'observations de notre base de données. On peut remarquer que, malgré les précautions prises lors de la récolte des données, certains biens affichent des prix forts élevés, qui nuisent à la normalité de la distribution.

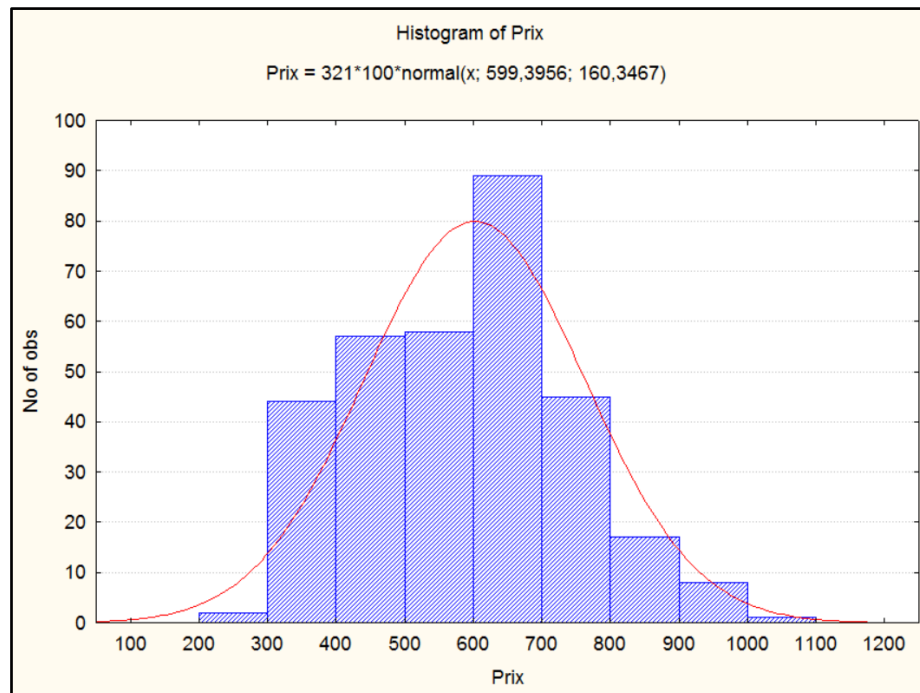
**Figure 4** : Distribution du prix des appartements à louer avant épuraton



Il convient de supprimer de notre échantillon les biens ayant des prix supérieurs à 1 050 €. Nos modèles seront donc effectués sur des biens ayant des prix compris entre 264 et 1 050 €.

Après avoir supprimé les 5 biens dont le prix était supérieur à 1 050 €, on peut voir que la distribution de la variable dépendante approche davantage de la normale (Figure 5).

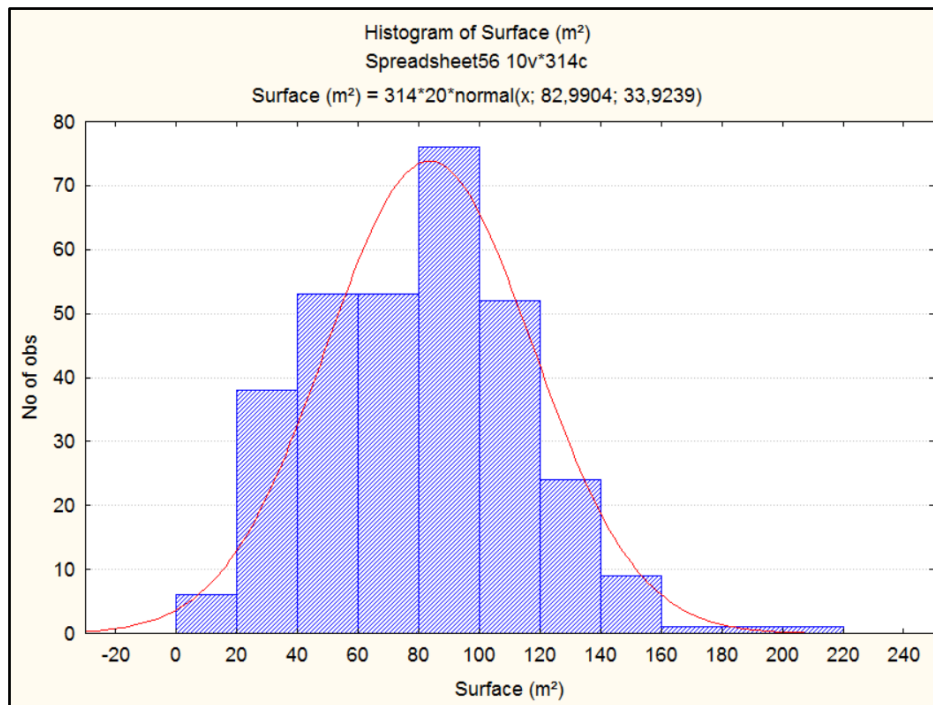
**Figure 5** : Distribution du prix des appartements à louer après épuraton





Une distribution normale des variables dépendantes quantitatives n'est pas obligatoire, mais est souhaitable. Le graphique ci-dessous montre la distribution pour la surface habitable. Malgré le fait que la distribution de la surface habitable soit proche de la normale (Figure 6), nous avons tenté de transformer celle-ci sur base d'un logarithme. Cependant, ceci n'a pas eu d'effet positif sur la distribution des résidus. La variable est donc conservée sans transformation.

**Figure 6 :** Distribution de la surface habitable des appartements à louer



Le tableau 1 présente quelques statistiques descriptives pour le prix (en euros) :

**Tableau 1 :** Statistiques descriptives de l'échantillon des appartements à louer

Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
264	1050	599,40	160,35

### 3.1.2.2. Corrélations entre variables

Un bien de référence est établi comme suggéré par F. Des Rosiers (2001). Celui-ci comporte les caractéristiques suivantes : appartement classique, deux chambres, deux façades, cuisine équipée, bon état, situé entre le 1er et le 2ème étage, appartenant à un bâtiment ayant entre 0 et 2 étages. Ces variables ne sont donc pas intégrées au modèle.

Une analyse de corrélation a été effectuée sur les variables créées précédemment. La limite de corrélation était de 75 %. Si cette valeur était atteinte entre deux variables, l'une des deux était abandonnée pour la suite de l'analyse. Les variables d'accessibilité aux pôles urbains (Herstal, Ans, Liège...) sont, pour la plupart, corrélées entre elles. Nous avons décidé de conserver l'accès à Liège. Pour les autres couples, l'analyste choisit les variables qu'il désire conserver pour la suite de la modélisation. Les choix doivent être les plus logiques possible. Par exemple, entre la variable de la surface habitable et la variable "1 chambre", nous décidons de conserver la première, car nous pensons que celle-ci est primordiale pour notre analyse.

Afin de ne pas perdre toute l'information que nous procurent les variables trop corrélées, certaines ont été décomposées en variables binaires. La corrélation de ces nouvelles variables a également été vérifiée. On passe donc pour le modèle général de 126 à 94 variables. Les couples de variables affichant une trop forte corrélation sont disponibles à l'annexe 3.

### 3.1.2.3. Création du modèle

Plusieurs modèles ont été testés dans le but de conserver celui qui nous semblait le plus correct. Les variables créées sur les modes de transports alternatifs à la voiture ont été exclues de l'analyse, car celles-ci présentaient des valeurs aberrantes et semblaient nuire à l'ajustement des autres variables au sein des modèles.

Plusieurs variables ont dû être retirées du modèle final dans le but d'améliorer ce dernier. Pour cela, nous reprenons les seuils que H. Maldague (2014) a utilisé pour les terrains à bâtir, à savoir une p-value de 0,20. Les variables présentant des valeurs supérieures à ce seuil sont rejetées du modèle. On passe dès lors de 92 à 31 variables indépendantes. Sur base de ce modèle, nous conservons, parmi les variables restantes, celles qui ont une p-value inférieure à 0,10. Le modèle résultant de cette nouvelle épuration fait intervenir 19 variables indépendantes. Les paramètres du modèle sont les suivants :

**Tableau 2** : Paramètres du modèle général des appartements à louer avant élimination des résidus extrêmes

Moyenne de la variable dépendante	599,396	F (22,298)	51,2256
Écart-type de la var. dép.	160,347	Log de vraisemblance	-1833,65
Somme des carrés des résidus	1,72e+06	Critère d'Akaike	3713,3
Erreur standard des résidus	75,99	Critère de Schwarz	3800,05
R <sup>2</sup> non-ajusté	0,790872	Critère d'Hannan-Quinn	3747,94
R <sup>2</sup> ajusté	0,775433	Nombre d'observations	316

Ce premier modèle montre une valeur de R<sup>2</sup> ajusté de 0,7754, ce qui semble plutôt positif. L'hypothèse nulle du test de Fisher correspond au cas où les variables indépendantes du modèle n'expliquent pas le prix. La valeur du test étant bien supérieure à la valeur de la table statistique, l'hypothèse nulle est rejetée.

Le logarithme de vraisemblance et les différents critères (expliqués dans la méthodologie au point 2.3) sont destinés à être comparés aux autres modèles. L'analyse de ces valeurs se fera donc un peu plus loin.

### Vérification de la colinéarité

Le logiciel Gretl nous permet de vérifier que la colinéarité n'est pas trop forte au sein de notre modèle (Annexe 5). Cette colinéarité est traduite par les valeurs de VIF (facteurs d'inflation de la variance), telles que présentées dans la méthodologie au point 2.3. Des valeurs supérieures à 5 sont à éviter et des valeurs supérieures à 10 sont à rejeter. Dans notre cas, aucune valeur n'est supérieure à 3,658. On peut donc considérer que la colinéarité n'est pas excessive pour notre modèle.

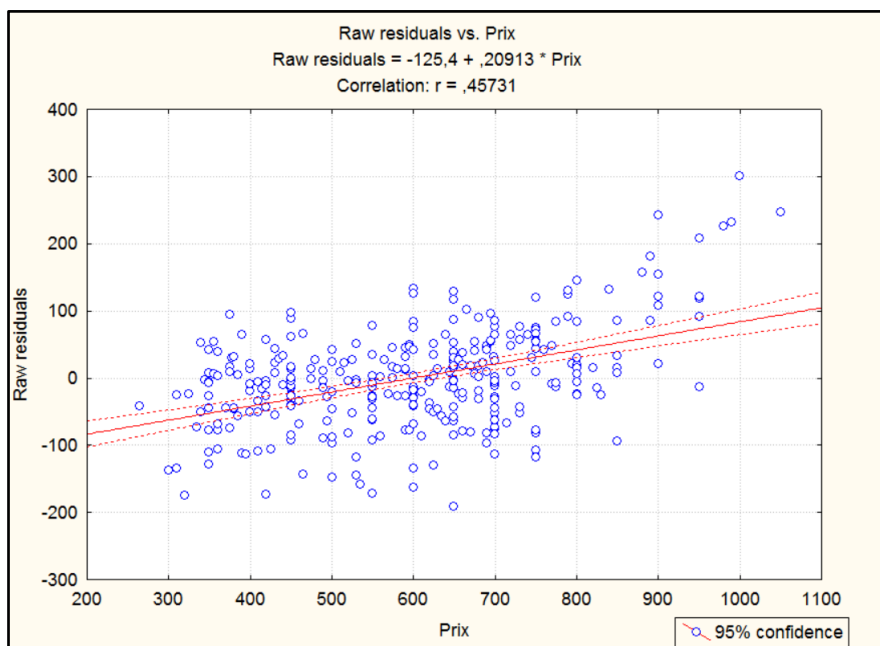
## Analyse des résidus

### a) Hétéroscédasticité

La présence d'hétéroscédasticité peut être repérée visuellement sur un graphe de dispersion des résidus vis-à-vis d'une certaine variable. Les résidus correspondent à la valeur observée moins la valeur attendue. Si une forme de cône ou de sablier est observée, cela traduit la présence d'hétéroscédasticité.

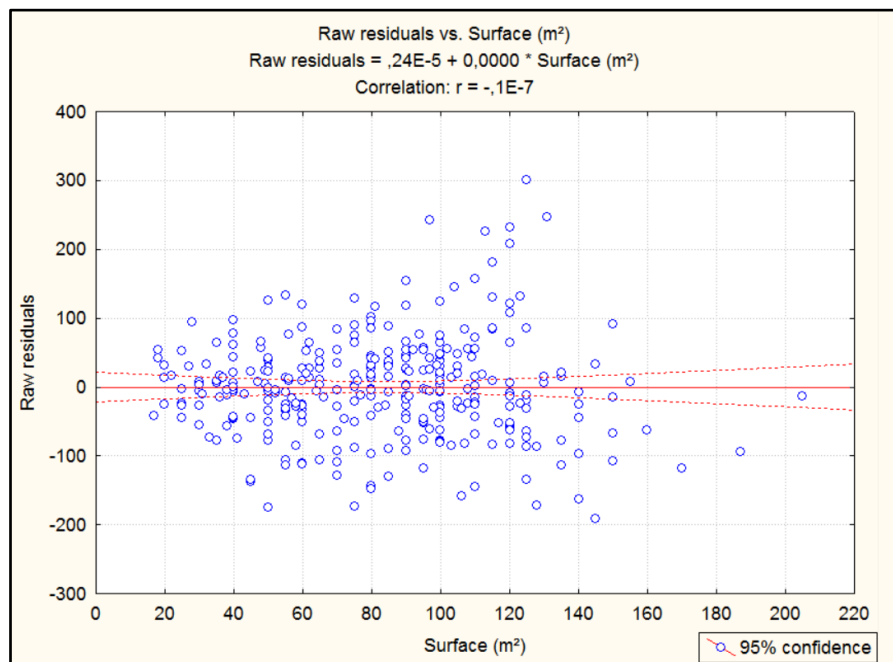
Le graphique ci-dessous nous montre la légère hétéroscédasticité qu'il existe avec la variable dépendante qui est le prix (Figure 7). Les biens au dessus de 950 euros sont systématiquement sous-évalués, c'est-à-dire que la valeur observée est inférieure à la valeur attendue.

**Figure 7** : Dispersion des résidus en fonction du prix pour le modèle général des appartements à louer



L'exercice a été réalisé avec la surface habitable (Figure 8) :

**Figure 8** : Dispersion des résidus en fonction de la surface habitable pour le modèle général des appartements à louer



On remarque ici l'absence d'hétéroscédasticité. La pente nulle de la droite nous permet de voir que notre modèle peut être appliqué à l'étendue des superficies.

Afin de vérifier statistiquement l'absence d'hétéroscédasticité, un test de Breusch-Pagan ou de White peut être réalisé. Ceux-ci mettent en évidence les variables présentant une hétéroscédasticité excessive. Les résultats du test de White sont disponibles à l'annexe 6. Aucune variable n'a été mise en évidence lors de ce test. Aucune correction de l'hétéroscédasticité n'est donc réalisée.

#### b) Suppression des résidus extrêmes

Les biens présentant des résidus trop importants, c'est-à-dire dépassant la valeur de 2,5 fois l'erreur standard des résidus, sont identifiés afin d'être supprimés de l'analyse. En effectuant cette opération, deux biens sont supprimés pour la prochaine modélisation. La suppression de ces observations a légèrement modifié les p-values des variables et a entraîné la suppression de trois autres variables non-significatives.

Le nouveau modèle comporte les paramètres suivants :

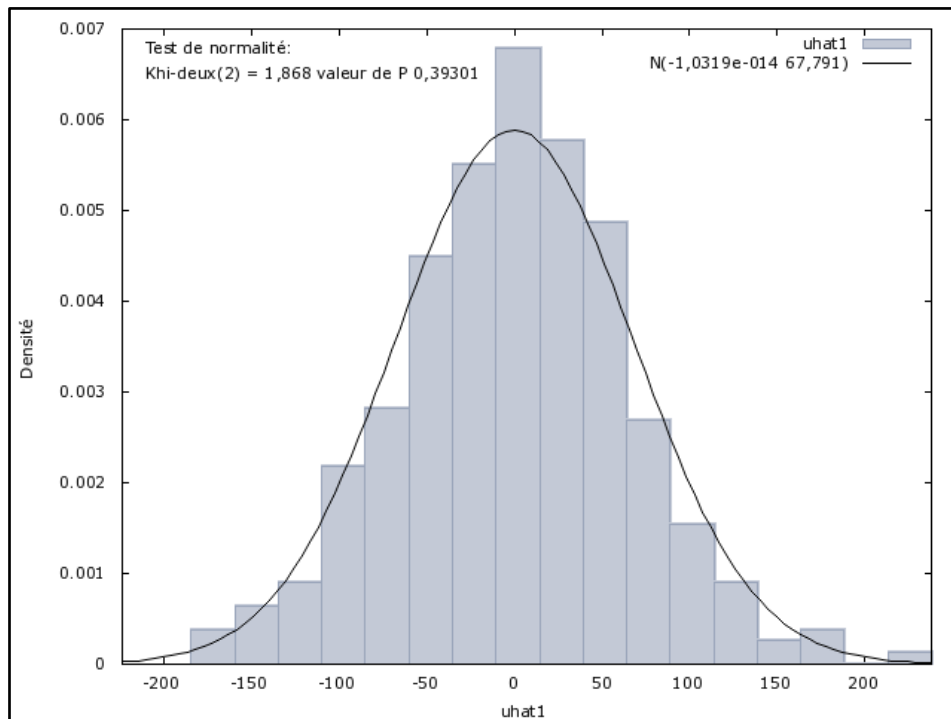
**Tableau 3** : Paramètres du modèle général des appartements à louer après élimination des résidus extrêmes

Moyenne de la variable dépendante	591,994	F (18, 295)	72,2659
Écart-type de la var. dép.	153,068	Log de vraisemblance	-1759,7
Somme des carrés des résidus	1,36e+06	Critère d'Akaike	3557,41
Erreur standard des résidus	67,7906	Critère de Schwarz	3628,65
R <sup>2</sup> non-ajusté	0,815138	Critère d'Hannan-Quinn	3585,87
R <sup>2</sup> ajusté	0,803858	Nombre d'observations	314

La valeur du  $R^2$  ajusté est supérieure à la valeur du modèle réalisé avant la suppression des résidus excessifs. De plus, on remarque une diminution des valeurs de chaque critère, ce qui permet au modèle d'être plus fiable. La valeur du test de Fisher est toujours supérieure à celle attendue par les tables statistiques.

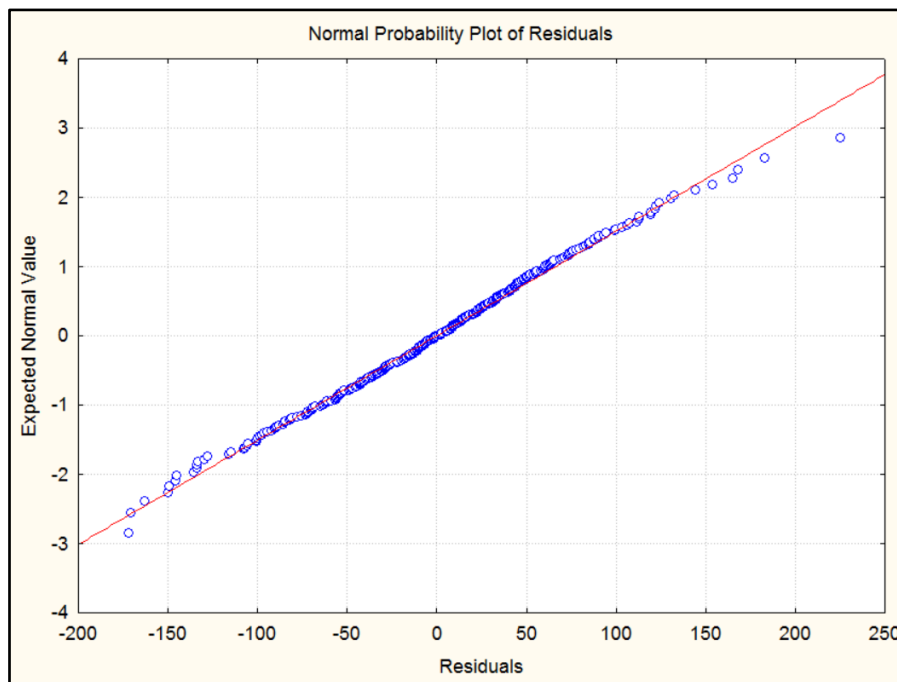
L'analyse des résidus nous permet d'affirmer que leur distribution est normale, étant donné que la p-value associée est supérieure au seuil de 0,05 (Figure 9).

**Figure 9** : Test de normalité des résidus pour le modèle général des appartements à louer



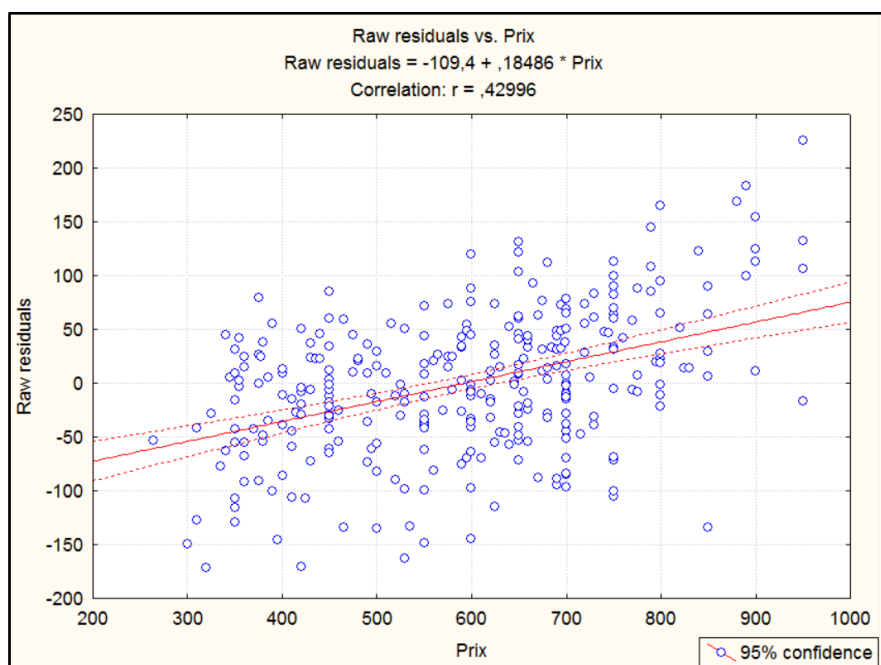
La distribution des résidus par rapport au prix, après avoir éliminé les appartements présentant des résidus trop grands, nous montre que le prix prédit par le modèle est plutôt surévalué pour les biens les moins chers de notre échantillon et plutôt sous-évalué pour les biens les plus chers. (Figure 10) :

**Figure 10** : Droite de Henry de la variable dépendante du modèle général des appartements à louer



En analysant le graphe de répartition des résidus vis-à-vis de la variable dépendante après avoir supprimé les résidus extrêmes (Figure 11), on remarque que ceux-ci s'écartent moins de la droite de régression, surtout pour les biens les plus chers.

**Figure 11** : Dispersion des résidus en fonction du prix pour le modèle général des appartements à louer après avoir supprimé les résidus extrêmes



### c) Autocorrélation spatiale

La dernière étape permettant de finaliser notre modèle est la vérification de l'absence d'autocorrélation spatiale des résidus. A cet effet, un test permettant de vérifier l'indice de Moran

est réalisé grâce au logiciel GeoDa. L'indice est proche de 0 en cas d'absence d'autocorrélation spatiale. Pour le modèle général, la valeur est de 0,0110 (< 0,05) ce qui témoigne de l'absence d'autocorrélation spatiale. Le diagramme de Moran est disponible à l'annexe 7.

d) Vérification de l'efficacité du modèle grâce au sous-échantillon :

La vérification du modèle grâce au sous-échantillon se fait en multipliant les valeurs des variables indépendantes de chaque appartement du sous-échantillon par les coefficients de régressions (B) de notre modèle. A ce produit est ajoutée la valeur de l'ordonnée à l'origine (F. Des Rosiers, 2001).

D'après F. Des Rosiers (2001), on estime que notre modèle est robuste si celui-ci affiche un écart moyen pour notre sous-échantillon avoisinant la performance de l'échantillon, traduite par l'erreur type relative, encore appelé coefficient de variation et généralement égale à 15 % voir 10 % dans le cas d'études plus précises.

Après avoir réalisé cette vérification, on observe un écart de 10,87 % en moyenne entre le prix de l'annonce d'Immoweb et le prix estimé par le modèle, les plus gros écarts étant pour les appartements à louer les plus chers. Cette valeur ne semble pas excessive puisqu'elle dépasse à peine le seuil des 10 %. L'écart moyen pour l'ensemble de l'échantillon s'élève à 9,14 % soit une valeur comparable à celle de notre sous-échantillon. Le modèle semble donc robuste sur base de ces vérifications.

#### 3.1.2.4. Résultats du modèle général des appartements à louer

**Tableau 4** : Variables significatives du modèle général des appartements à louer

Variables	Coefficient	Erreur standard	t de student	p-critique
Studio	-33,771	14,3098	-2,360	0,01893
Surface habitable	2,947	0,147733	19,948	<0,00001
Accès à la télédistribution	29,307	7,97155	3,676	0,00028
Parking intérieur	57,986	10,3682	5,593	<0,00001
Cuisine semi-équipée	-36,272	11,2325	-3,229	0,00138
Cuisine hyper-équipée	42,688	10,7843	3,958	0,00009
Ligne à haute tension à moins de 200 mètres	39,277	15,7289	2,497	0,01307
Distance à la centrale nucléaire de Tihange	-0,002	0,0006	-4,499	<0,00001
SAED à moins de 100 mètres	-42,547	22,084	-1,927	0,05499
Densité de population	-0,007	0,0017	-3,908	0,00012
Ecole supérieure à moins de 2 min en voiture	30,829	14,1642	2,177	0,03031
Ecole secondaire à moins de 5 min en voiture	26,828	12,5599	2,136	0,0335
Réseau hydrographique à moins de 200 mètres	30,896	9,76719	3,163	0,00172
Carrière à moins de 500 mètres	-107,480	29,8158	-3,605	0,00037
Industrie à moins de 1000 mètres	33,008	9,55103	3,456	0,00063
Zone A de Bierset à moins de 5000 mètres	-38,224	14,2742	-2,678	0,00783

**Tableau 5** : Variables significatives du modèle général des appartements à louer triées par valeur explicative

<b>Variab</b> les	<b>B*</b>	<b>B</b>
Surface habitable	0,65071	2,947
Densité de population	-0,16367	-0,007
Parking intérieur	0,15872	57,986
Distance à la centrale nucléaire de Tihange	-0,13350	-0,002
Industrie à moins de 1000 mètres	0,10789	33,008
Cuisine hyper-équipée	0,10693	42,688
Ecole supérieure à moins de 2 min en voiture	0,10057	30,829
Carrière à moins de 500 mètres	-0,09628	-107,480
Accès à la télédistribution	0,09476	29,307
Réseau hydrographique à moins de 200 mètres	0,08949	30,896
Cuisine semi-équipée	-0,08613	-36,272
Zone A de Bierset à moins de 5000 mètres	-0,07461	-38,224
Ligne à haute tension à moins de 200 mètres	0,07205	39,277
Studio	-0,07040	-33,771
Ecole secondaire à moins de 5 min en voiture	0,06766	26,828
SAED à moins de 100 mètres	-0,05119	-42,547

### **Variab**les intrinsèques

Ces variables arrivent logiquement parmi celles ayant le plus grand pouvoir explicatif au sein du modèle. La surface habitable est la variable la plus explicative. Le prix d'un mètre carré supplémentaire entraîne une augmentation du prix de 2,95 euros par mois.

Bien que la variable n'a pas été mise en évidence dans le travail de P. Dethier (2012) par exemple, la présence d'un parking intérieur dans notre modèle coûterait 57,99 euros dans le loyer mensuel. Ce résultat ne semble pas si étonnant, bien que le prix estimé soit tout de même conséquent. En effet, certaines annonces proposaient la location d'un garage pour un supplément monétaire mensuel avoisinant le coût estimé par le modèle. La présence d'un garage n'a probablement pas la même valeur dans les milieux denses et dans les milieux périphériques. Etant donné que la majorité des biens de notre étude sont situés dans des zones denses, on peut supposer que la valeur estimée par le modèle correspond davantage au prix d'un garage dans le centre qu'à la campagne.

L'équipement des cuisines semble être également un facteur déterminant pour les appartements à louer selon notre modèle. En n'introduisant pas la variable "cuisine équipée" dans le modèle, nous considérons celle-ci comme caractéristique de notre bien de référence. Ainsi, les autres variables d'équipement de la cuisine lui sont directement comparées. Pour une cuisine semi-équipée, une moins-value de 36,27 euros par mois est observée par rapport à une cuisine équipée. En revanche, pour une cuisine hyper-équipée, c'est une plus-value de 42,69 euros par mois qui est relevée. Ces valeurs sont à prendre avec précaution, car elles peuvent être influencées par d'autres variables liées au standing de l'appartement.

Par rapport à un appartement "classique", un studio se loue en moyenne 33,77 euros moins cher. Ces types de biens sont caractérisés par une pièce principale et d'autres petites pièces secondaires.



Comme l'a mis en évidence M. Geiger (2006), un nombre de pièces moins important est généralement lié à une valeur moins importante des biens immobiliers.

L'accès à la télédistribution est valorisé de 29,31 euros par mois. La plus-value semble un peu excessive pour pouvoir être expliquée uniquement par la variable elle-même. L'accès à la télédistribution semble être corrélé avec d'autres facteurs. Cette caractéristique est par exemple généralement associée aux biens les mieux équipés.

### **Variabiles d'accessibilité**

Ces variables possèdent un pouvoir explicatif assez faible dans notre modèle, contrairement à ce que l'on aurait pu penser.

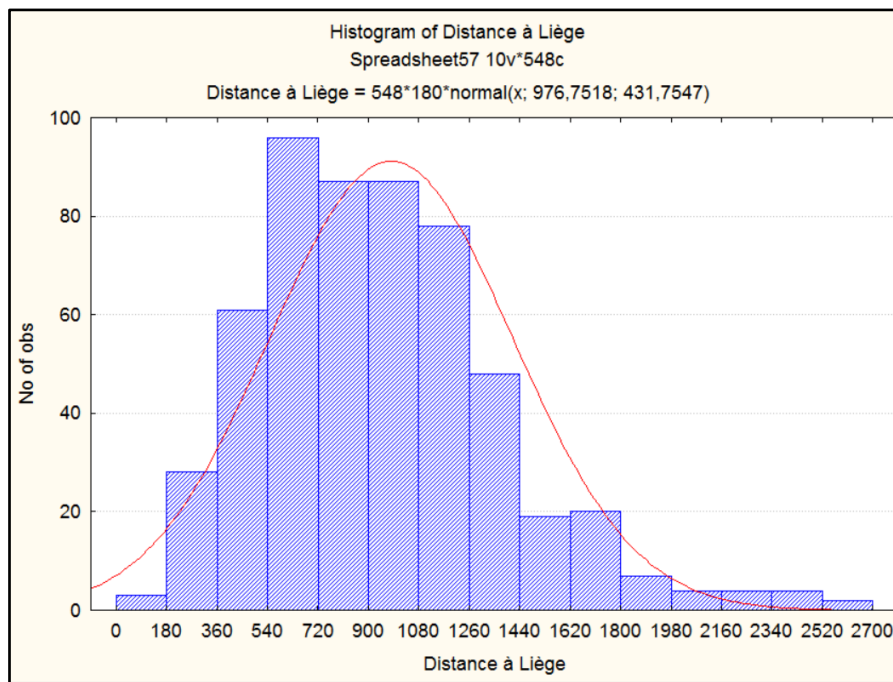
Une plus-value de 26,828 euros par mois est associée aux appartements à louer situés à moins de 5 minutes de voiture d'une école secondaire. De plus, une école supérieure située à moins de 2 minutes de voiture génère également une plus-value, de 30,83 euros par mois cette fois. L'analyse de ces variables peut ne pas se limiter aux variables elles-mêmes. En effet, on remarque que les écoles secondaires et supérieures au sein de la région urbaine de Liège sont plus nombreuses vers le centre qu'en périphérie. On peut donc supposer que la proximité à ce type d'établissement est en relation avec la proximité aux services et à l'emploi par exemple.

Concernant les pôles de la région urbaine de Liège, Y. Grignet (2011) avait mis en évidence une moins-value lorsque l'on s'approchait des pôles de Herstal et de Seraing. Il avait également remarqué une plus-value pour Liège et le Sart-Tilman. A part pour Liège, ces variables n'ont pas pu intégrer notre analyse, car elles étaient trop corrélées avec d'autres variables.

La variable d'accessibilité au centre de Liège a été testée dans nos modèles. Cette approche est importante étant donné que les variables d'accessibilité aux pôles urbains reviennent quasiment systématiquement parmi les variables significatives des modèles générés dans d'autres travaux, tels que celui de P. Dethier (2012) ou encore celui de H. Maldague (2014). De plus, ce concept est à la base des théories socio-économiques, qui prédisent une augmentation des prix avec la proximité aux centres urbains, du fait de l'offre potentielle plus faible. (J.-M. Halleux, 2005). L'influence de la proximité à Liège n'a cependant pas été mise en évidence dans ce modèle.

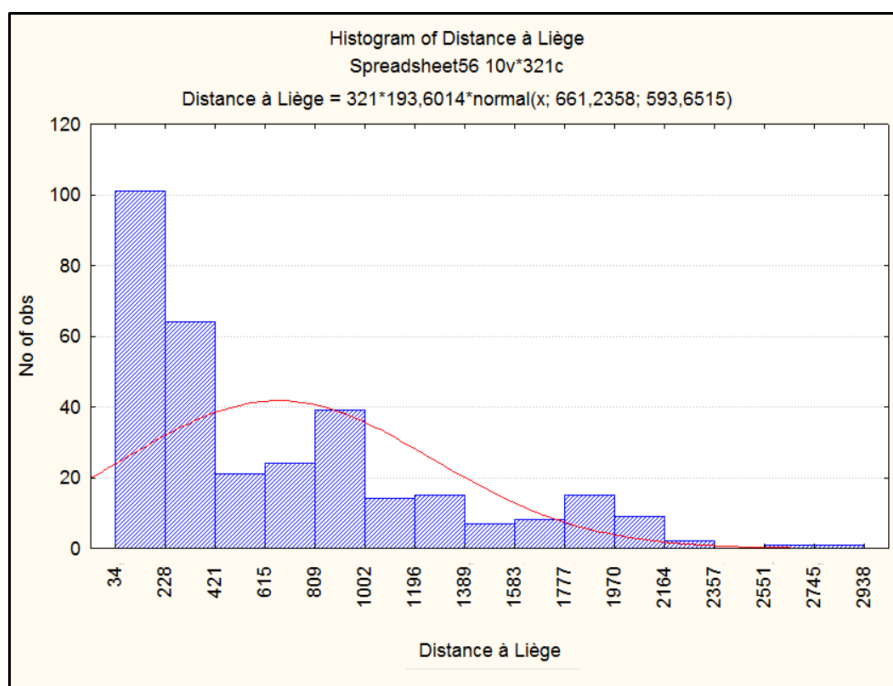
Afin de justifier l'absence de significativité de cette variable dans notre modèle, nous avons décidé d'analyser la distribution des distances-temps au centre-ville de Liège. Un premier diagramme montre la répartition des distances, en seconde de voiture, entre les maisons d'habitation du travail de P. Dethier (2012) et le centre de Liège (Figure 12). Comme énoncé précédemment, son étude avait montré l'influence de la proximité du centre de Liège sur le prix des maisons d'habitation.

**Figure 12** : Distance entre les maisons d'habitation et le centre de Liège



Un diagramme similaire a été réalisé avec nos appartements (Figure 13).

**Figure 13** : Distance entre les appartements à louer et le centre-ville de Liège



Nous pouvons observer que le premier diagramme montre une distribution s'approchant de la normale. En revanche, pour le deuxième, la distribution affiche une forte concentration des appartements à louer à proximité du centre-ville. Cette différence peut expliquer l'absence de significativité de notre variable d'accès à Liège, l'effet étant probablement masqué par la forte concentration des biens sur un espace restreint.

Aucune variable concernant l'accès aux bus n'est significative. La variance de la distance aux arrêts de bus est assez faible au sein de notre échantillon, ce qui peut être la cause de l'absence d'influence de ces variables. Une plus grande répartition des valeurs aurait peut-être pu engendrer un résultat différent. La concentration des appartements vers le centre de Liège est probablement responsable de ces observations.

La distance au RAVeL n'engendre pas de plus-value sur le prix des appartements locatifs. Un résultat similaire pour les terrains à bâtir avait été obtenu par H. Maldague (2014), qui était le premier à tester l'influence de cette variable.

### **Variables d'environnement physique**

La variable liée à l'environnement physique ayant le plus grand pouvoir explicatif est la présence d'une industrie à moins de 1000 mètres, affichant une plus-value de 33,01 euros. Ce résultat est contre-intuitif puisque ces sites sont censés être générateurs de nuisances. On peut cependant penser qu'à cette distance, l'influence négative sur les appartements n'existe plus.

La distance à la centrale nucléaire de Tihange génère une moins-value de 2,5 euros par kilomètre. Bien que l'on aurait pu penser que l'éloignement à la centrale soit bénéfique pour les appartements, c'est le contraire qui est observé. Cependant, seuls 16 biens sur 314 sont situés à moins de 10 kilomètres du site, distance à laquelle on peut supposer que l'effet négatif généré par la centrale nucléaire est fortement réduit. On peut donc supposer que la variable renvoie à d'autres facteurs, tels que la proximité à Huy par exemple.

Une variable liée aux SAED ressort au sein du modèle. Un appartement situé dans un rayon de 100 mètres des SAED subit une moins-value de 42,55 euros par mois. Cela reflète bien les nuisances que ces sites peuvent générer.

Le fait qu'un appartement soit situé à moins de 500 mètres d'une carrière entraîne une moins-value de 107,48 euros par mois. Ces carrières sont génératrices de nuisances pour le voisinage, ce qui justifie que le prix des appartements à louer diminue à proximité de celles-ci.

L'aéroport de Bierset est générateur de nuisances sonores pour les résidents. La variable binaire regroupant les biens situés à moins de 5000 mètres de la zone A de Bierset est significative dans notre modèle. Comme l'on pouvait s'y attendre, les appartements situés dans ce rayon accusent une moins-value de 38,22 euros par mois.

Si le réseau hydrographique se trouve à moins de 200 mètres d'un appartement à louer, ce dernier subira en moyenne une plus-value de 30,90 euros par mois d'après notre modèle. H. Maldague (2014) avait observé une moins-value pour les terrains à bâtir de la région urbaine de Liège, situés à moins de 100 mètres d'un cours d'eau. L'étude de S.-T. Anderson et S.-E. West (2006) montre des résultats pour les maisons d'habitation, allant dans le même sens que le nôtre.

La présence d'une ligne à haute tension est associée à une plus-value de 39,28 euros par mois. Ce résultat s'oppose à celui obtenu par H. Maldague (2014), qui avait observé une moins-value pour les terrains à bâtir des bassins d'emploi de Liège et de Charleroi situés à moins de 500 mètres d'une ligne à haute tension.

La localisation de l'appartement à louer dans un cul-de-sac n'apporte pas d'influence sur le prix. Lors de la création du modèle, cette variable était généralement supprimée à la fin, car sa p-value était très légèrement supérieure au seuil critique. H. Maldague (2014) avait pourtant mis en évidence l'influence de cette variable, générant une plus-value pour les terrains à bâtir situés dans un cul-de-sac.

Les aléas aux inondations n'influencent pas le prix des appartements à louer selon notre modèle. La non-significativité provient probablement du faible nombre d'appartements situés dans des zones à risques. De plus, la très grande majorité des appartements situés dans de telles zones sont soumis à des "faibles" risques, aucun bien n'étant situé dans des zones de risques "élevés".

### **Variables socio-économiques**

La densité de population est la seule variable socio-économique du modèle et c'est la deuxième variable ayant le pouvoir explicatif le plus fort. Une moins-value est observée proportionnellement à l'augmentation de la densité de population. Une forte densité peut généralement être associée à des nuisances sonores plus importantes. P. Dethier (2012) a obtenu un résultat similaire pour les maisons d'habitation de Liège. En revanche, J. Albrecht et R. Van Hoofstat (2011) et A. Donzel *et al* (2008) estiment qu'un bien aura un prix réduit s'il se situe dans un milieu moins dense.

Les revenus médians et moyens ne sont pas significatifs dans notre modèle. Le caractère significatif de ces variables avait pourtant été observé pour les terrains à bâtir. (H. Maldague, 2014)

### **3.1.3. Création d'autres modèles :**

Dans notre échantillon, certains appartements présentent un manque de données vis-à-vis de certaines variables. Ces variables n'ont donc pas été intégrées aux modèles précédents afin de conserver un nombre d'observations maximal. Afin de voir si ces variables sont susceptibles d'apporter des informations complémentaires sur le prix des appartements à louer, différents modèles les intégrant ont été réalisés.

Afin de conserver un maximum d'appartements pour ces modèles, nous avons décidé de ne pas créer de sous-échantillon et donc de conserver tous les biens disposant de données sur les variables que l'on souhaite ajouter à notre analyse.

Les résultats seront décrits au point 3.1.3.6, mais ne seront pas détaillés autant que le modèle général, le but étant surtout de mesurer l'impact des nouvelles variables sur le prix des appartements et d'analyser les éventuelles différences avec le modèle général.

#### **3.1.3.1. Avec l'âge de l'immeuble**

Ne possédant pas d'information sur l'âge de l'immeuble pour tous les appartements, seuls ceux disposant de la donnée ont été utilisés pour réaliser un modèle incluant cette variable. Le modèle a été créé en respectant la méthodologie.

Il est à noter que ce modèle a été réalisé un peu différemment des précédents. Une tentative d'épuration des variables par petits groupes nous a permis de conserver la variable liée à l'âge de l'immeuble. Les variables présentant les p-value les plus élevées étaient donc supprimées du modèle jusqu'à ce qu'on l'obtienne un modèle avec uniquement des variables significatives au seuil de

0,10. Sans effectuer cette méthode, nous aurions dû supprimer la variable d'âge du bâtiment directement. Le modèle résultant présente les paramètres suivants (Tableau 6), après avoir éliminé les résidus extrêmes :

**Tableau 6 :** Paramètres du modèle des appartements à louer avec l'âge des immeubles

Moyenne de la variable dépendante	638,993	F (34, 101)	24,2172
Écart-type de la var. dép.	152,382	Log de vraisemblance	-725,51
Somme des carrés des résidus	342505	Critère d'Akaike	1521,02
Erreur standard des résidus	58,2335	Critère de Schwarz	1622,96
R <sup>2</sup> non-ajusté	0,890738	Critère d'Hannan-Quinn	1562,45
R <sup>2</sup> ajusté	0,853957	Nombre d'observations	136

Suite à cette méthode un peu différente, nous obtenons un plus grand nombre de variables significatives, ce qui met en avant l'idée que les variables s'influencent parfois fortement entre elles. En effet, une variable affichant une p-value excessive peut s'avérer être significative sans la présence de variables perturbatrices.

La valeur du R<sup>2</sup> ajusté est plus élevée que dans les modèles précédents, ce qui laisse supposer que l'âge de l'immeuble permet un bon ajustement du modèle.

### 3.1.3.2. Avec l'état de l'appartement

Pour ce modèle, l'état des appartements est intégré à l'analyse. Ici encore, le nombre de biens possédant une information sur leur état est plus faible que pour le modèle général. Au total, 248 appartements à louer constituent le modèle. Les premiers tests montrent que les variables d'état ("remis à neuf" et "excellent") sont significatives. Après avoir supprimé 5 appartements présentant des résidus excessifs, nous obtenons le modèle suivant :

**Tableau 7 :** Paramètres du modèle des appartements à louer avec l'état des biens

Moyenne de la variable dépendante	588,786	F (24, 218)	58,3869
Écart-type de la var. dép.	161,657	Log de vraisemblance	-1336,43
Somme des carrés des résidus	851410	Critère d'Akaike	2722,87
Erreur standard des résidus	62,4944	Critère de Schwarz	2810,2
R <sup>2</sup> non-ajusté	0,865373	Critère d'Hannan-Quinn	2758,04
R <sup>2</sup> ajusté	0,850551	Nombre d'observations	243

Les paramètres du modèle (Tableau 7) montrent, comme pour le modèle précédent, une part explicative assez élevée. La valeur obtenue grâce au test de Fisher permet d'éliminer l'hypothèse nulle et donc de valider la contribution des variables indépendantes vis-à-vis de la variable dépendante.

### 3.1.3.3. Avec le nombre de façades

Les variables liées au nombre de façades se sont révélées non-significatives. En analysant les valeurs du coefficient Beta, on peut voir que le fait d'avoir trois ou quatre façades augmente le prix de l'appartement et le fait d'en avoir une seule apporte une moins-value par rapport à un appartement de deux façades. Ces résultats sont à prendre avec précaution, car ils ne sont pas statistiquement

vérifiés, mais ils semblent néanmoins ne pas être en contradiction avec ce que d'autres études ont obtenu (P. Dethier, 2012, Y. Grignet, 2011).

#### 3.1.3.4. Avec l'étage du bien

Les variables binaires intervenant dans l'analyse sont les biens situés au rez-de-chaussée, au 3ème ou au 4ème étage, et entre le 5ème et le 20ème étage.

**Tableau 8 :** Paramètres du modèle des appartements à louer avec l'étage des biens

Moyenne de la variable dépendante	611,342	F (16, 296)	69,6305
Écart-type de la var. dép.	150,645	Log de vraisemblance	-1768,99
Somme des carrés des résidus	1,49e+06	Critère d'Akaike	3571,99
Erreur standard des résidus	70,8611	Critère de Schwarz	3635,67
R <sup>2</sup> non-ajusté	0,790084	Critère d'Hannan-Quinn	3597,44
R <sup>2</sup> ajusté	0,778737	Nombre d'observations	313

Le modèle créé semble être moins performant puisque la valeur du R<sup>2</sup> ajusté est de 0,779. La variable pour le rez-de-chaussée et celle pour les appartements situés entre le 5ème et le 20ème étage sont significatives dans ce modèle et affichent toutes les deux une plus-value.

#### 3.1.3.5. Avec le nombre d'étages du bâtiment

Enfin, le dernier modèle intègre le nombre d'étages de l'immeuble. Ceux-ci sont déclinés en 4 variables, à savoir les bâtiments ayant entre 0 et 2 étages, 3 et 5 étages, 6 et 10 étages ou encore entre 11 et 20 étages. La première variable fait partie du "bien type" et n'intègre donc pas le modèle final.

**Tableau 9 :** Paramètres du modèle des appartements à louer avec le nombre d'étages des bâtiments

Moyenne de la variable dépendante	603,626	F (15, 163)	46,8586
Écart-type de la var. dép.	142,925	Log de vraisemblance	-992,28
Somme des carrés des résidus	684492	Critère d'Akaike	2016,56
Erreur standard des résidus	64,8023	Critère de Schwarz	2067,56
R <sup>2</sup> non-ajusté	0,811752	Critère d'Hannan-Quinn	2037,24
R <sup>2</sup> ajusté	0,794428	Nombre d'observations	179

Le pouvoir explicatif de ce modèle est un peu plus grand que pour le modèle tenant compte de l'étage de l'appartement. Les variables qui regroupent les immeubles ayant entre 3 et 5 étages ainsi que les immeubles ayant entre 6 et 20 étages sont significatives au sein du modèle, ces dernières étant associées à une moins-value par rapport au "bien-type".

### 3.1.3.6. Résultats pour les autres modèles des appartements à louer :

Toutes les variables ne sont pas détaillées dans ces modèles. Seules celles apportant une analyse supplémentaire vis-à-vis des deux modèles précédents sont décrites.

#### a) Avec l'âge de l'immeuble

**Tableau 10** : Variables significatives du modèle des appartements à louer avec l'âge de l'immeuble

Variables	Coefficient	Erreur standard	t de student	p-critique
<b>Année de construction</b>	0,373	0,1423	2,623	0,01007
Studio	-62,116	25,2356	-2,461	0,01553
Duplex	-105,274	32,6521	-3,224	0,0017
Surface habitable	3,672	0,2379	15,434	<0,00001
Parlophone / vidéophone	77,920	17,2352	4,521	0,00002
Arrêt de bus à moins de 100 mètres	-70,251	12,1341	-5,790	<0,00001
Gare à moins de 5 min de voiture	47,447	14,7628	3,214	0,00176
Sortie d'autoroute à moins de 2 min de voiture	59,685	17,1365	3,483	0,00073
Distance aux lignes à haute tension	0,087	0,0115	7,508	<0,00001
Ligne à haute tension à moins de 500 mètres	91,970	19,0542	4,827	<0,00001
Distance à la centrale nucléaire de Tihange	-0,005	0,0009	-5,788	<0,00001
Centrale nucléaire de Tihange à moins de 5000 mètres	-116,976	52,4469	-2,230	0,02794
IKEA d'Hognoul à moins de 10 min de voiture	46,770	20,5183	2,279	0,02475
Risque d'inondation faible	-242,862	49,0720	-4,949	<0,00001
Risque d'inondation moyen	100,449	36,9065	2,722	0,00765
Distance aux SAED	0,022	0,0059	3,668	0,00039
Ecole supérieure à moins de 2 min de voiture	46,712	20,9927	2,225	0,0283
Ecole secondaire à moins de 5 min de voiture	63,116	20,6919	3,050	0,00292
Distance au réseau hydrographique	0,056	0,0090	6,240	<0,00001
Réseau hydrographique à moins de 100 mètres	67,999	20,6858	3,287	0,00139
Distance aux espaces verts	-0,021	0,0049	-4,182	0,00006
Espace vert à moins de 1000 mètres	224,551	66,9504	3,354	0,00112
Distance aux carrières	0,015	0,0044	3,483	0,00074
Carrière à moins de 500 mètres	-61,711	36,2765	-1,701	0,09199
Distance aux industries	-0,034	0,0072	-4,686	<0,00001
Taux de logements sociaux	-1,620	0,6456	-2,509	0,01368
Hôpital général à moins de 5 minutes	102,677	23,9433	4,288	0,00004
Autoroute à moins de 100 mètres	-150,872	39,3895	-3,830	0,00022
Voie ferrée à moins de 500 mètres	53,139	16,9128	3,142	0,0022
Zone A de Bierset à moins de 5000 mètres	-203,290	34,1712	-5,949	<0,00001
Part modale du train	-754,375	272,5440	-2,768	0,00671
Part modale des modes lents	-758,785	198,1430	-3,829	0,00022
Distance aux nodules commerciaux	0,126	0,0573	2,202	0,02993

**Tableau 11** : Variables significatives du modèle des appartements à louer avec l'âge de l'immeuble triées par valeur explicative

<b>Variables</b>	<b>B*</b>	<b>B</b>
Surface habitable	0,77560	3,672
Distance aux lignes à haute tension	0,73024	0,087
Distance au réseau hydrographique	0,55729	0,056
Distance aux industries	-0,46302	-0,034
Zone A de Bierset à moins de 5000 mètres	-0,37980	-203,290
Distance aux espaces verts	-0,34568	-0,021
Hôpital général à moins de 5 minutes	0,31639	102,677
Distance à la centrale nucléaire de Tihange	-0,31471	-0,005
Distance aux SAED	0,30420	0,022
Risque d'inondation faible	-0,30103	-242,862
Ligne à haute tension à moins de 500 mètres	0,27602	91,970
Part modale des modes lents	-0,25998	-758,785
Distance aux carrières	0,23881	0,015
Arrêt de bus à moins de 100 mètres	-0,23134	-70,251
Espace vert à moins de 1000 mètres	0,21724	224,551
Parlophone / vidéophone	0,20753	77,920
Sortie d'autoroute à moins de 2 min de voiture	0,17913	59,685
Voie ferrée à moins de 500 mètres	0,17470	53,139
Ecole secondaire à moins de 5 min de voiture	0,17440	63,116
Part modale du train	-0,17068	-754,375
Réseau hydrographique à moins de 100 mètres	0,16789	67,999
Distance aux nœuds commerciaux	0,16167	0,126
Gare à moins de 5 min de voiture	0,15291	47,447
Ecole supérieure à moins de 2 min de voiture	0,15005	46,712
Autoroute à moins de 100 mètres	-0,14596	-150,872
IKEA d'Hognoul à moins de 10 min de voiture	0,14324	46,770
Duplex	-0,13049	-105,274
Centrale nucléaire de Tihange à moins de 5000 mètres	-0,13018	-116,976
<b>Année de construction</b>	0,12974	0,373
Risque d'inondation moyen	0,12451	100,449
Studio	-0,11155	-62,116
Taux de logements sociaux	-0,09698	-1,620
Carrière à moins de 500 mètres	-0,06868	-61,711

Bien qu'ayant une valeur explicative assez faible au sein du modèle, la variable de l'année de construction est significative au seuil de 0,05. Celle-ci nous informe que chaque année, un appartement locatif subit une moins-value de 0,37 euro par mois.

L'étude de P. Dethier (2012) sur les maisons d'habitation montre qu'après 100 ans, un bien perd environ 20 % de sa valeur. Notre modèle montre qu'après autant de temps, c'est environ 6 % de la valeur qui est perdue par un appartement. La différence réside dans le fait que nous avons conservé la variable de l'âge sous sa forme linéaire, car c'est sous cette forme que le modèle s'ajustait le mieux, alors que P. Dethier (2012) avait converti la variable grâce à la fonction logarithmique.



D'autres variables qui n'étaient pas significatives dans les modèles précédents le sont ici. C'est le cas de la distance aux espaces verts. Plus celle-ci augmente et plus l'appartement perd de la valeur, à savoir environ 21 euros par kilomètres.

Les variables exprimant l'influence des parts modales des modes lents et des trains montrent des valeurs aberrantes. Comme dit précédemment, nous avons effectué un modèle similaire à celui-ci en supprimant les variables des parts modales dans le but d'obtenir un résultat plus cohérent. Cependant, la variable de l'âge de l'immeuble n'était plus significative, le modèle n'avait donc pas d'intérêt à être conservé étant donné qu'à ce stade, il était le même que le modèle général, mais avec moins d'observations. Le modèle original a donc été conservé.

La présence d'un arrêt de bus à moins de 100 mètres est génératrice d'une moins-value de 70,25 euros par mois. On peut expliquer cela par les nuisances générées par le passage des véhicules.

Plus le taux de logements sociaux est élevé, et moins le prix des appartements le sera, à raison de 1,62 euro par mois pour chaque pour cent supplémentaire de logements sociaux.

Quelques variables remettent en cause la fiabilité du modèle tel que le risque moyen d'inondation qui affiche une plus-value de plus de 100,45 euros par mois. On peut penser que le faible nombre d'observations pour cette variable est susceptible de fausser les résultats.

#### *b) Avec l'état de l'appartement*

**Tableau 12** : Variables significatives du modèle des appartements à louer avec l'état des biens

Variables	Coefficient	Erreur standard	t de student	p-critique
<b>Etat : remis à neuf</b>	20,845	11,3805	1,832	0,06837
<b>Etat : excellent</b>	56,407	10,6455	5,299	<0,00001
Studio	-46,923	15,0428	-3,119	0,00206
Surface habitable	2,518	0,1834	13,728	<0,00001
3 chambres	62,770	14,8361	4,231	0,00003
Télédistribution	26,817	8,8641	3,025	0,00278
Parking intérieur	42,521	10,9855	3,871	0,00014
Cuisine hyper-équipée	43,929	11,8140	3,718	0,00026
Ascenseur	40,658	10,2186	3,979	0,00009
Ligne à haute tension à moins de 200 mètres	32,898	15,3211	2,147	0,03288
Tihange	-0,002	0,0006	-4,107	0,00006
Distance aux SAED	0,022	0,0040	5,435	<0,00001
SAED à moins de 500 mètres	24,410	10,9124	2,237	0,02631
Densité de population	-0,007	0,0018	-3,643	0,00034
Réseau hydrographique à moins de 100 mètres	31,293	12,9514	2,416	0,01651
Distance aux espaces verts	0,008	0,0024	3,200	0,00158
Distance aux carrières	-0,013	0,0029	-4,495	0,00001
Carrière à moins de 500 mètres	-113,149	29,7502	-3,803	0,00019
Hôpital général à moins de 10 min de voiture	39,352	16,9331	2,324	0,02105
Autoroute à moins de 100 mètres	-54,160	21,3832	-2,533	0,01202
Distance à la voie ferrée	-0,013	0,0047	-2,869	0,00452
Zone A de Bierset à moins de 5000 mètres	-51,837	15,7409	-3,293	0,00116
Distance aux nodules commerciaux	-0,116	0,0281	-4,117	0,00005

**Tableau 13** : Variables significatives du modèle des appartements à louer avec l'état des biens triées par valeur explicative

<b>Variabes</b>	<b>B*</b>	<b>B</b>
Surface habitable	0,54160	2,518
Distance aux SAED	0,28229	0,022
Distance aux carrières	-0,17733	-0,013
<b>Etat : excellent</b>	0,17062	56,407
Densité de population	-0,14841	-0,007
3 chambres	0,13498	62,770
Distance aux nodules commerciaux	-0,13285	-0,116
Ascenseur	0,12593	40,658
Distance à la voie ferrée	-0,11858	-0,013
Tihange	-0,11839	-0,002
Parking intérieur	0,11236	42,521
Carrière à moins de 500 mètres	-0,10884	-113,149
Cuisine hyper-équipée	0,10755	43,929
Distance aux espaces verts	0,10596	0,008
Zone A de Bierset à moins de 5000 mètres	-0,09586	-51,837
Studio	-0,09429	-46,923
Télédistribution	0,08126	26,817
Hôpital général à moins de 10 min de voiture	0,07908	39,352
SAED à moins de 500 mètres	0,07410	24,410
Autoroute à moins de 100 mètres	-0,06979	-54,160
Réseau hydrographique à moins de 100 mètres	0,06811	31,292
Ligne à haute tension à moins de 200 mètres	0,06084	32,898
<b>Etat : remis à neuf</b>	0,05299	20,845

Les valeurs des coefficients des variables d'état sont à comparer aux appartements en "bon état". Ainsi, un appartement "remis à neuf" profitera d'une plus-value de 20,84 euros par mois alors qu'un appartement en excellent état est sujet à une plus-value de 56,41 euros par mois. Ce deuxième type de biens fait sans doute référence à des biens assez récents pour la plupart d'entre eux. Etant donné que l'âge des appartements est soumis à la marginalité décroissante, ce sont les biens susceptibles de perdre en valeur plus rapidement.

On remarque que les variables déjà présentes dans les précédents modèles affichent des valeurs de coefficient allant dans la même logique. De plus, certaines variables apparaissent déjà dans le modèle de l'âge de l'immeuble comme l'accessibilité à un hôpital ou aux nodules commerciaux. Pour ces derniers, on observe une dévaluation à mesure que l'on s'éloigne de ces nodules alors qu'une plus-value était observée pour le modèle de l'âge.

#### *c) Avec le nombre de façades*

Y. Grignet (2011) avait observé une utilité marginalité croissante avec le nombre de façades, la valeur augmentant beaucoup plus si l'on passe de 3 à 4 façades par rapport au passage de 2 à 3 façades.

Cependant, les résultats de nos modèles prenant en compte le nombre de façades sont non-significatifs. Aucun modèle pour ces variables n'est donc présenté dans ce document.

d) Avec l'étage du bien

**Tableau 14** : Variables significatives du modèle des appartements à louer avec l'étage des biens

Variables	Coefficient	Erreur standard	t de student	p-critique
<b>Situé au rez-de-chaussée</b>	48,872	13,0916	3,733	0,00023
<b>Situé entre le 5ème et le 20ème étage</b>	30,129	11,2485	2,678	0,00781
Studio	-29,135	16,8293	-1,731	0,08445
Surface habitable	3,064	0,1536	19,946	<0,00001
Télédistribution	18,544	9,4165	1,969	0,04985
Parlophone / vidéophone	27,380	10,0914	2,713	0,00705
Parking intérieur	64,813	10,3840	6,242	<0,00001
Cuisine semi-équipée	-33,609	11,4822	-2,927	0,00369
Cuisine hyper-équipée	59,286	11,1954	5,296	<0,00001
Sortie d'autoroute à moins de 1500 mètres	23,820	9,6563	2,467	0,0142
Ligne à haute tension à moins de 200 mètres	44,452	15,7382	2,824	0,00506
Distance à la centrale nucléaire de Tihange	-0,003	0,0006	-4,719	<0,00001
Distance aux SAED	0,007	0,0024	2,748	0,00636
Ecole secondaire à moins de 5 min de voiture	31,185	13,5151	2,307	0,02172
Zone A de Bierset à moins de 5000 mètres	-53,710	15,4129	-3,485	0,00057
Part modale du train	-572,140	142,3580	-4,019	0,00007

**Tableau 15** : Variables significatives du modèle des appartements à louer avec l'étage des biens triées par valeur explicative

Variables	B*	B
Surface habitable	0,66395	3,064
Parking intérieur	0,18640	64,813
Cuisine hyper-équipée	0,15213	59,286
Distance à la centrale nucléaire de Tihange	-0,14336	-0,003
Part modale du train	-0,13454	-572,140
<b>Situé au rez-de-chaussée</b>	0,10491	48,872
Zone A de Bierset à moins de 5000 mètres	-0,10026	-53,710
Distance aux SAED	0,09547	0,007
Parlophone / vidéophone	0,08615	27,379
Cuisine semi-équipée	-0,08443	-33,609
Ligne à haute tension à moins de 200 mètres	0,08012	44,452
Ecole secondaire à moins de 5 min de voiture	0,08002	31,185
Sortie d'autoroute à moins de 1500 mètres	0,07863	23,819
<b>Situé entre le 5ème et le 20ème étage</b>	0,07835	30,129
Télédistribution	0,06106	18,544
Studio	-0,05346	-29,135

Les variables relatives à l'étage des appartements sont à comparer à la variable du premier et deuxième étage, non utilisée dans ce modèle, car caractérisant le "bien type". La variable rassemblant les appartements situés au rez-de-chaussée affiche un coefficient de 48,87 euros. Ainsi,

c'est un avantage de ne pas devoir monter d'étage. De même, être situé entre le 5ème et le 20ème étage génère une plus-value de 30,13 euros par mois.

e) Avec le nombre d'étages du bâtiment

**Tableau 16** : Variables significatives du modèle des appartements à louer avec le nombre d'étages du bâtiment

Variables	Coefficient	Erreur standard	t de student	p-critique
<b>Immeuble ayant entre 3 et 5 étages</b>	-31,837	12,4822	-2,551	0,01167
<b>Immeuble ayant entre 6 et 20 étages</b>	-55,047	18,4600	-2,982	0,0033
Studio	-49,568	21,8705	-2,266	0,02474
Surface habitable	2,982	0,1784	16,712	<0,00001
Cuisine semi-équipée	-33,120	14,5284	-2,280	0,02392
Cuisine hyper-équipée	48,059	13,0943	3,670	0,00033
Ascenseur	63,240	12,6958	4,981	<0,00001
Ligne à haute tension à moins de 100 mètres	-130,684	35,1997	-3,713	0,00028
Distance à la centrale nucléaire deTihange	-0,002	0,0006	-3,721	0,00027
Distance aux SAED	0,013	0,0034	3,759	0,00024
Densité de population	-0,004	0,0022	-1,756	0,08098
Ecole supérieure à moins de 2 min de voiture	31,340	16,4707	1,903	0,05884
Distance aux industries	-0,010	0,0028	-3,664	0,00034
Zone A de Bierset à moins de 5000 mètres	-49,083	18,6510	-2,632	0,00931

**Tableau 17** : Variables significatives du modèle des appartements à louer avec le nombre d'étages du bâtiment triées par valeur explicative

Variables	B*	B
Surface habitable	0,68638	2,982
Ascenseur	0,22127	63,240
Distance aux SAED	0,19086	0,013
Distance aux industries	-0,16892	-0,010
<b>Immeuble ayant entre 6 et 20 étages</b>	-0,16367	-55,047
Ligne à haute tension à moins de 100 mètres	-0,15109	-130,684
Cuisine hyper-équipée	0,14406	48,059
Distance à la centrale nucléaire deTihange	-0,14388	-0,002
<b>Immeuble ayant entre 3 et 5 étages</b>	-0,10928	-31,837
Ecole supérieure à moins de 2 min de voiture	0,10887	31,340
Zone A de Bierset à moins de 5000 mètres	-0,10357	-49,083
Densité de population	-0,09806	-0,004
Studio	-0,08698	-49,568
Cuisine semi-équipée	-0,08441	-33,120

Un immeuble ayant entre 3 et 5 étages génère une moins-value de 31,84 euros par mois alors qu'un immeuble ayant entre 6 et 20 étages est dévalué de 55,05 euros par mois. Ces valeurs sont à comparer à un immeuble ayant entre 0 et 2 étages. Les grands immeubles sont plutôt caractéristiques des milieux denses. Les plus grands immeubles sont généralement plus concentrés vers les centres-villes. C'est en effet dans ces lieux que l'espace est plus rare et plus convoité. La

construction de multiples logements sur un espace restreint est donc généralement la meilleure solution. C'est également dans ces espaces que la densité de population est plus importante et peut être considérée comme une nuisance génératrice d'une moins-value, ce qui pourrait expliquer pourquoi un immeuble plus haut est moins cher. De plus, ce type d'immeuble est davantage lié à des problèmes de voisinage.

### 3.1.4. Modèle prenant en compte les charges :

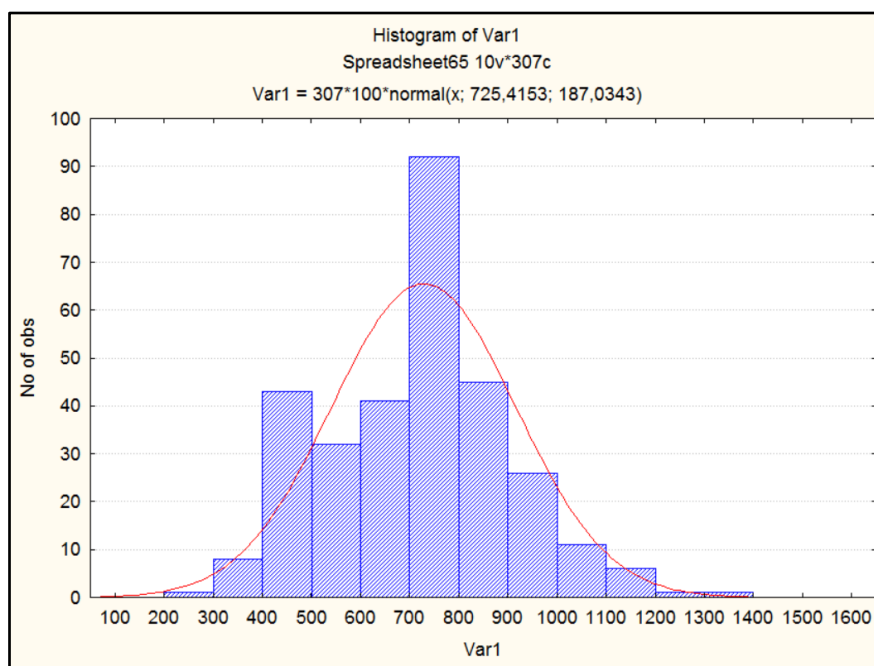
#### 3.1.4.1. Création du modèle

Les charges font parties du coût d'un appartement, et elles sont généralement non négligeables. Ce modèle ajoute donc le prix des charges à la variable dépendante du modèle général.

Les données des appartements ont été récoltées en essayant d'obtenir la valeur des charges telle que définie dans la récolte des données (point 2.1). Quelques appartements ne disposant pas de ces données ont été supprimés pour ce modèle, ainsi que ceux présentant des prix trop grands. Ce sont donc 341 appartements à louer qui font partie de notre analyse dont 34 d'entre eux sont préservés pour constituer le sous-échantillon.

La figure 14 montre la distribution de la variable indépendante. On remarque que la classe 700 - 800 euros est très représentée. Il ne semble pourtant pas faux de dire que la variable approche de la distribution normale.

**Figure 14** : Distribution du prix des appartements à louer comprenant les charges



Quelques paramètres de l'échantillon sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 18** : Statistiques descriptives de l'échantillon des appartements à louer comprenant les charges

Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
264	1200	725,42	187,03

Si l'on compare le prix moyen du modèle avec et sans les charges, on remarque une différence de prix de 21,65 % en moyenne. Cela signifie qu'au sein de notre échantillon, les charges correspondent à 17,8 % du prix de l'appartement en moyenne.

Les différentes étapes étant semblables au modèle général, nous avons décidé de ne pas toutes les détailler, d'autant plus que les résultats de ces étapes ne sont pas différents.

Nous avons supprimé les variables présentant une p-value supérieure à 0,20 puis à 0,10 et nous nous sommes assurés de l'absence de colinéarité (Annexe 8).

Seule la variable "Meublé" semble présenter de l'hétéroscédasticité (Annexe 9). Comme cette variable est de type binaire, aucune correction ne peut être appliquée à celle-ci.

Les biens présentant une erreur supérieure à 2,5 fois l'erreur standard des résidus ont été supprimés pour obtenir le modèle suivant :

**Tableau 19** : Paramètres du modèle des appartements à louer comprenant les charges

Moyenne de la variable dépendante	719,48	F (14, 288)	87,1536
Écart-type de la var. dép.	179,797	Log de vraisemblance	-1751,73
Somme des carrés des résidus	1,86e+06	Critère d'Akaike	3533,45
Erreur standard des résidus	80,4568	Critère de Schwarz	3589,16
R <sup>2</sup> non-ajusté	0,809038	Critère d'Hannan-Quinn	3555,74
R <sup>2</sup> ajusté	0,799755	Nombre d'observations	303

La création du diagramme de dispersion de Moran (Annexe 10) nous montre l'absence d'autocorrélation spatiale au sein de notre zone d'étude. La valeur de l'indice est inférieure au seuil de 0,05 puisqu'elle atteint 0,0045.

La valeur prédictive du modèle est légèrement inférieure au modèle sans les charges avec un R<sup>2</sup> ajusté de 0,800 alors que celui du modèle général était de 0,804. Cela signifie que les variables indépendantes expliquent 80 % du prix des appartements.

Les valeurs des différents critères ont légèrement baissé suite à l'élimination des résidus extrêmes, ce qui renforce la performance du modèle.

En effectuant le test sur le sous-échantillon, nous obtenons un écart moyen de 14,6 % alors que l'écart n'est que de 9,3% pour l'échantillon. Cet écart reflète une moins bonne robustesse de ce modèle par rapport au modèle général, étant donné que l'écart entre les valeurs moyennes de l'échantillon et du sous-échantillon devrait idéalement être faible. Ces écarts sont en partie explicables par l'inefficacité des marchés immobiliers.

### 3.1.4.2. Résultats pour le modèle tenant compte des charges :

**Tableau 20** : Variables significatives du modèle des appartements à louer comprenant les charges

Variables	Coefficient	Erreur standard	t de student	p-critique
Studio	-72,230	19,1201	-3,778	0,00019
Surface habitable	3,098	0,2055	15,078	<0,00001
3 chambres	62,008	16,2093	3,825	0,00016
Parking intérieur	52,378	12,1494	4,311	0,00002
Cuisine semi-équipée	-48,180	13,8458	-3,480	0,00058
Cuisine hyper-équipée	42,168	12,9305	3,261	0,00124
Deux WC	37,226	17,9568	2,073	0,03906
Ascenseur	62,471	10,4717	5,966	<0,00001
Gare à moins de 500 mètres	-29,686	12,5276	-2,370	0,01847
Densité de population	-0,008	0,0020	-3,856	0,00014
Ecole supérieure à moins de 2 min de voiture	46,041	14,1113	3,263	0,00124
Réseau hydrographique à moins de 200 mètres	29,845	12,2639	2,434	0,01556
Industries à moins de 200 mètres	-28,080	15,5240	-1,809	0,07152

**Tableau 21** : Variables significatives du modèle des appartements à louer comprenant les charges triées par valeur explicative

Variables	B*	B
Surface habitable	0,55902	3,098
Ascenseur	0,17399	62,471
Densité de population	-0,15775	-0,008
Ecole supérieure à moins de 2 min de voiture	0,12813	46,041
Parking intérieur	0,12593	52,378
3 chambres	0,12171	62,008
Studio	-0,11464	-72,230
Cuisine semi-équipée	-0,09545	-48,180
Cuisine hyper-équipée	0,09055	42,168
Réseau hydrographique à moins de 200 mètres	0,07358	29,845
Gare à moins de 500 mètres	-0,06419	-29,686
Deux WC	0,06101	37,226
Industries à moins de 200 mètres	-0,05351	-28,080

#### Variables intrinsèques

Ici aussi, la surface habitable est la variable ayant le pouvoir explicatif le plus important. Chaque mètre carré supplémentaire génère une plus-value de 3,10 euros par mois soit 5,19 % de plus que pour le modèle général des appartements à louer. La variable a été conservée sous forme linéaire étant donné que la transformation de celle-ci (sous forme logarithmique par exemple) apporte des résultats moins cohérents.

La présence d'un ascenseur génère une plus-value de 62,47 euros par mois. Cette observation révèle les coûts supplémentaires engendrés par l'entretien des immeubles collectifs. Il semble acceptable de penser que la présence d'un ascenseur est liée à un coût plus important des charges communes

(entretien des communs dont notamment l'ascenseur), d'autant plus que la variable n'apparaît pas dans le modèle général (sans les charges).

La présence d'un parking intérieur semble apporter une plus-value un peu inférieure à la valeur obtenue dans le modèle général des appartements à louer. Cette différence est renforcée par les prix plus importants des appartements de ce modèle, étant donné que les charges sont rajoutées au prix du modèle général. La présence d'un garage génère donc une plus-value de 52,38 euros par mois contre 57,99 euros par mois dans le modèle général.

Un appartement possédant trois chambres est plus cher de 62,01 euros par mois par rapport à un appartement de deux chambres.

Les studios, comme pour le modèle général, sont générateurs d'une moins-value par rapport à un appartement classique. La différence est cependant doublée par rapport au modèle général. Ce sont 72,23 euros par mois de moins-value qui sont observés pour les studios.

L'équipement de la cuisine se montre significatif dans ce modèle, les cuisines semi-équipées générant une moins-value de 48,18 euros par mois et les cuisines hyper-équipées une plus-value de 42,17 euros par mois par rapport à une cuisine équipée.

La présence de deux WC est associée à une plus-value de 37,22 euros. Cette plus-value non négligeable résulte du fait que la variable est corrélée à d'autres facteurs. Un bien possédant plusieurs toilettes est, par exemple, un peu mieux équipé ou un peu plus grand qu'un appartement n'en possédant qu'une.

### **Variables d'accessibilité**

La présence d'une école supérieure à moins de 2 minutes de voiture apporte une plus-value de 46,04 euros par mois d'après notre modèle. Une plus-value un peu moins importante a été observée pour la même variable dans le modèle général. Il est évident que l'établissement scolaire en lui-même ne peut être générateur d'une telle plus-value. Cependant les écoles secondaires étant concentrées vers Liège, on peut supposer que la variable traduit la part de service qui est plus importante vers le centre qu'en périphérie.

Si une gare se situe à moins de 500 mètres d'un appartement, notre modèle prédit que le prix de celui-ci diminue de 29,69 euros. Ce résultat est un peu étonnant, étant donné que la proximité aux gares semble apporter une plus-value, comme c'est le cas dans l'étude sur les terrains à bâtir de H. Maldague (2014) par exemple.

### **Variables d'environnement physique**

La présence du réseau hydrographique à moins de 200 mètres d'un appartement est génératrice d'une plus-value de 29,84 euros de loyer mensuel. Cette valeur est globalement comparable à celle obtenue par le modèle général.

Les appartements situés à moins de 200 mètres des industries sont associés à une moins-value de 28,08 euros par mois. Cette variable affiche une valeur de coefficient de signe contraire à la variable présentée dans le modèle général à savoir "Industries à moins de 1000 mètres". On peut supposer que c'est la proximité immédiate qui est la plus susceptible de générer une moins-value. A partir



d'une certaine distance, l'effet est réduit. Le résultat de ce modèle est identique à celui obtenu par **T. Naets (2015)** sur les terrains à bâtir de la région de Bruxelles, qui avait observé une dévaluation des biens à proximité de ces sites.

Aucune influence n'avait été mise en évidence dans le modèle général en ce qui concerne les aléas aux inondations. Dans ce modèle, le risque d'inondation faible entraîne une dévaluation de 68,02 euros.

### **Variables socio-économiques**

La seule variable socio-économique ressortant du modèle est la densité de population. L'observation est la même que pour le modèle général, c'est-à-dire qu'un milieu dense sera dévalué par rapport à un milieu moins peuplé.

#### **3.1.5. Conclusion sur les modèles des biens locatifs**

Il est difficile de savoir si le modèle général semble mieux approcher la réalité que le modèle comprenant les charges. Néanmoins, certaines observations nous permettent d'identifier les points forts et les points faibles de ces modèles.

Pour commencer, le modèle qui comprend les charges affiche des coefficients généralement bien plus élevés que le modèle général. Parmi les variables communes entre ces deux modèles, plusieurs doublent la valeur de leur coefficient, alors que théoriquement, on devrait observer des variations de 15 à 20 % entre les deux modèles (part des charges dans le coût pour le locataire).

De plus, comme dit précédemment, les charges reprennent parfois des choses différentes sur les annonces d'Immoweb (charges communes, électricité, eau, chauffage...) dont il n'est pas toujours possible d'identifier l'origine. Les valeurs encodées pour notre échantillon s'avèrent liées à un biais difficile à contourner.

Les variables étant significatives dans les deux modèles et présentant des coefficients de même signe sont probablement plus fiables que les autres (surface habitable, densité de population, parking intérieur, équipement de la cuisine, studio, proximité à une école supérieure...). Celles apparaissant uniquement dans le deuxième sont susceptibles d'expliquer davantage le coût des charges (ascenseur...)

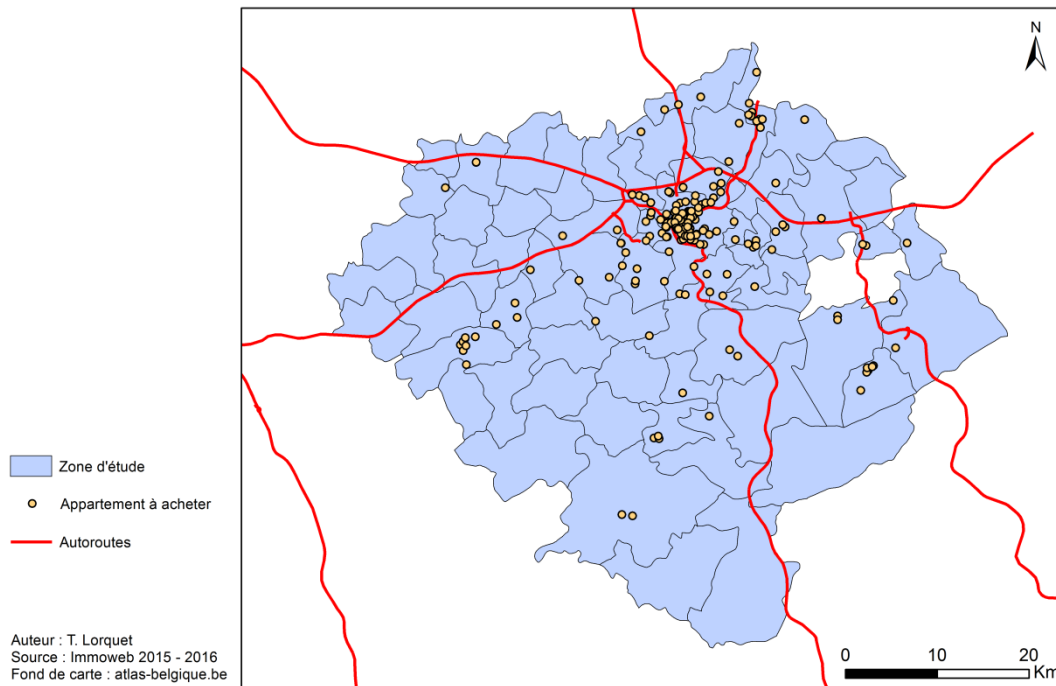
La comparaison entre l'ensemble des modèles montre que certaines variables semblent plus stables que d'autres et apparaissent dans la plupart des modèles. Ces variables possèdent généralement un pouvoir explicatif important au sein des modèles comme la surface habitable ou l'équipement de la cuisine par exemple, qui sont des variables intrinsèques.

## 3.2. Biens acquisitifs

### 3.2.1. Localisation des observations

La répartition des biens acquisitifs est globalement la même que pour les biens locatifs, ceux-ci étant majoritairement concentrés vers le centre de Liège. Le nombre d'appartements intégrant notre échantillon est de 245.

**Figure 15** : Répartition des appartements à acheter au sein de la région urbaine de Liège



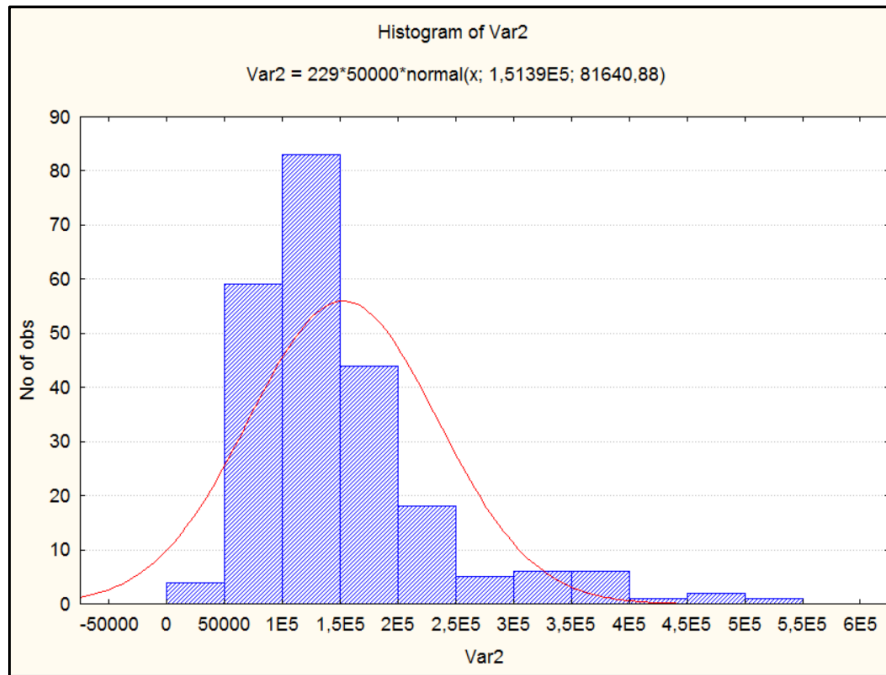
### 3.2.2. Modèle général des appartements à acheter

#### 3.2.2.1 Normalité de la variable dépendante

Avant de commencer nos analyses, il convient de sélectionner un sous-échantillon équivalent à 10 % de notre base de données. Sur les 245 appartements initiaux, 221 appartements sont conservés pour la suite de l'analyse.

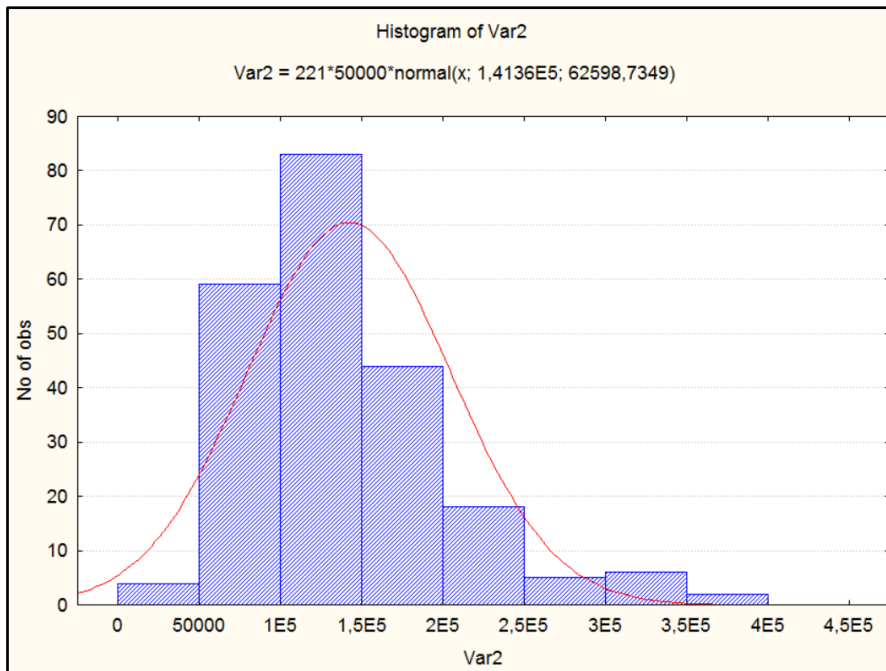
La distribution du prix des appartements sur le marché acquisitif montre un étalement vers la droite (Figure 16) :

**Figure 16** : Distribution du prix des appartements à acheter avant épuration



Une élimination des valeurs extrêmes est alors réalisée, en ne conservant que les biens d'un prix inférieur ou égal à 375 000 €. La nouvelle distribution (Figure 17) correspond davantage à une distribution normale, bien que conservant encore une légère tendance à s'étendre vers la droite :

**Figure 17** : Distribution du prix des appartements à acheter après épuration



Le nombre de biens étant plus faible que pour les appartements à louer, nous décidons de ne pas supprimer davantage d'observations.

Le tableau ci-dessous reprend quelques caractéristiques de notre échantillon :

**Tableau 22** : Statistiques descriptives de l'échantillon des appartements à acheter

Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
40 000	375 000	141361,30	62598,73

### 3.2.2.2. Corrélations entre variables

En supprimant les variables présentant une corrélation supérieure à 0,75, on passe de 115 à 90 variables. Parmi les variables concernées, celles concernant l'accessibilité aux pôles étaient presque systématiquement corrélées entre elles ou avec les variables concernant les sorties d'autoroute. Certaines variables quantitatives étaient corrélées avec les variables binaires du même thème.

Parmi l'ensemble des couples présentant une corrélation excessive, une des deux variables a été supprimée, en essayant de conserver les plus significatives après avoir testé celles-ci.

### 3.2.2.3. Création du modèle

Après avoir testé plusieurs modèles, nous sélectionnons celui qui semble le meilleur. Le tableau 23 reprend quelques valeurs associées à celui-ci.

**Tableau 23** : Paramètres du modèle général des appartements à acheter avant élimination des résidus extrêmes

Moyenne de la variable dépendante	141361	F (16, 204)	46,0962
Écart-type de la var. dép.	62598,7	Log de vraisemblance	-2584,92
Somme des carrés des résidus	1,87e+011	Critère d'Akaike	5203,84
Erreur standard des résidus	30259,2	Critère de Schwarz	5261,61
R <sup>2</sup> non-ajusté	0,783334	Critère d'Hannan-Quinn	5227,17
R <sup>2</sup> ajusté	0,76634	Nombre d'observations	221

### Vérification de la colinéarité

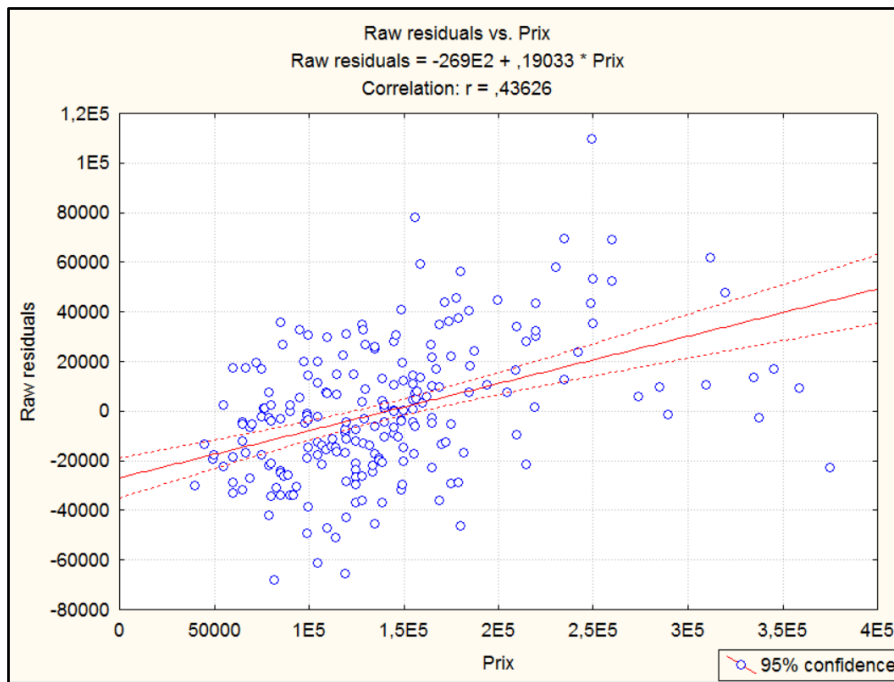
Après avoir réalisé un test de colinéarité sur le logiciel *Gretl*, on peut voir qu'aucune valeur n'est supérieure à 2,744 ce qui est bien inférieur à la limite de 5 dictée par F. Des Rosiers (2001). Le modèle ne présente donc pas de colinéarité excessive. Le test est disponible à l'annexe 11.

### Analyse des résidus

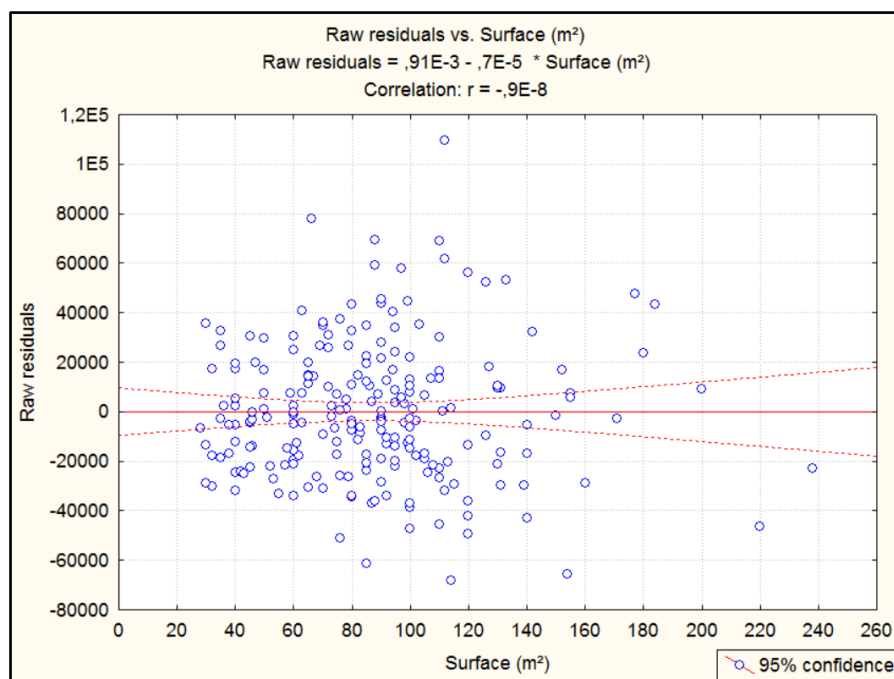
#### a) Hétéroscédasticité

Comme nous l'avons fait pour le modèle général des appartements à louer, il est possible d'analyser les graphes de dispersion des résidus des variables afin de repérer la présence d'hétéroscédasticité.

**Figure 18** : Graphe de dispersion des résidus en fonction du prix pour le modèle général des appartements à acheter



**Figure 19** : Graphe de dispersion des résidus en fonction de la surface habitable pour le modèle général des appartements à acheter



La figure 18 laisse penser qu'une légère hétéroscédasticité est présente pour la variable dépendante. On observe que les résidus pour les biens les plus chers sont plutôt situés sous la droite de régression, marquant une différence avec les autres biens, répartis plus uniformément de part et d'autre de la droite. En revanche, la variable de surface habitable (Figure 19) ne semble pas être dans le même cas, la variance des résidus étant globalement constante.

Afin de vérifier statistiquement que nous sommes en présence d'homoscédasticité pour chacune de nos variables, nous effectuons un test de White (Annexe 12). Ce dernier montre l'absence d'hétéroscédasticité pour toutes les variables (p-value < 0,05) :

**b) Suppression des résidus extrêmes**

Après avoir supprimé les deux appartements présentant un résidu supérieur à 2,5 fois l'erreur standard, nous obtenons le modèle suivant :

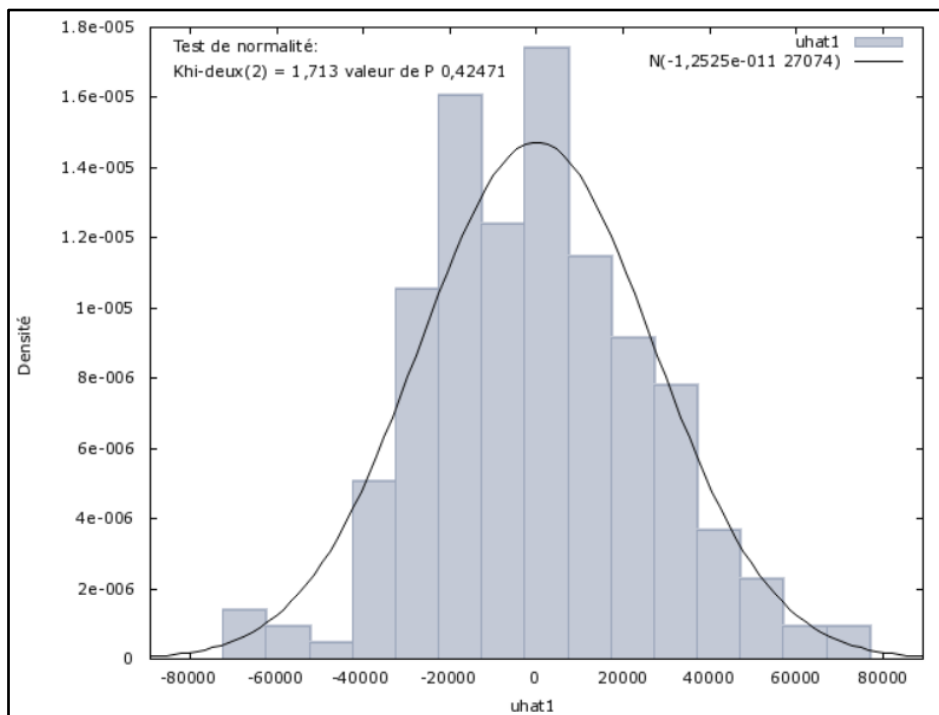
**Tableau 24** : Paramètres du modèle général des appartements à louer après élimination des résidus extrêmes

Moyenne de la variable dépendante	141154	F (14, 204)	57,0723
Écart-type de la var. dép.	62316,2	Log de vraisemblance	-2553,61
Somme des carrés des résidus	1,72e+011	Critère d'Akaike	5137,21
Erreur standard des résidus	29052	Critère de Schwarz	5188,05
R <sup>2</sup> non-ajusté	0,796613	Critère d'Hannan-Quinn	5157,74
R <sup>2</sup> ajusté	0,782655	Nombre d'observations	219

Ce modèle possède un R<sup>2</sup> ajusté un peu plus élevé que celui réalisé avant la suppression des résidus extrêmes. De plus, les valeurs des différents critères ont subi une légère baisse, ce qui augmente la fiabilité de notre modèle vis-à-vis du précédent.

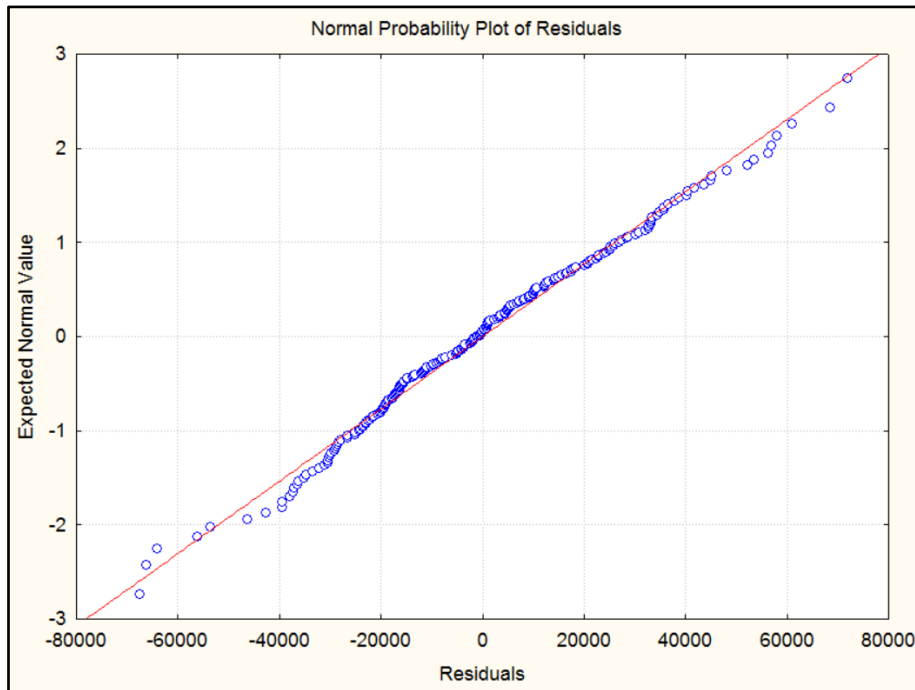
L'analyse de la distribution des résidus montre une valeur de p-value supérieure à 0,05 ce qui permet de valider le test de normalité des résidus (Figure 20).

**Figure 20** : Test de normalité des résidus pour le modèle général des appartements à acheter



La figure 21 montre la répartition des résidus par rapport à la droite de Henry. On remarque que les biens les moins chers et les plus chers s'écartent davantage de la droite. Les écarts pour les biens bas de gamme sont plus prononcés que pour le modèle général des appartements à louer.

**Figure 21** : Droite de Henry de la variable dépendante du modèle général des appartements à acheter



c) Autocorrélation spatiale

L'analyse de l'autocorrélation spatiale est une nouvelle fois réalisée grâce au logiciel GeoDa. Le diagramme de dispersion de Moran (Annexe 13) montre l'absence d'autocorrélation spatiale puisque l'indice est de 0,033. Cette valeur est supérieure à celle obtenue pour le modèle général des appartements à louer, bien que demeurant en dessous du seuil de 0,05.

d) Vérification de l'efficacité du modèle grâce au sous-échantillon

L'écart moyen est de 22,46 % pour le sous-échantillon et de 18,33 % pour l'échantillon. Ces valeurs sont supérieures à celles obtenues par le modèle général des appartements à louer même si elles ne semblent pas pour autant être si importantes comparés aux 15 % moyens attendus pour un modèle performant (F. Des Rosiers. 2001).

### 3.2.2.4. Résultats pour le modèle général des appartements à acheter :

**Tableau 25** : Variables significatives du modèle général des appartements à acheter

Variables	Coefficient	Erreur standard	t de student	p-critique
Surface habitable	903,8	65,56	13,786	<0,00001
Parking extérieur	27.772,8	4991,36	5,564	<0,00001
Parking intérieur	17.220,8	4676,55	3,682	0,0003
Cuisine hyper-équipée	77.898,3	12929,10	6,025	<0,00001
Deux salles de bain	133.241,0	16514,20	8,068	<0,00001
Ascenseur	23.065,4	4089,25	5,641	<0,00001
Distance à un arrêt de bus	129,6	25,24	5,134	<0,00001
Sortie d'autoroute à moins de 700 mètres	-22.291,9	7305,92	-3,051	0,00258
Distance à Bruxelles	20,4	5,83	3,492	0,00059
Ikea d'Hognoul à moins de 10 min en voiture	13.092,6	4931,22	2,655	0,00856
SAED à moins de 500 mètres	-15.395,7	4364,28	-3,528	0,00052
Carrière à moins de 500 mètres	-24.051,0	13611,30	-1,767	0,07873
Hôpital à moins de 10 minutes en voiture	28.615,1	7793,14	3,672	0,00031
Autoroute à moins de 500 mètres	22.035,4	7556,36	2,916	0,00394

**Tableau 26** : Variables significatives du modèle général des appartements à acheter triées par valeur explicative

Variables	B*	B
Surface habitable	0,51665	903,8
Deux salles de bain	0,28697	133.240,8
Cuisine hyper-équipée	0,20452	77.898,3
Parking extérieur	0,19600	27.772,8
Ascenseur	0,18547	23.065,4
Distance à un arrêt de bus	0,17697	129,6
Distance à Bruxelles	0,14652	20,4
Hôpital à moins de 10 minutes en voiture	0,14377	28.615,1
Sortie d'autoroute à moins de 700 mètres	-0,13986	-22.291,9
Autoroute à moins de 500 mètres	0,12835	22.035,4
Parking intérieur	0,12597	17.220,8
SAED à moins de 500 mètres	-0,12203	-15.395,7
Ikea d'Hognoul à moins de 10 min en voiture	0,10024	13.092,6
Carrière à moins de 500 mètres	-0,06315	-24.051,0

#### Variables intrinsèques

La surface habitable est, une fois de plus, la variable ayant le pouvoir explicatif le plus fort. Pour chaque mètre carré supplémentaire, 903,8 euros de plus-value sont générés. P. Dethier (2012) avait obtenu une valeur environ deux fois moins élevée pour les maisons d'habitation de Liège. C. Delbart (2012) avait obtenu une valeur de 354 euros par mètre carré supplémentaire de surface habitable pour les maisons d'habitation de Bruxelles. La différence assez importante entre nos résultats et ceux cités ci-dessus peut simplement être liée, d'une part au type de bien (appartements versus maisons d'habitation). De plus, étant donné que le prix du mètre carré est en moyenne plus élevé en ville



qu'en périphérie, et que notre échantillon est composé d'appartements dont la plupart sont localisés à proximité du centre-ville, on peut penser que le prix du mètre carré de notre modèle soit influencé.

Il est également à noter que la valeur au mètre carré générée pour les constructions neuves était de 1 303 euros par mètre carré en 2004 et de 1 515 euros par mètre carré en 2010 (Y. Grignet, 2011). Ces valeurs, bien que supérieures aux nôtres, semblent globalement comparables.

Il est évident que la présence de deux salles de bain n'entraîne pas une augmentation de plus de 130 000 € comme le prédit le modèle. Cette valeur est donc à prendre avec précaution. L'origine d'un tel résultat est liée au nombre faible d'appartements possédant cette caractéristique. Une observation relativement similaire avait été faite par Y. Grignet (2011) pour la présence d'une piscine pour les maisons d'habitation. Le nombre faible de biens possédant une piscine a été mentionné comme la cause de cette valeur surestimée.

Une cuisine hyper-équipée apporte une plus-value de 77 898,3 euros par rapport à une cuisine équipée. Ici aussi, la valeur obtenue ne peut tenir compte que de l'équipement de la cuisine. Cette variable est susceptible de caractériser un type de bien plutôt haut de gamme.

La présence d'un ascenseur dans l'immeuble apporte une plus-value de 23 065,4 euros. Ce dispositif nécessite un certain entretien et il est généralement situé dans des immeubles de plus de trois étages, c'est-à-dire dans des infrastructures plutôt situées vers les centres urbains. Cette proximité aux centres procure des avantages, notamment en termes de services et d'emplois. Toutes ces choses peuvent expliquer la raison d'une telle plus-value pour la présence d'un ascenseur.

Les problèmes de stationnement à Liège sont fréquents. Comme la plupart des appartements à acheter de notre échantillon sont localisés vers le centre de Liège, on peut supposer que le fait de posséder une place de parking est un avantage non négligeable. Si l'appartement dispose d'une place de parking extérieur, il faudra déboursier 27 772,8 euros supplémentaires en moyenne d'après notre modèle. Pour un parking intérieur, la valeur est étonnamment un peu plus faible puisqu'elle atteint 17 220,8 euros.

### **Variables d'accessibilité**

Plus la distance entre un appartement à acheter et l'arrêt de bus le plus proche augmente, et plus le prix de ce bien augmente. C'est ce que notre modèle suggère, augmentant le prix des appartements de 129,6 euros par mètre. Il est à noter que 75% des appartements de notre échantillon sont situés à 150 mètres ou moins d'un arrêt de bus. A cette distance une plus-value de 19.065 euros est générée. Les bus peuvent être générateurs de bruit à proximité des appartements. Ces nuisances sont susceptibles de dominer la notion d'accessibilité, étant donné que même les appartements les plus éloignés ne le sont que de quelques centaines de mètres au maximum. Il est à noter que lors du traitement pour la création de cette variable, plus la taille des pixels (associés à une valeur de distance) est petite, et plus la précision sera grande. Si la démarche était à refaire, il serait plus opportun d'utiliser des pixels de plus petite taille, en gardant en tête que les traitements sont susceptibles de prendre des temps d'exécution plus grands.

Les appartements situés à moins de 10 minutes en voiture du Ikea d'Hognoul génèrent une plus-value de 13 092,6 euros.

Plus on s'éloigne de Bruxelles et plus l'appartement a un prix élevé d'après notre modèle. Cette observation semble à priori contre-intuitive, d'autant plus que l'élévation du prix augmente de 20,4 euros par seconde de voiture. Les appartements étant éloignés de 76 minutes en moyenne, cela revient à une plus-value de 93.000 euros. Cette variable semble difficile à appréhender.

Ce sont 28 615,1 euros de plus-value qui sont associés aux appartements à acheter étant situés à moins de 10 minutes d'un hôpital général. Un résultat opposé avait été trouvé par T. Naets en 2015 dans son étude sur les terrains à bâtir de la région de Bruxelles. Notre variable a été créée à la base pour décrire les bénéfices d'un accès facilité aux soins de santé dans ces établissements. Le coefficient estimé par le modèle semble donc cohérent. De plus, les hôpitaux généraux de notre zone d'étude sont, pour la plupart, situés proches de pôles importants tels que Liège, Herstal, Huy...

De nombreuses variables d'accessibilité sont significatives dans ce modèle, on notera simplement l'absence des variables d'accessibilité aux établissements scolaires et au centre de Liège.

### **Variables d'environnement physique**

Si une sortie d'autoroutes est présente à moins de 700 mètres d'un appartement à acheter, notre modèle prédit que ce dernier subira une dévaluation de 22 291,9 euros. Cette variable était censée représenter les nuisances sonores liées aux sorties d'autoroute. Il est difficile d'estimer jusqu'à quelle distance de telles nuisances peuvent opérer. Cependant, cette variable est la seule ressortant du modèle, les variables possédant d'autres seuils étant non-significatives. De plus, les appartements situés à moins de 500 mètres d'une autoroute induisent une plus-value de 22 035,4 euros. Ce résultat va à l'encontre du précédent, car cette variable est, elle aussi, censée représenter les nuisances sonores liées au trafic autoroutier.

Un appartement situé à moins de 500 mètres d'un SAED subit une moins-value de 15 395,7 euros. Cette valeur semble logique étant donné les nuisances que peuvent apporter ces sites.

Une carrière située à moins de 500 mètres d'un appartement génère une moins-value de 24 051 euros sur le marché acquisitif. Ce résultat est cohérent avec celui obtenu dans le modèle général des appartements à louer.

### **Variables socio-économiques**

La densité de population et les variables de revenus ne sont pas significatives dans ce modèle, le manque de biens de l'échantillon pouvant être responsable, ainsi que la concentration dans un espace réduit d'une part importante de nos biens, réduisant la variance des variables en question.

### **3.2.3. Création d'autres modèles :**

Les modèles présentés ci-dessous ne sont pas détaillés dans leur intégralité, étant donné que les résultats des différents tests ne sont pas différents du modèle général. Pour chacun d'entre eux, la colinéarité, l'hétéroscédasticité et les résidus ont été analysés afin de repérer les éventuelles failles lors de la création des modèles.

### 3.2.3.1. Avec l'âge de l'immeuble

**Tableau 27** : Paramètres du modèle des appartements à acheter avec l'âge des immeubles

Moyenne de la variable dépendante	162139	F (20, 94)	26,9308
Écart-type de la var. dép.	60614,3	Log de vraisemblance	-1319,46
Somme des carrés des résidus	6,22e+010	Critère d'Akaike	2680,92
Erreur standard des résidus	25731,1	Critère de Schwarz	2738,57
R <sup>2</sup> non-ajusté	0,85141	Critère d'Hannan-Quinn	2704,32
R <sup>2</sup> ajusté	0,819796	Nombre d'observations	115

Le modèle intégrant l'âge de l'immeuble présente un R<sup>2</sup> ajusté plus élevé que le modèle général. Le test de Fisher affiche une valeur bien supérieure à celle des tables statistiques.

### 3.2.3.2. Avec l'état de l'appartement

**Tableau 28** : Paramètres du modèle des appartements à acheter avec l'état des biens

Moyenne de la variable dépendante	139684	F (15, 155)	40,0662
Écart-type de la var. dép.	59245	Log de vraisemblance	-1985,85
Somme des carrés des résidus	1,22e+011	Critère d'Akaike	4003,69
Erreur standard des résidus	28094,2	Critère de Schwarz	4053,96
R <sup>2</sup> non-ajusté	0,794972	Critère d'Hannan-Quinn	4024,09
R <sup>2</sup> ajusté	0,77513	Nombre d'observations	171

Comme pour le modèle des appartements à louer intégrant l'état de l'appartement, ce modèle présente une valeur de R<sup>2</sup> un peu plus faible que les autres modèles. Cela laisse supposer l'influence assez mitigée que l'état des appartements apporte au modèle.

Les variables d'état "à rénover", "à rafraîchir" et "excellent" sont significatives dans ce modèle et le signe de leur coefficient semble logique.

### 3.2.3.3. Avec le nombre de façades

**Tableau 29** : Paramètres du modèle des appartements à acheter avec le nombre de façades des bâtiments

Moyenne de la variable dépendante	153226	F (14, 138)	41,2154
Écart-type de la var. dép.	67294,8	Log de vraisemblance	-1791,63
Somme des carrés des résidus	1,33e+011	Critère d'Akaike	3613,25
Erreur standard des résidus	31027,4	Critère de Schwarz	3658,71
R <sup>2</sup> non-ajusté	0,806997	Critère d'Hannan-Quinn	3631,72
R <sup>2</sup> ajusté	0,787417	Nombre d'observations	153

Contrairement au modèle pour les appartements à louer avec le nombre de façades des immeubles, ce modèle montre la significativité de la variable "trois façades". Le R<sup>2</sup> ajusté de ce modèle est légèrement inférieur au modèle général des appartements à acheter.

### 3.2.3.4. Avec l'étage du bien

**Tableau 30** : Paramètres du modèle des appartements à acheter comprenant l'étage des biens

Moyenne de la variable dépendante	145790	F (24, 185)	35,6349
Écart-type de la var. dép.	62739,9	Log de vraisemblance	-2435,98
Somme des carrés des résidus	1,46e+011	Critère d'Akaike	4921,95
Erreur standard des résidus	28122,3	Critère de Schwarz	5005,63
R <sup>2</sup> non-ajusté	0,822156	Critère d'Hannan-Quinn	4955,78
R <sup>2</sup> ajusté	0,799084	Nombre d'observations	210

La seule variable liée à l'étage du bien étant significative dans ce modèle, concerne les biens situés entre le 5ème et le 20ème étage. Les résultats sont présentés au point 3.2.3.6.

### 3.2.3.5. Avec le nombre d'étages du bâtiment

**Tableau 31** : Paramètres du modèle des appartements à acheter avec le nombre d'étages des bâtiments

Moyenne de la variable dépendante	160976	F (20, 113)	26,9662
Écart-type de la var. dép.	66885,8	Log de vraisemblance	-1561,01
Somme des carrés des résidus	1,03e+011	Critère d'Akaike	3164,03
Erreur standard des résidus	30201,5	Critère de Schwarz	3224,88
R <sup>2</sup> non-ajusté	0,826773	Critère d'Hannan-Quinn	3188,76
R <sup>2</sup> ajusté	0,796113	Nombre d'observations	134

En ce qui concerne le nombre d'étages du bâtiment, seule la variable regroupant les bâtiments ayant entre 6 et 20 étages se montre significative dans ce modèle.

### 3.2.3.6. Résultats pour les autres modèles :

Comme pour les modèles supplémentaires pour les appartements du marché locatif, toutes les variables ne seront pas détaillées pour ces modèles, le but premier étant de voir l'influence globale des variables ajoutée par rapport au modèle général.

#### a) Avec l'âge de l'immeuble

**Tableau 32** : Variables significatives du modèle des appartements à acheter avec l'âge des bâtiments

Variables	Coefficient	Erreur standard	t de student	p-critique
<b>Année de construction</b>	796,8	104,55	7,622	<0,00001
Surface habitable	1.101,9	87,58	12,582	<0,00001
Parking extérieur	26.075,5	5765,03	4,523	0,00002
Terrasse	16.036,6	5570,47	2,879	0,00494
Cuisine non-équipée	-16.515,7	5654,57	-2,921	0,00437
Cuisine hyper-équipée	42.648,4	12659,40	3,369	0,0011
Deux salles de bain	73.100,4	30538,90	2,394	0,01867
Cave	9.610,2	5497,81	1,748	0,08373
Distance à un arrêt de bus	60,2	29,47	2,042	0,04396
Gares à moins de 1500 mètres	-32.110,8	7373,24	-4,355	0,00003
Sortie d'autoroute à moins de 1000 mètres	24.841,1	8994,27	2,762	0,00691

SAED à moins de 100 mètres	-38.910,7	19373,40	-2,008	0,04746
Densité de population	4,0	1,22	3,298	0,00137
Distance aux forêts	6,8	2,73	2,496	0,01429
Forêt à moins de 500 mètres	49.002,6	9992,37	4,904	<0,00001
Part de personnes de plus de 65 ans	-1.026,5	429,24	-2,391	0,01877
Autoroute à moins de 100 mètres	-45.470,7	14008,90	-3,246	0,00162

**Tableau 33** : Variables significatives du modèle des appartements à acheter avec l'âge des bâtiments triées par valeur explicative

Variables	B*	B
Surface habitable	0,58233	1.101,9
<b>Année de construction</b>	0,35361	796,8
Forêt à moins de 500 mètres	0,33491	49.002,6
Gares à moins de 1500 mètres	-0,25619	-32.110,8
Densité de population	0,21046	4,0
Parking extérieur	0,20579	26.075,5
Sortie d'autoroute à moins de 1000 mètres	0,19819	24.841,1
Cuisine hyper-équipée	0,15715	42.648,4
Distance aux forêts	0,15661	6,8
Autoroute à moins de 100 mètres	-0,15365	-45.470,7
Cuisine non-équipée	-0,13241	-16.515,7
Terrasse	0,12728	16.036,6
Part de personnes de plus de 65 ans	-0,12253	-1.026,5
Deux salles de bain	0,11246	73.100,4
Distance à un arrêt de bus	0,08968	60,2
SAED à moins de 100 mètres	-0,08428	-38.910,7
Cave	0,07828	9.610,2

L'année de construction montre un pouvoir explicatif assez important au sein du modèle. Pour chaque année supplémentaire de l'immeuble, un appartement subit une dévaluation de 796,8 euros. Après 20 ans par exemple, un appartement aura subi une moins-value d'environ 16 000 euros. Cependant, l'âge est soumis à une marginalité décroissante, la valeur d'un bien diminuant plus vite dans les 20 premières années (Y. Grignat, 2011), pour ensuite se stabiliser avec le temps. Il est donc important de tenir compte du fait que notre valeur correspond à une valeur moyenne.

Plusieurs variables n'ayant pas encore été relevées pour les appartements à acheter se montrent significatives dans ce modèle. C'est le cas par exemple de la proximité aux forêts. Un appartement situé à moins de 500 mètres d'une forêt génère une plus-value de 49 002,6 euros. J. Cavailhès *et al.* (2009) montre que la proximité à une forêt est positive pour les biens immobiliers. Une seconde variable nous indique que chaque mètre de distance à une forêt produit 6,8 euros de plus-value pour les appartements. M. Dantas (2010) a fait une observation similaire dans son étude. L'influence des forêts n'est pas clairement identifiée grâce à nos modèles et la littérature semble apporter différents résultats.

La présence d'une terrasse est évaluée à 16 036,6 euros. L'absence de données suffisantes ne nous a pas permis d'obtenir les bénéfices procurés par mètre carré de terrasse supplémentaire.

b) Avec l'état de l'appartement

**Tableau 34** : Variables significatives du modèle des appartements à acheter avec l'état des biens

Variables	Coefficient	Erreur standard	t de student	p-critique
<b>Etat : à rénover</b>	-36.440,4	10941,90	-3,330	0,00108
<b>Etat : excellent</b>	27.307,4	4942,69	5,525	<0,00001
Surface habitable	860,9	74,77	11,514	<0,00001
Parking intérieur	17.382,8	5340,89	3,255	0,00139
Terrasse	12.445,1	4635,43	2,685	0,00805
Cuisine hyper-équipée	78.975,6	17888,30	4,415	0,00002
2 salles de bain	96.952,1	23295,20	4,162	0,00005
Cave	15.043,0	4661,01	3,227	0,00152
Distance à Saint Lambert	-22,0	6,46	-3,407	0,00084
SAED à moins de 500 mètres	-13.652,2	4914,55	-2,778	0,00615
Réseau hydrographique à moins de 100 mètres	-13.073,9	6870,22	-1,903	0,0589
Taux de chômage	-3.379,4	786,76	-4,295	0,00003
Espace vert à moins de 1000 mètres	-46.560,4	15566,00	-2,991	0,00323
Forêts à moins de 200 mètres	39.964,2	11609,50	3,442	0,00074

**Tableau 35** : Variables significatives du modèle des appartements à acheter avec l'état des biens triées par valeur explicative

Variables	B*	B
Surface habitable	0,51035	860,9
Taux de chômage	-0,27926	-3.379,4
<b>Etat : Excellent</b>	0,22505	27.307,4
Distance à Saint Lambert	-0,22415	-22,0
2 salles de bain	0,17646	96.952,1
Cuisine hyper-équipée	0,17552	78.975,6
Forêts à moins de 200 mètres	0,17282	39.964,2
Parking intérieur	0,13305	17.382,8
Espace vert à moins de 1000 mètres	-0,13280	-46.560,4
<b>Etat : A rénover</b>	-0,13027	-36.440,4
Cave	0,12494	15.043,0
SAED à moins de 500 mètres	-0,11451	-13.652,2
Terrasse	0,10336	12.445,1
Réseau hydrographique à moins de 100 mètres	-0,07819	-13.073,9

Les variables d'état nous fournissent des résultats assez cohérents. Un appartement en "excellent" état à une valeur de 27 307,4 euros de plus qu'un appartement en "bon" état. De plus, un appartement "à rénover" est dévalué de 36 440,4 euros par rapport à un appartement en "bon" état.

La variable d'accessibilité à Liège montre une moins-valeur en relation avec l'éloignement au centre de Liège, à raison de 22 euros par seconde de voiture. Ce résultat est cohérent avec celui obtenu par H. Maldague (2012) pour les terrains à bâtir. A 10 minutes de voiture du centre de Liège, un

appartement sera dévalué de 13 200 euros par rapport à un appartement situé au cœur du centre-ville.

Le taux de chômage est la deuxième variable ayant le pouvoir explicatif le plus élevé. Plus celui-ci augmente, et moins l'appartement a de la valeur. C'est la première fois que cette variable est significative dans nos modèles et les résultats semblent cohérents.

c) Avec le nombre de façades

**Tableau 36** : Variables significatives du modèle des appartements à acheter avec le nombre de façades des bâtiments

Variables	Coefficient	Erreur standard	t de student	p-critique
<b>3 façades</b>	10.751,5	6177,79	1,740	0,084030
Surface habitable	889,6	83,29	10,681	<0,00001
Parking extérieur	31.633,6	5956,79	5,311	<0,00001
Parking intérieur	17.716,2	6110,60	2,899	0,004350
Terrasse	14.102,1	5583,86	2,526	0,012680
Cuisine semi-équipée	-13.728,6	7327,42	-1,874	0,063100
Cuisine hyper-équipée	84.168,9	14085,80	5,975	<0,00001
2 salles de bain	118.393,0	17996,20	6,579	<0,00001
Distance à un arrêt de bus	85,9	32,52	2,642	0,009200
Arrêt de bus à moins de 500 mètres	105.375,0	35424,20	2,975	0,003460
Gare à moins de 300 mètres	-24.566,4	11683,30	-2,103	0,037310
Distance à Bruxelles	13,6	6,82	1,986	0,048980
Forêts à moins de 200 mètres	19.838,9	11839,90	1,676	0,096080
Hôpital général à moins de 10 min de voiture	38.905,7	10159,60	3,829	0,000190

**Tableau 37** : Variables significatives du modèle des appartements à acheter avec le nombre de façades des bâtiments triées par valeur explicative

Variables	B*	B
Surface habitable	0,49320	889,6
2 salles de bain	0,28164	118.392,6
Cuisine hyper-équipée	0,24358	84.168,9
Parking extérieur	0,21757	31.633,6
Hôpital général à moins de 10 min de voiture	0,17749	38.905,7
Arrêt de bus à moins de 500 mètres	0,12659	105.375,4
Distance à un arrêt de bus	0,11791	85,9
Parking intérieur	0,11698	17.716,2
Terrasse	0,10200	14.102,1
Distance à Bruxelles	0,09451	13,6
Gare à moins de 300 mètres	-0,08618	-24.566,4
Cuisine semi-équipée	-0,07443	-13.728,6
Forêts à moins de 200 mètres	0,06959	19.838,9
<b>3 façades</b>	0,06926	10.751,5

La réalisation de ce modèle avait pour but de mettre en avant la valeur supplémentaire générée par le nombre de façades des immeubles. Cependant, seule la variable rassemblant les immeubles de trois façades est significative. Une plus-value de 10 751,5 euros est produite par les immeubles de trois façades par rapport à ceux de deux façades.

Ce modèle nous indique que les appartements situés à moins de 200 mètres d'une forêt génèrent une plus-value de 19 838,9 euros. Ce résultat correspond globalement bien à celui observé précédemment avec le modèle intégrant l'âge de l'immeuble.

*d) Avec l'étage du bien*

**Tableau 38** : Variables significatives du modèle des appartements à acheter avec l'étage des biens

<b>Variab</b>	<b>Coefficient</b>	<b>Erreur standard</b>	<b>t de student</b>	<b>p-critique</b>
<b>Situé entre le 5ème et le 20ème étage</b>	-15.070,6	5722,78	-2,633	0,00917
Surface habitable	862,1	71,35	12,081	<0,00001
Parking extérieur	21.890,9	5328,56	4,108	0,00006
Parking intérieur	27.837,7	5249,13	5,303	<0,00001
Terrasse	10.871,6	4493,30	2,420	0,01651
Cuisine non-équipée	-17.111,8	4600,52	-3,720	0,00026
Cuisine semi-équipée	-15.807,6	6097,98	-2,592	0,0103
Cuisine hyper-équipée	76.925,9	14471,80	5,316	<0,00001
2 salles de bain	121.144,0	16418,30	7,379	<0,00001
Ascenseur	14.825,8	4600,40	3,223	0,0015
Distance à un arrêt de bus	91,4	24,48	3,733	0,00025
sortie d'autoroute à moins de 700 mètres	-23.323,5	7868,22	-2,964	0,00343
RAVeL à moins de 500 mètres	-10.152,2	4178,69	-2,430	0,01607
Ligne à haute tension à moins de 100 mètres	31.301,2	10968,40	2,854	0,00481
Centrale nucléaire de Tihange à moins de 5000 mètres	-31.637,5	9429,08	-3,355	0,00096
Risque d'inondation faible	-29.712,6	12175,40	-2,440	0,01561
SAED à moins de 500 mètres	-18.014,1	4524,02	-3,982	0,0001
Ecole supérieure à moins de 2 min de voiture	26.272,6	6713,16	3,914	0,00013
Commerce alimentaire à moins de 5 min de voiture	-40.348,9	15137,70	-2,665	0,00837
Taux de chômage	-1.627,8	651,98	-2,497	0,01341
Forêt à moins de 500 mètres	22.841,0	7204,24	3,170	0,00178
Hôpital général à moins de 2 min de voiture	-13.405,8	5096,20	-2,631	0,00924
Autoroute à moins de 500 mètres	30.903,6	8352,51	3,700	0,00028
Distance aux nodules commerciaux	-77,1	14,75	-5,227	<0,00001



**Tableau 39** : Variables significatives du modèle des appartements à acheter avec l'étage des biens triées par valeur explicative

Variables	B*	B
Surface habitable	0,48400	862,1
2 salles de bain	0,26457	121.143,6
Distance aux nodules commerciaux	-0,24915	-77,1
Ecole supérieure à moins de 2 min de voiture	0,20872	26.272,6
Parking intérieur	0,19990	27.837,7
Cuisine hyper-équipée	0,18737	76.925,9
Autoroute à moins de 500 mètres	0,17745	30.903,6
Parking extérieur	0,15286	21.890,9
Sortie d'autoroute à moins de 700 mètres	-0,15037	-23.323,5
SAED à moins de 500 mètres	-0,14153	-18.014,1
Forêt à moins de 500 mètres	0,13443	22.841,0
Cuisine non-équipée	-0,13100	-17.111,8
Distance à un arrêt de bus	0,12931	91,4
Taux de chômage	-0,12792	-1.627,8
Centrale nucléaire de Tihange à moins de 5000 mètres	-0,12609	-31.637,5
Ascenseur	0,11830	14.825,8
Commerce alimentaire à moins de 5 min de voiture	-0,10740	-40.348,9
Ligne à haute tension à moins de 100 mètres	0,10650	31.301,2
Hôpital général à moins de 2 min de voiture	-0,10321	-13.405,8
<b>Situé entre le 5ème et le 20ème étage</b>	-0,09716	-15.070,6
Cuisine semi-équipée	-0,09412	-15.807,6
Risque d'inondation faible	-0,08521	-29.712,6
Terrasse	0,08347	10.871,6
RAVeL à moins de 500 mètres	-0,08073	-10.152,2

L'analyse de ce modèle nous informe qu'un appartement situé entre le 5ème et le 20ème étage subit une dévaluation de 15 070,6 euros. Il est difficile de savoir si le fait d'habiter à un étage élevé est générateur d'une telle moins-value. Certes, cela peut rendre les déménagements un peu plus pénibles, malgré la présence d'un ascenseur ou encore rendre l'accès légèrement plus long à son appartement. Ce résultat s'oppose à celui obtenu dans le modèle des appartements à louer.

La valeur générée par la présence d'une terrasse est comparable à celle obtenue dans le modèle des appartements à acheter intégrant l'âge du bâtiment.

e) Avec le nombre d'étages du bâtiment

**Tableau 40** : Variables significatives du modèle des appartements à acheter avec le nombre d'étages des bâtiments

Variables	Coefficient	Erreur standard	t de student	p-critique
<b>Immeuble ayant entre 6 et 20 étages</b>	-45.838,1	8910,79	-5,144	<0,00001
Surface habitable	403,7	129,10	3,127	0,00224
1 chambre	-29.503,2	8411,12	-3,508	0,00065
Parking extérieur	32.547,1	6580,07	4,946	<0,00001
Parking intérieur	26.611,2	6349,44	4,191	0,00006
Terrasse	39.932,5	6523,52	6,121	<0,00001
Cuisine hyper-équipée	79.422,9	13629,30	5,827	<0,00001
2 salles de bain	110.412,0	21063,50	5,242	<0,00001
Cave	14.016,7	5875,36	2,386	0,01871
Ascenseur	21.079,3	6084,87	3,464	0,00075
Gares à moins de 5 min de voiture	-14.306,4	6050,58	-2,364	0,01976
Distance à la place Saint-Lambert	-21,4	7,53	-2,838	0,00539
Distance aux SAED	5,7	2,12	2,677	0,00854
Distance au réseau hydrographique	5,3	1,95	2,729	0,00738
Forêt à moins de 200 mètres	44.061,1	11339,30	3,886	0,00017
Industries à moins de 1000 mètres	-14.894,1	6621,77	-2,249	0,02643
Hôpital général à moins de 10 min de voiture	33.961,5	9906,59	3,428	0,00085
Autoroute à moins de 100 mètres	-56.712,6	18655,80	-3,04	0,00294

**Tableau 41** : Variables significatives du modèle des appartements à acheter avec le nombre d'étages des bâtiments triées par valeur explicative

Variables	B*	B
Terrasse	0,28983	39.932,5
<b>Immeuble ayant entre 6 et 20 étages</b>	-0,26798	-45.838,1
Cuisine hyper-équipée	0,24650	79.422,9
2 salles de bain	0,24513	110.412,2
Parking extérieur	0,24027	32.547,1
Surface habitable	0,20469	403,7
Distance à la place Saint-Lambert	-0,19909	-21,4
1 chambre	-0,19075	-29.503,2
Forêt à moins de 200 mètres	0,18880	44.061,1
Parking intérieur	0,18403	26.611,2
Hôpital général à moins de 10 min de voiture	0,17779	33.961,5
Distance aux SAED	0,16896	5,7
Ascenseur	0,15704	21.079,3
Autoroute à moins de 100 mètres	-0,14483	-56.712,6
Distance au réseau hydrographique	0,12882	5,3
Industries à moins de 1000 mètres	-0,11074	-14.894,1
Gares à moins de 5 min de voiture	-0,10615	-14.306,4
Cave	0,10400	14.016,7

Une observation similaire au modèle précédent peut être faite pour celui-ci. Cependant, la réflexion est plus directe puisque l'on parle directement du nombre d'étages du bâtiment. Un immeuble possédant au moins 6 étages est soumis à une dévaluation de 45.838,1 euros. Les valeurs des coefficients sont systématiquement surévaluées lorsqu'on les compare aux autres modèles. Il convient donc d'être prudent quant à son analyse.

La distance à la place Saint-Lambert génère une moins-value de 21,4 euros par seconde de voiture. Ce résultat est très proche de celui observé pour le modèle avec l'état de l'appartement et montre que la variable est plus robuste que dans les modèles locatifs.

La présence d'une autoroute à moins de 100 mètres est associée à une moins-value importante, ce qui n'est pas étonnant étant donné qu'à cette distance, les nuisances sonores peuvent être potentiellement importantes.

### **3.2.4. Conclusion sur le modèle des biens acquisitifs**

Les variables intrinsèques affichent des résultats qui sont quasiment systématiquement logiques, même si les valeurs des coefficients semblent parfois excessives. La raison de ces estimations exagérées réside dans la prise en compte de phénomènes plus larges par les variables en question, l'équipement de la cuisine étant lié au standing de l'appartement par exemple.

En revanche, les variables extrinsèques donnent des résultats plus mitigés, les coefficients des variables étant parfois exagérés et allant même à l'encontre de la logique. Ici aussi, la raison de ces observations provient de variables cachées qui sont parfois difficiles à déterminer.

Pour la première fois au sein de nos modèles, la distance à Liège a été mise en évidence. Cette dernière semble afficher des valeurs de coefficient allant dans le même sens que les théories socio-économiques, à savoir une dévaluation des biens lorsque l'on s'éloigne des pôles urbains.

De plus, de légères modifications au sein de l'échantillon sont susceptibles de faire varier considérablement les résultats des variables les moins robustes. Un nombre de biens plus important aurait permis de réduire cet effet.

Si l'on voulait pousser l'analyse plus loin, il pourrait être intéressant de réaliser des analyses supplémentaires comme une ACP (analyse en composantes principales) afin de tenter de déterminer quelles variables se dissimulent parmi les nôtres.

### 3.3. Comparaison entre les modèles des biens locatifs et acquisitifs

Le tableau 42 permet de comparer quelques variables des échantillons des marchés locatif et acquisitif. Les valeurs présentées correspondent aux moyennes pour chaque variable.

**Tableau 42** : Comparaison des variables de nos échantillons

<b>Variables</b>	<b>Marché locatif 314 obs.</b>	<b>Marché acquisitif 219 obs.</b>
Surface habitable (m <sup>2</sup> )	85,69	90,41
Année de construction	1978	1992
Distance à la place St-Lambert (min)	10,69	11,19
Nombre de chambres	1,72	1,86
Nombre de façades	2,24	2,50
Nombre d'étages de l'immeuble	3,96	4,06

On peut observer des différences parfois notables comme pour l'année de construction. Les biens sur le marché acquisitif sont en moyenne plus récents de 14 ans par rapport à ceux du marché locatif. Sur ce dernier marché, la taille moyenne des appartements est un peu moins élevée et ils sont situés un peu plus proches du centre que les appartements à acheter.

Le tableau 43 reprend les modèles généraux du marché locatif et acquisitif ainsi que le modèle des biens à louer comprenant les charges. Le coefficient et la p-value proviennent des tableaux finaux de ces modèles. Une colonne supplémentaire a été créée afin de pouvoir comparer plus efficacement les valeurs des coefficients. Celle-ci correspond au pourcentage du prix moyen de l'échantillon du modèle en question. C'est-à-dire que le coefficient de chaque variable (en valeur absolue) est divisé par le prix moyen de l'échantillon, afin de connaître la contribution de la variable par rapport au prix moyen. Si l'on prend un exemple pour le modèle général des appartements à louer, on remarque qu'une cuisine hyper-équipée génère une plus-value de 42,69 euros par mois. Cette valeur correspond à 7,21 % du prix moyen de l'échantillon. Elle peut alors être comparée à celle des autres modèles. Étant donné que l'on suppose que le prix de nos modèles approche de la distribution normale, il paraît raisonnable d'utiliser ce prix moyen en guise de comparaison.

La comparaison des variables entre les trois modèles permet de voir les différences qui existent entre ceux-ci, mais aussi de nous faire une idée de la fiabilité des variables comparées. Si l'on remarque une contribution dans le prix totalement différente d'un modèle à l'autre, cela peut "remettre en cause" la fiabilité de la variable elle-même.

De plus, les variables intégrées aux modèles supplémentaires créés à la suite des modèles généraux font également l'objet d'une comparaison dans le tableau 44.

**Tableau 43** : Tableau comparatif des variables des modèles généraux des appartements à louer et à acheter

Variable	Modèle général du marché locatif			Modèle du marché locatif avec charges			Modèle général du marché acquisitif		
	Coefficient	% du prix moyen (591,99 €)	p-critique	Coefficient	% du prix moyen (719,48 €)	p-critique	Coefficient	% du prix moyen (141 154 €)	p-critique
Studio	-33,771	5,70%	0,01893	-72,23	10,04%	0,00019	/	/	/
Surface habitable	2,947	0,50%	<0,00001	3,098	0,43%	<0,00001	903,8	0,64%	<0,00001
Ascenseur	/	/	/	62,471	8,68%	<0,00001	23.065,40	16,34%	<0,00001
Cuisine semi-équipée	-36,272	6,13%	0,00138	-48,18	6,70%	0,00058	/	/	
Cuisine hyper-équipée	42,688	7,21%	0,00009	42,168	5,86%	0,00124	77.898,30	55,19%	<0,00001
Parking intérieur	57,986	9,80%	<0,00001	52,378	7,28%	0,00002	17.220,80	12,20%	0,0003
Parking extérieur	/	/	/	/	/	/	27.772,80	19,68%	<0,00001
Accès à la télédistribution	29,307	4,95%	0,00028	/	/	/	/	/	/
3 chambres	/	/	/	62,008	8,62%	0,00016	/	/	/
Deux salles de bain	/	/	/	/	/	/	133.241,00	94,39%	<0,00001
Deux WC	/	/	/	37,226	5,17%	0,03906	/	/	/
Ecole supérieure à moins de 2 min de voiture	30,829	5,21%	0,03031	46,041	6,40%	0,00124	/	/	/
Ecole secondaire à moins de 5 min en voiture	26,828	4,53%	0,0335	/	/	/	/	/	/
Gare à moins de 500 mètres	/	/	/	-29,686	4,13%	0,01847	/	/	/
Distance à un arrêt de bus	/	/	/	/	/	/	129,6	0,09%	<0,00001
Sortie d'autoroute à moins de 700 mètres	/	/	/	/	/	/	-22.291,90	15,79%	0,00258
Distance à Bruxelles	/	/	/	/	/	/	20,4	0,01%	0,00059
Ikea d'Hognoul à moins de 10 min en voiture	/	/	/	/	/	/	13.092,60	9,28%	0,00856
Hôpital à moins de 10 minutes en voiture	/	/	/	/	/	/	28.615,10	20,27%	0,00031
Réseau hydrographique à moins de 200 mètres	30,896	5,22%	0,00172	29,845	4,15%	0,01556	/	/	/
Carrière à moins de 500 mètres	-107,48	18,16%	0,00037	/	/	/	-24.051,00	17,04%	0,07873
SAED à moins de 100 mètres	-42,547	7,19%	0,05499	/	/	/	/	/	/
SAED à moins de 500 mètres	/	/	/	/	/	/	-15.395,70	10,91%	0,00052
Ligne à haute tension à moins de 200 mètres	39,277	6,63%	0,01307	/	/	/	/	/	/
Zone A de Bierset à moins de 5000 mètres	-38,224	6,46%	0,00783	/	/	/	/	/	/
Industries à moins de 200 mètres	/	/	/	-28,08	3,90%	0,07152	/	/	/
Industrie à moins de 1000 mètres	33,008	5,58%	0,00063	/	/	/	/	/	/
Distance à la centrale nucléaire de Tihange	-0,002	0,00034%	<0,00001	/	/	/	/	/	/
Autoroute à moins de 500 mètres	/	/	/	/	/	/	22.035,40	15,61%	0,00394
Densité de population	-0,007	0,0012%	0,00012	-0,008	0,0011%	0,00014	/	/	/

**Tableau 44** : Tableau comparatif des variables des autres modèles des appartements à louer et à acheter

Variable	Modèles du marché locatif			Modèles du marché acquisitif		
	Coefficient	% du prix moyen	p-critique	Coefficient	% du prix moyen	p-critique
Année de construction	0,373	0,06%	0,01007	796,8	0,49%	<0,00001
Etat : excellent	56,407	9,58%	<0,00001	27.307,40	19,55%	<0,00001
Etat : à rénover	/	/	/	-36.440,40	26,09%	0,00108
Etat : remis à neuf	20,845	3,54%	0,06837	/	/	/
Situé au rez-de-chaussée	48,872	7,99%	0,00023	/	/	/
Situé entre le 5ème et le 20ème étage	30,129	4,93%	0,00781	-15.070,60	10,34%	0,00917
Immeuble ayant entre 3 et 5 étages	-31,837	5,27%	0,01167	/	/	/
Immeuble ayant entre 6 et 20 étages	-55,047	9,12%	0,0033	-45.838,10	28,48%	<0,00001
3 façades	/	/	/	10.751,50	7,02%	0,08403

### 3.3.1. Comparaison entre les variables intrinsèques :

Ces variables possèdent des p-values généralement très significatives et toutes celles intervenant dans les deux modèles généraux ainsi que dans le modèle tenant compte des charges se révèlent avoir une influence similaire, une variable générant une plus-value ou une moins-value dans un modèle, le faisant également dans les autres.

La surface habitable est sans doute la variable la plus fiable de nos modèles, celle-ci ayant un p-value extrêmement significative. De plus, les valeurs obtenues en pourcentage dans nos trois modèles sont assez proches, un mètre carré de surface habitable coûtant 0,50 % du prix pour les appartements à louer, 0,43 % pour le modèle avec les charges et 0,64 % pour les biens acquisitifs. On remarque quand même une part un peu plus importante pour ces derniers.

La présence d'un garage génère, pour les deux modèles généraux, un pourcentage du prix à peu près équivalent, celui-ci atteignant 9,80 % pour les biens à louer et 12,20 % pour le marché acquisitif. Un garage contribue à environ 7,28 % du prix dans le modèle avec les charges.

Une cuisine hyper-équipée apporte une plus-value nettement plus importante pour les appartements à acheter puisque notre modèle estime que cette variable contribue pour 55,19 % du prix moyen alors qu'elle ne contribue que pour 7,21 % dans le modèle général des appartements à louer et pour 5,86 % pour le modèle avec les charges. La valeur estimée par le modèle acquisitif semble être excessive. La raison provient probablement du fait que cette variable est corrélée à d'autres facteurs n'intervenant pas dans le modèle, ou simplement de la moins grande robustesse du modèle.

L'année de construction semble avoir une influence plus forte pour les appartements du marché acquisitif que ceux du marché locatif. En effet, chaque année, un bien locatif perd une valeur équivalente à 0,06 % de son prix moyen, alors qu'un appartement à acheter perd 0,49 % de sa valeur.

La présence d'un ascenseur dans l'immeuble est génératrice d'une plus-value équivalente à 8,48 % du prix dans le modèle locatif comprenant les charges et de 16,34 % dans le modèle acquisitif général.

En ce qui concerne l'état global, on remarque aussi une part plus importante pour le marché acquisitif puisqu'un appartement à acheter en "excellent" état génère une plus value atteignant 19,55 % du prix moyen de l'échantillon alors qu'elle n'est que de 9,58 % pour le modèle locatif.

Un appartement situé entre le 5ème et le 20ème étage subira une dévaluation s'il se trouve sur le marché acquisitif et une plus-value s'il est à louer. Ces appartements sont généralement situés vers les pôles urbains, qui sont des lieux d'habitation avantageux en termes de proximité. Ces lieux sont souvent occupés par des populations plus mobiles. C'est la raison pour laquelle nous pensons que la plus-value associée au marché locatif n'est probablement pas dépourvue de sens. Ces lieux seraient donc moins convoités pour y habiter durant plusieurs décennies, étant donné les nuisances de voisinage par lesquelles ils peuvent être affectés. Ceci est marqué dans notre modèle, par la moins-value sur le marché acquisitif.

Cependant, l'explication ci-dessus est en partie remise en cause par la variable suivante. Les modèles acquisitifs et locatifs affichent des résultats allant dans le même sens en ce qui concerne les appartements situés dans des immeubles ayant entre 6 et 20 étages. En effet, une moins-value est associée à ces biens, qui est plus importante pour les biens à acheter (24,18 % du prix moyen de l'échantillon) que pour les appartements à louer (9,65 %). En analysant ces valeurs, on peut cependant penser que les nuisances de voisinage et celles liées à la localisation dans des milieux plus denses sont moins influentes sur le marché locatif que sur le marché acquisitif.

Les studios et les appartements possédant une cuisine semi-équipée subissent des variations de prix relativement comparables dans les deux modèles locatifs.

### **3.3.2. Comparaison entre les variables d'accessibilité :**

Celles-ci sont assez mal représentées au sein de nos modèles, d'autant plus qu'elles ne sont pas systématiquement significatives.

Une seule variable d'accessibilité peut être comparée dans nos modèles. On peut voir que la présence d'une école supérieure à moins de 2 minutes de voiture est associée à une plus-value assez similaire dans les deux modèles locatifs.

### **3.3.3. Comparaison entre les variables d'environnement physique :**

La présence du réseau hydrographique à moins de 200 mètres est associée à une plus-value de 5,22 % du prix moyen dans le modèle locatif général et de 4,15 % dans le modèle comprenant les charges.

La proximité à une carrière est synonyme d'une moins-value importante pour les deux modèles généraux. La dévaluation est d'environ 17,5 % dans ces deux modèles, ce qui montre l'influence importante de ces sites sur le prix des appartements.

La proximité aux SAED est présente dans les deux modèles généraux, mais à des seuils différents. Pour le modèle locatif, une moins-value de 7,19 % du prix moyen est associée aux appartements à moins de 100 mètres des SAED. Pour le modèle acquisitif, c'est une moins-value de 10,26 % du prix moyen de l'échantillon qui est associée aux appartements situés à moins de 500 mètres des SAED. Ces variables mettent en évidence les nuisances associées à ces sites.

Une industrie à moins de 200 mètres est génératrice d'une moins-value de 3,90 % du prix moyen d'après le modèle des appartements à louer comprenant les charges. A 1000 mètres, la tendance est inversée d'après le modèle locatif général, puisque cette variable est associée à une plus-value de 5,58 % du prix moyen. On peut penser qu'à cette distance, les nuisances générées par ces sites sont compensées par d'autres facteurs.

#### **3.3.4. Comparaison entre les variables socio-économiques :**

La densité de population est la seule variable socio-économique apparaissant dans nos modèles locatifs. Plus la densité de population est importante et moins les appartements du marché locatif ont de la valeur.

#### **3.3.5. Conclusion :**

Après avoir analysé tous les modèles, il est évident que de nombreuses incohérences apparaissent. Un modèle prédit qu'une variable engendre une plus-value alors qu'un autre modèle donne un résultat opposé. Il est de ce fait difficile de connaître l'influence réelle de certaines variables. D'autres en revanche montrent des résultats logiques et qui se répètent dans les différents modèles. C'est le cas principalement pour les variables intrinsèques qui sont globalement plus robustes.

On remarque globalement que le modèle du marché acquisitif affiche des valeurs de coefficients parfois beaucoup plus élevées en pourcentage du prix moyen de l'échantillon. Cette observation rend compte de la moins grande robustesse de ce modèle vis-à-vis des modèles des biens locatifs. La moins grande quantité d'observations est sans doute en partie responsable.

Contrairement aux études de H. Maldague (2014) et P. Dethier (2012), notre travail ne nous permet pas de mettre en avant une réelle influence des variables d'accessibilité sur la valeur des appartements à vendre et à louer. Il convient donc de rester prudent quant à leur interprétation.

Une seule variable socio-économique a pu être comparée entre le marché locatif et acquisitif. Il s'agit de la densité de population qui est liée à une dévaluation des biens. De plus, les variables de l'environnement physique ne permettent pas d'observer de réelles différences entre le marché locatif et acquisitif.



## 4. Conclusions générales et perspectives

Ce travail était le premier à appliquer la méthode hédonique sur les appartements du marché locatif et acquisitif de Liège. Il a été réalisé dans le but de comprendre comment la valeur des appartements se forme sur un marché homogène tel que la région urbaine de Liège et de déceler les différences entre ces deux marchés.

Les nombreuses tentatives de création de modèles nous ont permis de nous rendre compte de la fragilité statistique qui peut apparaître dans ce type de travail. Malgré toutes les précautions prises durant la réalisation de ce mémoire, certaines faiblesses subsistent. Nous avons néanmoins obtenu des modèles expliquant environ 80 % du prix des appartements sur les marchés locatif et acquisitif.

Plusieurs variables extrinsèques se sont montrées assez instables dans nos modèles, générant parfois des résultats aberrants. Cependant, quelques-unes semblent afficher des résultats comparables entre le marché locatif et acquisitif. C'est le cas notamment de la proximité à une école supérieure et aux SAED, de la densité de population...

Cependant, les variables intrinsèques se sont montrées plus robustes dans nos modèles et généralement plus significatives que les autres. La comparaison de celles-ci pour les biens acquisitifs et locatifs n'a pas montré une différence suffisamment grande, pour mettre en évidence une influence différente sur le prix entre les deux marchés. La cohérence des résultats obtenus grâce aux variables intrinsèques montre que la méthode hédonique est néanmoins fiable.

La comparaison entre les marchés locatif et acquisitif laisse penser que les propriétaires sont globalement plus sensibles à certaines nuisances, alors que les locataires accordent davantage d'intérêt à la proximité aux centres-villes, qui sont des lieux de concentration des services et de l'emploi. La raison réside dans le fait que, contrairement aux propriétaires, les locataires sont généralement plus mobiles à court terme, rendant les aspects négatifs des villes plus supportables.

La création de modèles par la méthode hédonique nécessite d'être en présence d'un marché le plus homogène possible. Un grand nombre d'observations est généralement associé à une meilleure fiabilité des résultats. La méthode de récolte utilisée pour ce mémoire ne nous a pas permis de récolter davantage d'observations, bien que cela aurait été profitable pour nos modèles.

De plus, au sein d'un échantillon, la présence de biens appartenant à une même gamme de prix est recommandée. Certaines variables sont plus influentes sur des biens hauts de gamme que sur les autres, et sont donc susceptibles de fausser les résultats.

## Bibliographie

- Albrecht, J. et Hoofstat, R. Van. 2011. *Pénurie d'habitat : vers une rénovation de la politique du logement*. Roularta Books, Zellik, 320 pages.
- Anderson, S.-T. et West, S.-E. 2006. Open space, residential property values, and spatial context. *Regional Science and Urban Economics*, 36, p. 773-789.
- Babawale, G.-K. 2012. A Hedonic Model for Apartment Rentals in Ikeja Area of Lagos Metropolis. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 3(3), p.109-120.
- Baranzini, A., Ramirez, J., Schaerer, C., et Thalmann, P. 2008. Hedonic Methods in Housing Markets : Pricing environmental amenities and segregation. *Springer Science and Business Media, LLC*, Library of Congress Control Number, 279 pages.
- Baromètre TIC. 2014. *Equipement TIC des ménages wallons*. (<http://www.awt.be/web/dem/index.aspx?page=dem,fr,b14,cit,010>), page consultée le 17 juin 2016.
- Bernard, Nicolas. 2008. *Le droit de superficie pour sortir de la crise du logement ?* Revue de l'European Landowners' Organization, no.104, p. 8-9.
- Cavailhès, J., Brossard, T., Foltête, J. C., Hilal, M., Joly, D., Tourneux, F. P., Wavresky, P. 2009. GIS-Based hedonic pricing of landscape. *Environmental and Resource Economics*, 44(4), p. 571-590.
- Chapelle, S. 2014. *Faut-il louer son habitation principale ? Cas de la Wallonie*, Mémoire de Master en Science de Gestion, Université de Liège, inédit.
- Charles, J. 2013. *Structure de la propriété sur le marché locatif privé bruxellois*. Les Cahiers nouveaux, 85, p. 51-52.
- Comby, J. 2013. *Vocabulaire foncier*. Site de J. Comby, expert en marchés fonciers et immobiliers (<http://www.comby-foncier.com/>), page consultée le 28 juillet 2016.
- Confédération Construction. 2014. *Les priorités pour le secteur de la construction*, 4 pages.
- Conférence permanente du développement territorial. 2011. *Rapport final de la subvention 2010-2011 – Annexe : Diagnostic territorial de la Wallonie, approche spatiale - Structure fonctionnelle du territoire wallon : hiérarchie urbaine et aires d'influence*, 51 pages.

- Dantas, M. 2010. *Analyse économique des effets de la planification urbaine sur les prix immobiliers et fonciers en zone littoral : le cas du bassin d'Arcachon*, Thèse de doctorat en sciences économiques, gestion et démographie, Université de Montesquieu, 348 pages.
- Delbar, C. 2012. *Approche hédonique du marché immobilier : Les maisons unifamiliales de la région urbaine de Bruxelles*. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences Géographiques, Orientation Géomatique et Géométrie à l'Université de Liège, inédit, 89 p.
- Des Rosiers, F. 2001. *La modélisation statistique en analyse et évaluation immobilières : Guide méthodologique*, Gestion Urbaine et Immobilière, Université de Laval. 79 pages.
- Dethier, P. 2012. Étude comparative entre les préférences révélées et déclarées. Les maisons d'habitation en région liégeoise. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences Géographiques, Orientation Développement Territorial et Géomatique à l'Université de Liège, inédit, 144 p.
- Deymier, G. 2003. *Capitalisation immobilière des gains d'accessibilité : Etat de l'art et étude de cas sur l'agglomération lyonnaise*. Thèse de doctorat en Sciences Economiques, mention Economie des Transports à l'Université Lumière Lyon 2, 63 pages.
- Donzel, A., François, D., Geniaux, G. et Napoleone, C. 2008. *Les déterminants socio-économiques des marchés fonciers*. Territoires méditerranéens, 19, 120 pages.  
Lien : <http://prodinra.inra.fr/record/38980>
- Dubois, O. et Halleux, J.-M. 2003. *Marchés immobiliers résidentiels et étalement urbain contraint : L'accessibilité au logement au sein des communes wallonnes de la région métropolitaine bruxelloise*, p. 303–327.
- Evans, A.-W. 1995. The property market: Ninety per cent efficient?. *Urban Studies*, 32(1), p. 5-29.
- Geiger, M. 2006. *Le marché du logement locatif : Analyse des causes et des effets dans le plus grand marché de Suisse*. Office fédéral du logement, Bulletin du logement, 77, 137 pages.
- Grignet, Y. 2011. *Approche hédonique du marché immobilier sur base d'annonces internet : les maisons d'habitation au sein de la région urbaine de Liège*. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences Géographiques, Orientation Géomatique et Géométrie à l'Université de Liège, inédit, 70 p.
- 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 en Sciences Géographiques, Université de Liège, inédit, 308 pages.

- Halleux, J.-M. 2015. *Marchés fonciers et immobiliers*. Cours de deuxième année de Master en Géographie générale et Géomatique - Géométrie de l'Université de Liège, inédit.
- Halleux, J.-M. et Strée, J. 2012. *Production de l'habitat et enjeux territoriaux*. R.I.5 : Rapport final de la 1ère année de recherche dédiée aux modes de production, CPDT, volume annexe, 72 pages.
- Hanin, Y., Meuris, C. et Leonard, F. 2012. *Habiter en Wallonie : évolution, tendances et prévisions à l'horizon 2040*. Cahiers Nouveaux, 84, p. 82-84.
- Hôpitaux de Wallonie. n.d. 93 pages. Lien : ([http://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth\\_theme\\_file/d1-wallonie.pdf](http://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/d1-wallonie.pdf)), page consultée le 04 juillet 2016.
- IWEPS. 2010. *La Wallonie : Quelques repères*. 34 pages.  
Lien : <http://www.iweps.be/sites/default/files/RE2010.pdf>
- Kryvobokov, M. et Wilhelmsson, M. 2007. Analysing location attributes with a hedonic model for apartment prices in Donetsk, Ukraine. *International Journal of Strategic Property Management*, 11 (3), p. 157-178.
- Lin, I.-H., Wu, C. De Sousa, C. 2013. *Examining the economic impact of park facilities on neighboring residential property values*. *Applied Geography*, 45, p. 322-331.
- Maldague, H. (2014). *Approche hédonique du marché des terrains à bâtir. Modélisation des prix dans les bassins d'emploi de Liège et de Charleroi, comparaison interbassin et évolution temporelle liégeoise*. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences Géographiques, Orientation générale à l'Université de Liège, inédit, 161 pages.
- Marchand, O. et Skhiri, E. (2016). *Prix hédoniques et estimation d'un modèle structurel d'offre et de demande de caractéristiques : Une application au marché de la location de logements en France*, *Économie & prévision*, 121, p. 127-140.
- Matthey, C. et Vermeulen, C.-B. 2014. *Limites et portée de l'ajustement hédonique au sein de l'indice des loyers*. Office fédéral de la statistique, division économie, 34 pages.
- Mérenne-Schoumaker, B. et al. 2009. *Localisation du magasin : guide pratique, 5e édition, Bruxelles : Comité belge de la distribution*, 192 pages.
- Lancelot, R. et Lesnoff, M. 2005. *Sélection de modèles avec l'AIC et critères d'information dérivés*. CIRAD, Montpellier, 7 pages.

Naets, T. 2015. *Approche hédonique du marché des terrains à bâtir Modélisation des prix dans la zone de marché de Bruxelles*. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences Géographiques, Orientation générale à l'Université de Liège, inédit, 227pages.

PEB. n-d. *Plan d'exposition au bruit*.

(<http://www.acnusa.fr/fr/le-bruit-et-la-cartographie/la-cartographie/peb-plan-dexposition-au-bruit/14>), page consultée le 06 juillet 2016.

Portail de Wallonie. 2016. RAVeL et Véloroutes. (<http://ravel.wallonie.be/home.html>), page consultée le 02 juillet 2016.

Portail de Wallonie. 2016b. RAVeL et Véloroutes. (<http://ravel.wallonie.be/home/carte-interactive.html>), page consultée le 02 juillet 2016.

Statbel. 2013. *Statistiques fiscales des revenus*.

([http://statbel.fgov.be/fr/modules/publications/statistiques/marche\\_du\\_travail\\_et\\_conditions\\_de\\_vie/Statistique\\_fiscale\\_des\\_revenus.jsp](http://statbel.fgov.be/fr/modules/publications/statistiques/marche_du_travail_et_conditions_de_vie/Statistique_fiscale_des_revenus.jsp)), page consultée le 28 juin 2016.

Tritz, C. et Wavresky, P. 2009, GIS-based hedonic pricing of landscape, *Environmental and Resource Economics*.

## Annexes

### Annexe 1 : Liste des communes de la zone d'étude :

Amay	Esneux	Olné
Ans	Faimes	Oreye
Anthisnes	Ferrières	Ouffet
Aubel	Fexhes-le-Haut-Clocher	Oupeye
Awans	Flémalle	Remicourt
Aywaille	Fléron	Saint-Georges-sur-Meuse
Bassenge	Geer	Saint-Nicolas
Berloz	Grâce-Hollogne	Seraing
Beyne-Heusay	Hamoir	Soumagne
Blegny	Herve	Spa
Braives	Héron	Sprimont
Burdinnes	Herstal	Stoumont
Chaufontaine	Huy	Theux
Clavier	Jalhay	Thimister-Clermont
Comblain-au-Pont	Juprelle	Tinlot
Crisnée	Liège	Trooz
Dalhem	Limbourg	Verlaine
Dison	Manhay	Villers-le-Bouillet
Donceel	Marchin	Visé
Durbuy	Modave	Wanze
Engis	Nandrin	Waremme
Erezée	Neupré	

### Annexe 2 : Liste des variables

N°	Variables intrinsèques	Classes	Nom_var	Type	Source
1	Surface habitable	/	Surface	Quantitative	Immoweb
2	Nombre de chambres	1	Nb_ch1	Binaire	Immoweb
		2	Nb_ch2	Binaire	Immoweb
		3+	Nb_ch3	Binaire	Immoweb
3	Type de logement	Appartement	Type_app	Binaire	Immoweb
		Kot	Type_kot	Binaire	Immoweb
		Studio	Type_stu	Binaire	Immoweb
		Duplex	Type_dup	Binaire	Immoweb
		Loft	Type_lof	Binaire	Immoweb
		Penthouse	Type_pen	Binaire	Immoweb
4	Année de construction	/	Année	Quantitative	Immoweb
5	Etat global (louer)	Remis à neuf	Etat1	Binaire	Immoweb
		Bon	Etat2	Binaire	Immoweb
		Excellent	Etat3	Binaire	Immoweb
5	Etat global (acheter)	A restituer	Etat0	Binaire	Immoweb
		A rénover	Etat1	Binaire	Immoweb
		A rafraichir	Etat2	Binaire	Immoweb
		Remis à neuf	Etat3	Binaire	Immoweb
		Bon	Etat4	Binaire	Immoweb

		Excellent	Etat5	Binaire	Immoweb
6	Nombre de façades	1	Façade1	Binaire	Immoweb
		2	Façade2	Binaire	Immoweb
		3	Façade3	Binaire	Immoweb
		4	Façade4	Binaire	Immoweb
7	Nombre d'étages de l'immeuble	0_2	Nb_Eta0_2	Binaire	Immoweb
		3_5	Nb_Eta3_5	Binaire	Immoweb
		6_10	Nb_Eta6_20	Binaire	Immoweb
		11_20	Nb_Eta4	Binaire	Immoweb
8	Etage du bien	0	Etage0	Binaire	Immoweb
		1_2	Etage1_2	Binaire	Immoweb
		3_4	Etage3_4	Binaire	Immoweb
		5_10	Etage5_20	Binaire	Immoweb
		11_20	Etage11_20	Binaire	Immoweb
9	Accès à la télédistribution	/	Téled	Binaire	Immoweb
10	Parlophone / Vidéophone	/	Phone	Binaire	Immoweb
11	Parking extérieur	/	Park_ext	Binaire	Immoweb
12	Parking intérieur	/	Park_int	Binaire	Immoweb
13	Présence d'une terrasse	/	Terrasse	Binaire	Immoweb
14	Equipement de la cuisine	non	Cuisi1	Binaire	Immoweb
		semi-équipée	Cuisi2	Binaire	Immoweb
		équipée	Cuisi3	Binaire	Immoweb
		hyper-équipée	Cuisi4	Binaire	Immoweb
15	Nombre de salles de bain	/	2SDB	Binaire	Immoweb
16	Nombre de WC	/	2WC	Binaire	Immoweb
17	Présence d'une cave	/	Cave	Binaire	Immoweb
18	Présence d'un ascenseur dans l'immeuble	/	Ascenseur	Binaire	Immoweb
20	Présence de meubles	/	Meublé	Binaire	Immoweb
21	Distance aux arrêts de bus	/	Bus	Quantitative	TEC
		0 - 100 m	Bus100	Binaire	TEC
		0 - 500 m	Bus500	Binaire	TEC
		0 - 700 m	Bus700	Binaire	TEC
22	Distance aux gares	/	Gares	Quantitative	SNCB
		0 - 100 m	Gares100	Binaire	SNCB
		0 - 300 m	Gares300	Binaire	SNCB
		0 - 500 m	Gares500	Binaire	SNCB
		0 - 1000 m	Gares1000	Binaire	SNCB
		0 - 1500 m	Gares1500	Binaire	SNCB
		/	Gares_voit	Quantitatif	SNCB
		0 - 2 min	Gares2mn	Binaire	SNCB
		0 - 5 min	Gares5mn	Binaire	SNCB
23	Distance à différents pôles	Place St-Lambert	St_Lamb	Quantitative	Personnelle
		Ans	Ans	Quantitative	Personnelle
		Herstal	Herstal	Quantitative	Personnelle
		Sart-Tilman	S_Tilman	Quantitative	Personnelle
		Guillemins	Guill	Quantitative	Personnelle
		Seraing	Seraing	Quantitative	Personnelle
		Bruxelles	Bruxelles	Quantitative	Personnelle

24	Accessibilité aux nodules commerciaux	/	Nodules	Quantitative	SEGEFA
25	Accessibilité aux commerces alimentaires	/	Com_alim	Quantitative	SEGEFA
		0 - 1 min	Com_ali1	Binaire	SEGEFA
		0 - 2 min	Com_ali2	Binaire	SEGEFA
		0 - 5 min	Com_ali5	Binaire	SEGEFA
26	Distance aux sorties d'autoroute	/	s_autorou	Quantitative	LEPUR
		0 - 100 m	s_aut100	Binaire	LEPUR
		0 - 500 m	s_aut500	Binaire	LEPUR
		0 - 700 m	s_aut700	Binaire	LEPUR
		0 - 1000 m	s_aut1000	Binaire	LEPUR
		0 - 1500 m	s_aut1500	Binaire	LEPUR
		/	s_aut (sec)	Quantitative	LEPUR
		0 - 2 min	s_aut2mn	Binaire	LEPUR
		0 - 5 min	s_aut5mn	Binaire	LEPUR
27	Accessibilité en transports alternatifs	/	Alt_Bus	Quantitative	LEPUR
		/	Alt_Train	Quantitative	LEPUR
		/	Alt_Lent	Quantitative	LEPUR
28	Distance au RAVeL	/	Ravel	Quantitative	digital wallonia.be
		0 - 100 m	Ravel100	Binaire	digital wallonia.be
		0 - 500 m	Ravel500	Binaire	digital wallonia.be
29	Accessibilité aux écoles et aux universités				
		Maternelles	Ecole_mat	Quantitative	LEPUR
		0 - 2 min	Ec_mat2	Binaire	LEPUR
		0 - 5 min	Ec_mat5	Binaire	LEPUR
		Ecoles Primaires	Ecole_prim	Quantitative	LEPUR
		0 - 2 min	Ec_prim2	Binaire	LEPUR
		0 - 5 min	Ec_prim5	Binaire	LEPUR
		Ecoles Secondaires	Ecole_sec	Quantitative	LEPUR
		0 - 2 min	Ec_sec2	Binaire	LEPUR
		0 - 5 min	Ec_sec5	Binaire	LEPUR
		Ecoles Supérieures	Ecole_sup	Quantitative	LEPUR
		0 - 2 min	Ec_sup2	Binaire	LEPUR
		0 - 5 min	Ec_sup5	Binaire	LEPUR
30	Accès au IKEA d'Hognoul	/	IKEA	Quantitative	Personnelle
		0 - 10 min	IKEA10	Binaire	Personnelle
31	Distance à un hôpital	/	Hopitaux	Quantitative	Personnelle
		0 - 2 min	Hopit_2	Binaire	Personnelle
		0 - 5 min	Hopit_5	Binaire	Personnelle
		0 - 10 min	Hopit_10	Binaire	Personnelle
32	Distance aux SAED	/	SAED	Quantitative	DGO4
		0 - 100 m	SAED100	Binaire	DGO4
		0 - 200 m	SAED200	Binaire	DGO4
		0 - 500 m	SAED500	Binaire	DGO4
33	Distance aux lignes à haute tension	/	Lignes_HT	Quantitative	CPDT
		0 - 100 m	L_HT1	Binaire	CPDT
		0 - 200 m	L_HT2	Binaire	CPDT
		0 - 500 m	L_HT3	Binaire	CPDT



34	Aléas dus aux inondations	Risques faibles	Inond_fai	Binaire	DGO3
		Risques moyens-élevés	Inond_moy	Binaire	DGO3
36	Distance à la centrale nucléaire de Tihange	/	Tihange	Quantitative	Personnelle
		0 - 2000 m	Tihan2000	Binaire	Personnelle
		0 - 5000 m	Tihan5000	Binaire	Personnelle
		0 - 10 000 m	Tihan10000	Binaire	Personnelle
37	Distance aux forêts et aux espaces verts	/	Forêts	Quantitative	Corine Land Cover
		0 - 200 m	Forêts200	Binaire	Corine Land Cover
		0 - 500 m	Forêts500	Binaire	Corine Land Cover
		/	Esp_verts	Quantitative	Corine Land Cover
		0 - 200 m	Esp_v200	Binaire	Corine Land Cover
		0 - 500 m	Esp_v500	Binaire	Corine Land Cover
		0 - 1000 m	Esp_v1000	Binaire	Corine Land Cover
38	Distance aux industries	/	Industries	Quantitative	Corine Land Cover
		0 - 200 m	Indus200	Binaire	Corine Land Cover
		0 - 500 m	Indus500	Binaire	Corine Land Cover
		0 - 1000 m	Indus1000	Binaire	Corine Land Cover
39	Distance aux carrières	/	Carrière	Quantitative	Corine Land Cover
		0 - 200 m	Carr200	Binaire	Corine Land Cover
		0 - 500 m	Carr500	Binaire	Corine Land Cover
		0 - 1000 m	Carr1000	Binaire	Corine Land Cover
40	Bruit	/	Autoroutes	Quantitative	atlas-Belgique.be
		0 - 100 m	Autor_100	Binaire	atlas-Belgique.be
		0 - 200 m	Autor_200	Binaire	atlas-Belgique.be
		0 - 500 m	Autor_500	Binaire	atlas-Belgique.be
		/	Voie_fer	Quantitative	LEPUR
		0 - 100 m	Voie_fer100	Binaire	LEPUR
		0 - 200 m	Voie_fer200	Binaire	LEPUR
		0 - 500 m	Voie_fer500	Binaire	LEPUR
		/	BiersetA	Quantitative	LEPUR
		0 - 500 m	BiersetA500	Binaire	LEPUR
		0 - 2000 m	BiersetA2000	Binaire	LEPUR
		0 - 5000 m	BiersetA5000	Binaire	LEPUR
41	Rue en cul-de-sac	/	Cul_sac	Binaire	Personnelle
42	Distance au réseau hydrographique	/	Hydro	Quantitative	atlas-Belgique.be
		0 - 100 m	Hydro100	Binaire	atlas-Belgique.be
		0 - 200 m	Hydro200	Binaire	atlas-Belgique.be
		0 - 500 m	Hydro500	Binaire	atlas-Belgique.be
43	Densité de population par secteur statistique	/	Densité	Quantitative	Statbel
44	Revenu médian par secteur statistique	/	Rev_med	Quantitative	Statbel
44	Revenu moyen par secteur statistique	/	Rev_moy	Quantitative	Statbel
45	Taux de chômage par commune	/	Chômage	Quantitative	IWEPS
46	Taux de logements sociaux par secteur statistique	/	Log_soc	Quantitative	ESE 2001
47	Part d'étrangers par secteur statistique	/	Etrangers	Quantitative	SPF Economie
48	Part de pers. de plus de 65 ans par sect. stat.	/	65_ans	Quantitative	SPF Economie

**Annexe 3 : Corrélations supérieures à 0,75 pour les variables des appartements à louer**

Type_app	Type_stu
Surface	Nb_ch1
Bus	Bus500
Bus500	Bus700
Gares	Gares1500
Gares	Gares (sec)
Gares	Voie_fer
Gares1000	Gares2mn
Gares1500	Gares (sec)
Gares (sec)	Voie_fer
S_aut (sec)	S_autorou
S_aut (sec)	Herstal
S_aut (sec)	Autoroutes
S_autorou	St_Lamb
S_autorou	Herstal
S_autorou	Guill
S_autorou	Ans
S_autorou	Autoroutes
S_Tilman	Seraing
S_Tilman	St_Lamb
S_Tilman	Guill
S_Tilman	IKEA
Seraing	St_Lamb
Seraing	Guill

Seraing	Ans
Seraing	IKEA
Seraing	Ecole_sup
Seraing	BiersetA
St_Lamb	Herstal
St_Lamb	Guill
St_Lamb	Ans
St_Lamb	IKEA
St_Lamb	Ecole_sup
St_Lamb	Autoroutes
St_Lamb	BiersetA
Herstal	Guill
Herstal	Ans
Herstal	IKEA
Herstal	Autoroutes
Guill	Ans
Guill	IKEA
Guill	Ecole_sup
Guill	BiersetA
Ans	Bruxelles
Ans	IKEA
Ans	Ecole_sup
Ans	BiersetA
Namur	Bruxelles

Namur	Tihange
Namur	BiersetA
Bruxelles	IKEA
Bruxelles	BiersetA
IKEA	Ecole_sup
IKEA	BiersetA
SAED	Ecole_sup
Ecole_sup	Ec_sup5
Ecole_sup	Hopitaux
Ecole_sup	BiersetA
Ec_sup2	Chômage
Ec_sup5	Chômage
Ecole_sec	Ec_sec2
Ecole_sec	Ec_sec5
Ecole_pri	Ec_prim2
Ecole_pri	Ecole_mat
Ecole_pri	Ec_mat2
Ec_prim2	Ecole_mat
Ec_prim2	Ec_mat2
Ecole_mat	Ec_mat2
Com_alim	Nodules
Hopitaux	Hopit5
Hopitaux	Hopit10
Autor100	Autor200

**Annexe 4 : Corrélations supérieures à 0,75 pour les variables des appartements à acheter**

Gares	Gares1500
Gares	Gares (sec)
Gares	Voie_fer
Gares1000	Gares2mn
Gares2mn	Gares5mn
S_aut (sec)	S_autorou
S_aut (sec)	St_Lamb
S_aut (sec)	Herstal
S_aut (sec)	Guill
S_aut (sec)	Ans
S_aut (sec)	IKEA
S_aut (sec)	Autoroutes
S_autorou	St_Lamb
S_autorou	Herstal
S_autorou	Guill
S_autorou	Ans
S_autorou	IKEA
S_autorou	Autoroutes
s_aut500	Autor500

Seraing	Guill
Seraing	Ans
Seraing	IKEA
Seraing	Ecole_sup
Seraing	BiersetA
St_Lamb	Herstal
St_Lamb	Guill
St_Lamb	Ans
St_Lamb	IKEA
St_Lamb	Ecole_sup
St_Lamb	Autoroutes
Herstal	Guill
Herstal	Ans
Herstal	IKEA
Herstal	Autoroutes
Guill	Ans
Guill	IKEA
Guill	Ecole_sup
Guill	Autoroutes

Namur	Tihange
Bruxelles	IKEA
Bruxelles	BiersetA
Tihange5000	Tihange10000
IKEA	Ecole_sup
IKEA	Autoroutes
IKEA	BiersetA
Ecole_sup	Ecole_sup5
Ecole_sup	Hopitaux
Ecole_sup	BiersetA
Ec_sup5	Chômage
Ecole_sec	Ec_sec5
Ecole_pri	Ecole_prim2
Ecole_pri	Ecole_mat
Ecole_pri	Ec_mat2
Ecole_prim2	Ecole_mat
Ecole_prim2	Ec_mat2
Ecole_mat	Ec_mat2
Com_alim	Com_alis

S_Tilman	Seraing
S_Tilman	St_Lamb
S_Tilman	Guill
S_Tilman	Ans
S_Tilman	IKEA
Seraing	St_Lamb

Ans	Bruxelles
Ans	IKEA
Ans	Ecole_sup
Ans	Autoroutes
Ans	BiersetA
Namur	Bruxelles

Industries	Nodules
Hopitaux	Hopit5
Hopitaux	Hopit10
Autor100	Autor200

**Annexe 5 : Test de colinéarité pour le modèle général des appartements à louer :**

Facteurs d'inflation de variance	
Valeur minimale possible = 1.0	
Valeurs > 10.0 peut indiquer un problème de colinéarité	
Studio	1,42
Surface habitable	1,699
Accès à la télédistribution	1,084
Parking intérieur	1,297
Cuisine semi-équipée	1,144
Cuisine hyper-équipée	1,178
Ligne à haute tension à moins de 200 mètres	1,362
Distance à la centrale nucléaire de Tihange	1,503
Distance aux SAED	2,587
SAED à moins de 100 mètres	1,2
Densité de population	3,005
Ecole supérieure à moins de 2 min en voiture	3,658
Ecole secondaire à moins de 5 min en voiture	1,819
Réseau hydrographique à moins de 200 mètres	1,318
Distance aux forêts	1,8
Carrière à moins de 500 mètres	1,909
Industrie à moins de 1000 mètres	1,662
Part d'étrangers	1,123
Zone A de Bierset à moins de 5000 mètres	1,494
VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2), où R(j) est un coefficient de corrélation multiple entre la variable j et les autres variables indépendantes	
Propriétés de la matrice X'X:	
1-norm = 2,9359341e+011	
Déterminant = 5,599608e+070	
Nunméro de la condition réciproque = 7,2696402e-013	

**Annexe 6 : Test de White pour le modèle général des appartements à louer :**

Test de White pour l'hétéroscédasticité

Estimation en MCO avec 316 observations 1-316

Variable dépendante: uhat^2

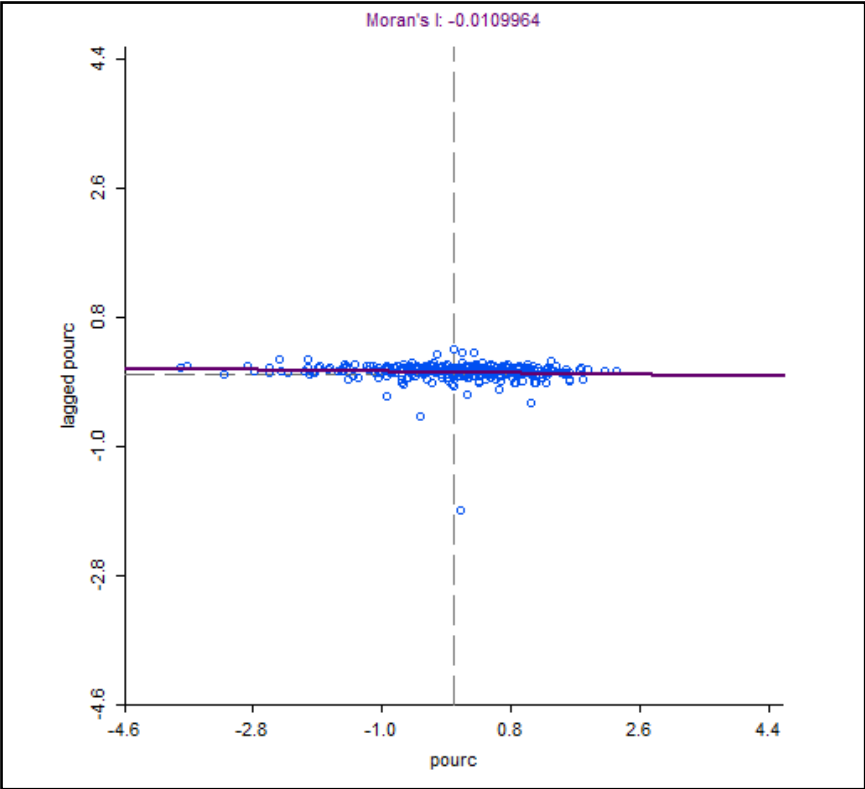
VARIABLE	COEFFICIENT	ERR. STD	T	p. critique
const	36311,5	62329,9	0,583	0,56141
Studio	67092,2	148382	0,452	0,65207
Surface habitable	-73,1877	388,359	-0,188	0,85088
Accès à la télédistribution	6078,16	19286,4	0,315	0,75326
Parking intérieur	-9435,5	28693,3	-0,329	0,74292
Cuisine semi-équipée	4739,75	40687,2	0,116	0,90748
Cuisine hyper-équipée	-36131,7	41050	-0,88	0,38073
Ligne à haute tension à moins de 200 mètres	-190236	430656	-0,442	0,65957
Distance à la centrale nucléaire de Tihange	0,352365	2,43533	0,145	0,88523
Distance aux SAED	-6,2353	7,50662	-0,831	0,40803
SAED à moins de 100 mètres	113520	120311	0,944	0,34752
Densité de population	5,2255	9,98337	0,523	0,60176
Ecole supérieure à moins de 2 min en voiture	7071,37	99866,6	0,071	0,94368
Ecole secondaire à moins de 5 min en voiture	-36176,5	31131,3	-1,162	0,2478
Réseau hydrographique à moins de 200 mètres	19621	64381,3	0,305	0,76114
Distance aux forêts	0,83601	16,7518	0,05	0,96029
Carrière à moins de 500 mètres	-178270	910469	-0,196	0,84514
Industrie à moins de 1000 mètres	3204,37	29886,6	0,107	0,91482
Part d'étrangers	-1057,79	2854,77	-0,371	0,71172
Zone A de Bierset à moins de 5000 mètres	17630,8	142688	0,124	0,90189

R2 non-ajusté = 0,543354

Statistique de test:  $TR^2 = 174,416480$ ,

avec p. critique =  $P(\text{Chi-deux}(213) > 174,416480) = 0,975183$

Annexe 7 : Diagramme de dispersion de Moran pour le modèle général des appartements à louer :



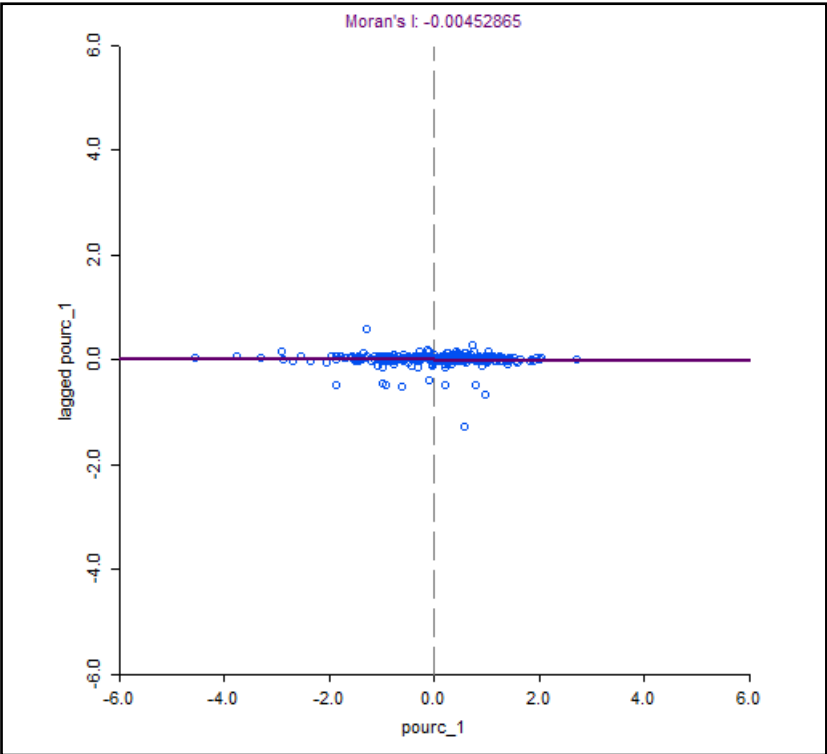
**Annexe 8 : Test de colinéarité pour le modèle des appartements à louer du modèle comprenant les charges :**

Facteurs d'inflation de variance	
Valeur minimale possible = 1.0	
Valeurs > 10.0 peut indiquer un problème de colinéarité	
Studio	1,409
Surface habitable	2,183
3 chambres	1,547
Meublé	1,118
Parking intérieur	1,302
Cuisine semi-équipée	1,161
Cuisine hyper-équipée	1,207
Deux WC	1,331
Ascenseur	1,311
Gare à moins de 500 mètres	1,134
Densité de population	2,609
Ecole supérieure à moins de 2 min de voiture	2,419
Ecole secondaire à moins de 5 min de voiture	1,427
Réseau hydrographique à moins de 200 mètres	1,393
Industrie à moins de 200 mètres	1,303
VIF(j) = $1/(1 - R(j)^2)$ , où R(j) est un coefficient de corrélation multiple entre la variable j et les autres variables indépendantes	
Propriétés de la matrice X'X:	
1-norm = 1,2462824e+010	
Déterminant = 1,4435426e+039	
Numéro de la condition réciproque = 3,976665e-010	

**Annexe 9 : Test de White pour le modèle des appartements à louer comprenant les charges :**

Test de White pour l'hétéroscédasticité					
Estimation en MCO avec 307 observations 1-307					
Variable dépendante: uhat^2					
	VARIABLE	COEFFICIENT	ERR. STD	T	p. critique
	const	9178,8	11285	0,813	0,41711
	Studio	-983,856	19848,9	-0,05	0,96052
	Surface habitable	83,1451	182,904	0,455	0,64997
	3 chambres	-6070,89	16749,4	-0,362	0,71745
	Meublé	-77802,1	21069,3	-3,693	0,0003
	Parking intérieur	-5497,87	11884	-0,463	0,6442
	Cuisine semi-équipée	70,474	9909,13	0,007	0,99433
	Cuisine hyper-équipée	18455,2	12685,8	1,455	0,14751
	Deux WC	-13965,6	16639,2	-0,839	0,40243
	Ascenseur	-3398,26	9338,93	-0,364	0,71638
	Gare à moins de 500 mètres	-16086,1	15677,6	-1,026	0,30627
	Densité de population	5,0093	2,3864	2,099	0,3723
	Ecole supérieure à moins de 2 min de voiture	-27540,9	12372,3	-2,226	0,2728
	Ecole secondaire à moins de 5 min de voiture	-22836,4	11353	-2,011	0,458
	Réseau hydrographique à moins de 200 mètres	-27407,2	12769,3	-2,146	0,3322
	Industrie à moins de 200 mètres	-8798,3	19463,9	-0,452	0,6518
R2 non-ajusté = 0,638975					
Statistique de test: $TR^2 = 196,165216$ ,					
avec p. critique = $P(\text{Chi-deux}(130) > 196,165216) = 0,000159$					

**Annexe 10 : Diagramme de dispersion de Moran pour le modèle des appartements à louer comprenant les charges :**





**Annexe 11 : Test de colinéarité pour le modèle général des appartements à acheter :**

Facteurs d'inflation de variance	
Valeur minimale possible = 1.0	
Valeurs > 10.0 peut indiquer un problème de colinéarité	
Surface habitable	2,744
1 Chambre	2,181
Parking extérieur	1,239
Parking intérieur	1,179
Terrasse	1,189
Cuisine hyper-équipée	1,164
Deux salles de bain	1,352
Ascenseur	1,171
Distance aux arrêts de bus	1,208
Sortie d'autoroute à moins de 700 mètres	2,114
Distance à Bruxelles	1,849
Ikea d'Hognoul à moins de 10 min de voiture	1,456
SAED à moins de 500 mètres	1,199
Carrière à moins de 500 mètres	1,293
Hôpital général à moins de 10 min de voiture	1,588
Autoroute à moins de 500 mètres	1,946
VIF(j) = $1/(1 - R(j)^2)$ , où R(j) est un coefficient de corrélation multiple entre la variable j et les autres variables indépendantes	
Propriétés de la matrice X'X:	
1-norm = 4,9258956e+009	
Déterminant = 3,5458146e+038	
Nunméro de la condition réciproque = 1,0957156e-010	

**Annexe 12 : Test de White pour le modèle général des appartements à acheter :**

Test de White pour l'hétéroscédasticité

Estimation en MCO avec 221 observations 1-221

Variable dépendante: uhat^2

VARIABLE	COEFFICIENT	ERR. STD	T	p. critique
const	-4,87E+09	2,49E+10	-0,196	0,84508
Surface habitable	-6,16E+07	1,31E+08	-0,47	0,63932
1 Chambre	1,15E+09	8,34E+09	0,138	0,89044
Parking extérieur	9,74E+09	5,59E+09	1,741	0,08432
Parking intérieur	-2,99E+09	5,04E+09	-0,594	0,55368
Terrasse	7,11E+08	5,20E+09	0,137	0,89142
Cuisine hyper-équipée	1,52E+10	2,24E+10	0,677	0,50001
Deux salles de bain	5,90E+09	2,24E+10	0,263	0,79305
Ascenseur	-6,31E+09	6,27E+09	-1,006	0,31651
Distance aux arrêts de bus	2,82E+07	2,83E+07	0,996	0,32117
Sortie d'autoroute à moins de 700 mètres	1,13E+09	3,99E+10	0,028	0,97748
Distance à Bruxelles	-565074	7,89E+06	-0,072	0,94302
Ikea d'Hognoul à moins de 10 min de voiture	-8,71E+09	1,30E+10	-0,67	0,5043
SAED à moins de 500 mètres	1,27E+09	6,95E+09	0,183	0,85516
Carrière à moins de 500 mètres	-1,90E+09	3,97E+09	-0,479	0,63309
Hôpital général à moins de 10 min de voiture	1,45E+10	9,53E+09	1,525	0,12993
Autoroute à moins de 500 mètres	1,57E+10	3,56E+10	0,44	0,66071

R2 non-ajusté = 0,441214

Statistique de test:  $TR^2 = 97,508369$ ,

avec p. critique =  $P(\text{Chi-deux}(105) > 97,508369) = 0,685630$

**Annexe 13 : Diagramme de dispersion de Moran pour le modèle général des appartements à acheter :**

