

Faculté des sciences

Les campagnes périurbaines peuvent-elles nourrir Bruxelles ?

Facteurs de localisation des terres agricoles de légumes et de petits fruits en Brabant wallon.

Auteur : **Sébastien Fils**

Promotrice : **Prof. Marie-Laurence De Keersmaecker**

Lectrices : **Prof. Veerle Vanacker et Prof. Sophie Vanwambeke**

Année académique 2021-2022

Master [120] en sciences géographiques, orientation générale, à finalité didactique

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier particulièrement ma promotrice Mme De Keersmaecker pour son accessibilité et son suivi régulier qui m'ont permis de mener à bien toute ma réflexion. Je tiens également à remercier Mme Thomas pour son implication dans le processus de détermination de mon sujet.

Je tiens ensuite à remercier mes proches pour leur soutien durant toutes mes études et grâce à qui j'ai pu m'épanouir durant mon parcours étudiant. Merci à mes parents et mon frère d'avoir transformé la période de confinement en un moment familial plein de bons souvenirs et de rigolades.

Je tiens finalement à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont permis de comprendre que les études universitaires ne sont pas que blocus et travail. Merci à mes collègues géographes, à la BW, à l'Astikot et plus particulièrement au kot 6T pour cette dernière année géniale à Louvain-la-Neuve.

Sébastien Fils

Gaudeamus igitur, luvenes dum sumus.

Réjouissons-nous donc, Tant que nous sommes jeunes.

Table des matières

Remerciements	i
Table des matières	ii
I. Introduction	1
Mise en contexte	1
Évolution des relations entre la ville et l’agriculture	5
Objectifs et hypothèses	11
II. Matériel et méthode	13
Le modèle	13
Aire d’étude	13
Bruxelles	13
Brabant wallon	15
Paysage agricole en Brabant wallon.....	16
Données utilisées	17
Surfaces agricoles	17
Variables à expliquer	17
Légumes en plein air (y compris fraises)	17
Les petits fruits.....	19
Variables explicatives	20
Distance à Bruxelles	20
Superficie agricole utilisée	21
Prix du foncier	22
Taux d’urbanisation.....	23
Densité de population	24
Demande de produits locaux	25
Offre en produits locaux.....	27
Analyse exploratoire	28
Communes problématiques	29
Waterloo.....	29
La Hulpe.....	29
Rixensart.....	30
Données restantes	30
Modèle de régression	30

III. Résultats.....	32
Modèle de régression légumes en plein air.....	32
Validation du modèle	33
Multicolinéarité	33
Normalité des résidus	33
Homoscédasticité des résidus	34
Observations extrêmes	34
Autocorrélation spatiale des résidus	34
Robustesse du modèle	35
Modèle de régression petits fruits.....	35
Classification des communes.....	36
IV. Discussion.....	38
Petits fruits.....	38
Légumes en plein air.....	40
Secteurs des légumes en Wallonie.....	41
L'espace du Brabant wallon.....	42
Travailler à plus grande échelle.....	43
Une spécialisation agricole en Brabant wallon	44
Aller plus loin.....	45
V. Conclusion	46
Bibliographie.....	48
Liste des Figures et Tableaux	56
Figures	56
Tableaux.....	57
Annexes.....	58
Annexe 1 : Box-plots.....	58
Annexe 2 : Corrélations entre variables.....	60
Annexe 3 : Autres figures.....	63
Annexe 4 : Tableaux.....	66
Biographie.....	70

I. Introduction

Mise en contexte

En 2015, les Nations Unies ont adopté un programme de développement durable. Ce programme se base sur dix-sept objectifs de développement durable (ODD). Le deuxième objectif de ce programme est d'« Éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable » (Nations Unies, 2015). C'est un enjeu majeur puisque selon les estimations actuelles, la population mondiale passera d'environ 7.8 milliards de personnes en 2020 à plus de 9.7 milliards en 2050 (Nations Unies, 2019). Il faudra donc nourrir près de 2 milliards de personnes supplémentaires tout en respectant les objectifs de durabilité. Cette population grandissante sera de plus en plus urbaine. En effet, les estimations montrent que la population urbaine ainsi que le taux d'urbanisation vont croître dans toutes les régions du globe (Tacoli et McGranahan, 2015). Pour respecter les objectifs de développement durable, il faudra donc produire de la nourriture pour plus de personnes dans un environnement de plus en plus urbanisé. Mais ces environnements subissent des pressions importantes à cause de la compétition entre les différentes utilisations du sol possibles. La production alimentaire n'y est donc pas toujours aisée (Olsson et al., 2016). En général, les villes ne produisent pas l'entièreté de leur consommation alimentaire et doivent combiner une production interne et externe aux limites administratives de celle-ci (Poulot, 2014). Il est donc nécessaire d'établir des politiques efficaces pour permettre aux espaces urbains d'avoir une résilience suffisante en terme d'alimentation.

Le 1er janvier 2000, il y avait environ 960 000 habitants dans la Région de Bruxelles-Capitale. Le début du 21^{ème} siècle est marqué par une forte augmentation de la population bruxelloise. En effet, en 2020, elle dépassait les 1.2 millions d'habitants, soit une croissance de 1.25% par an. Selon les estimations, la croissance devrait ralentir mais continuer pour dépasser les 1.31 millions d'habitants en 2070 (Duyck et al., 2020). Cette croissance est due d'une part à un solde d'accroissement naturel positif et au solde migratoire international positif. La majorité des immigrants sera d'origine extérieure à l'Union européenne contrairement à l'immigration du début des années 2000 qui était fortement composée d'immigrants originaires de nouveaux pays de l'Union. Le solde de migration interne devrait par contre rester négatif comme depuis la fin du 20^{ème} siècle ; la population bruxelloise continue de quitter la Ville-Région pour les communes périphériques. Le solde naturel devrait rester positif en raison de la structure d'âge relativement jeune de la capitale (Bureau fédéral du Plan–Statbel, 2019). De plus, Bruxelles est un pôle d'emploi majeur en Belgique. On peut rajouter également plus de 350 000 travailleurs journaliers présents plus de 4 jours par semaine dans la capitale (Chiffres pré-

Covid-19) (Ermans et al., 2017). Le nombre de personnes à nourrir de manière saine et durable dans la capitale est donc important et devrait continuer à augmenter dans les années à venir.

Pour ancrer la question de l'alimentation au centre de la dynamique urbaine à Bruxelles, la Région de Bruxelles-Capitale (notée RBC) a établi la stratégie Good Food (Région Bruxelles-Capitale, 2015). Cette stratégie a pour ambition de s'inscrire dans le contexte d'alimentation durable notamment dans les ODD proposés par les Nations Unies (Région Bruxelles-Capitale, 2015). Ce programme de promotion d'alimentation saine et durable s'inscrit dans un contexte bruxellois particulier. Il a été estimé que presque ¼ de l'impact environnemental des ménages bruxellois est dû à l'alimentation (Ecolife, 2004). Cet impact est dû à la consommation mais surtout à la production et au transport des aliments. Trouver des alternatives durables pourrait permettre à Bruxelles de minimiser son empreinte écologique liée à l'alimentation. Ce projet s'inscrit également dans un contexte économique particulier où une partie de la population ne parvient pas à assumer le coût de son alimentation. On estime en effet à 55 000 le nombre de personnes bénéficiant de l'aide alimentaire à Bruxelles en 2016 (Hubert et Vleminckx, 2016). Par ailleurs, il a été montré que les populations les plus pauvres au sein des pays où le revenu moyen est relativement élevé s'exposent à un risque d'obésité plus élevé (Ameye et Swinnen, 2019). Cette population est contrainte de se nourrir de produits de basse qualité à des prix plus bas. En 2010, 11% de la population bruxelloise souffraient d'obésité (Deguerry et al., 2010). Il est donc essentiel pour Bruxelles d'assurer un approvisionnement en une alimentation saine et respectueuse de l'environnement. Le programme Good Food a donc été créé autour de différents enjeux tels que « la production locale alimentaire, la chaîne d'approvisionnement, de transformation et de distribution, la qualité et l'équilibre de l'assiette et la réduction du gaspillage alimentaire » (Région Bruxelles-Capitale, 2015). L'objectif est de donner une vision du système alimentaire de Bruxelles pour 2035 en se concentrant sur la production, l'éducation et la réduction du gaspillage.

Le programme Good Food se décompose en sept axes différents pour répondre à tous les enjeux évoqués précédemment. Notre travail se concentrera principalement sur le premier qui est « Augmenter la production alimentaire locale durable ».

Pour augmenter la production locale, il faut adopter des stratégies de production au sein même et à proximité de la ville. On va parler d'agriculture urbaine. On appelle agriculture urbaine l'agriculture dont au moins une partie de la production et ou des services est destinée directement à la ville et dont le foncier est en concurrence avec la ville (Aubry, 2013). En plus d'approvisionner la ville en nourriture, elle répond à des fonctions de type environnemental, social et économique entre autres (Wegmuller et Duchemin, 2010). En misant sur le circuit court et les modes de production respectueux de l'environnement, l'agriculture urbaine permet de réduire l'impact environnemental des citadins (Région Bruxelles-Capitale, 2015).

L'agriculture urbaine se développe de plus en plus depuis le début du 21^{ème} siècle. Cette agriculture peut prendre différentes formes qui dépendent de divers facteurs : lieux d'installation, acteurs, système de distribution, type de production (Daniel, 2013)... L'agriculture urbaine est composée de l'agriculture intra-urbaine et périurbaine. Cette dernière se rapporte à la production en périphérie de la ville. La distinction entre intra et périurbain est généralement basée uniquement sur la localisation. Cependant, toute l'agriculture périurbaine ne rentre pas forcément dans la définition d'agriculture urbaine évoquée précédemment (Nahmias et Le Caro, 2012). Une certaine partie de l'agriculture périurbaine n'entretient pas de rapports fonctionnels avec la ville et ne doit donc pas être considérée comme agriculture urbaine (Fleury et Donadieu, 1997). Pour assurer une résilience urbaine en termes d'alimentation, il est nécessaire de renforcer et de développer les rapports fonctionnels entre l'intra et le périurbain (Daniel, 2013).

Bruxelles compte mener deux actions pour agir dans cette direction. Premièrement, la capitale veut promouvoir l'autoproduction durable en soutenant les projets individuels et collectifs dans la région. Les objectifs fixés pour 2020 étaient de doubler les surfaces potagères dans les espaces verts régionaux gérés par l'IBGE (Institut bruxellois de Gestion de l'Environnement), une augmentation de 11% (en 2011) à 30% des ménages produisant une partie de leur alimentation et maintien ou augmentation des 88 ha des potagers collectifs. L'évaluation finale publiée par la RBC en 2021 dresse les résultats des différentes actions. La surface totale des potagers collectifs atteint 79 ha. L'objectif de surface n'est donc pas respecté mais le nombre de potagers collectifs atteint 392 en 2018, soit une augmentation de 33% en 5 ans, ce qui augmente l'accessibilité de la population à ceux-ci. En 2020, 40% des ménages bruxellois cultivaient une partie de leur alimentation (principalement des légumes et des fruits). Cet objectif est donc atteint. L'objectif de doubler les surfaces potagères dans les espaces verts gérés par l'IBGE n'est pas atteint mais la liste d'attente pour des demandes de potagers a fortement augmenté durant la crise du COVID-19 entre mars et juillet 2020 et cet objectif devrait être atteint dans les années à venir. Bien que tous les objectifs ne soient pas respectés, il y a donc un intérêt grandissant pour l'autoproduction alimentaire de la part des ménages bruxellois.

La deuxième action menée par la RBC est de développer une agriculture professionnelle durable. C'est pour cette raison que la RBC veut augmenter l'agriculture intra et périurbaine professionnelle durable. En 2015, 244 ha de terres étaient utilisés comme terres agricoles (dont 228 ha inscrits comme zone agricole au plan régional d'affectation du sol de la RBC), soit environ 1.5% de la superficie de la région. Près de la moitié des terres agricoles est destinée aux pâturages. La majorité des cultures est par contre traditionnelle et n'a donc pas vocation à nourrir la ville directement (Moyersoen et al., 2014). En 2015, la RBC a fixé des objectifs de production agricole professionnelle à l'horizon 2020 et 2035. En 2020, 100% des

terres agricoles déclarées au PRAS en 2015 devraient être conservées et tous les nouveaux projets de production agricole professionnelle devraient être performants du point de vue environnemental, économique et social. Il faudra également que 5% des légumes et fruits non-transformés consommés par les Bruxellois soient produits par l'agriculture urbaine professionnelle. Ce chiffre doit atteindre 30% en 2035. Une première étude réalisée en 2015 a permis d'estimer la surface de production nécessaire pour atteindre cet objectif. La surface est calculée en se basant sur les habitudes de consommation des Bruxellois et sur les rendements moyens belges des différents fruits et légumes considérés. Cette étude estime que 590.5 ha seront nécessaires pour atteindre cet objectif. Étant donné le peu d'espace disponible en RBC, la stratégie adoptée par le programme Good Food mise sur de la culture en pleine terre en RBC, des cultures hors-sol en intra-urbain et en grande partie sur de la production en zone périurbaine. Cette zone périurbaine est définie comme une ceinture de 10 km de large entourant la RBC (Figure 1).

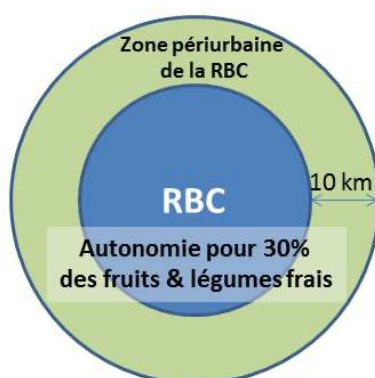


Figure 1 : Zone de production considérée dans la stratégie Good Food (Source : Région de Bruxelles-Capitale, 2015)

En 2018, dans l'évaluation à mi-parcours du programme Good Food, des stratégies différentes ont été identifiées selon le lieu de production considéré (Région Bruxelles Capitale, 2018). En zone agricole intra-régionale, on veut soutenir la fonction de production alimentaire des terres. La zone intra-régionale correspond aux zones les moins urbanisées de la région où il existe des surfaces agricoles relativement importantes comme dans le quartier anderlechtois de Neerpede par exemple. En intra-urbain, c'est-à-dire dans les zones de la région sans caractères ruraux, en raison de la forte concurrence des espaces publics, on veut soutenir les projets qui apportent « plus que de la nourriture ». On veut soutenir les projets ayant des intérêts sociaux et/ou environnementaux. Pour ce qui est de la périphérie, ce bilan à mi-parcours insiste encore plus sur l'intérêt de reconnecter Bruxelles à son espace périurbain. De plus, une étude réalisée en 2018 a réestimé la surface nécessaire pour atteindre l'objectif de 30% de consommation de fruits et légumes non transformés issus d'une production locale. La

surface nécessaire atteint désormais 1.600 ha (Boutsen et al., 2018). La zone périurbaine considérée ne se limite donc plus uniquement à une ceinture périphérique de 10 km de large mais bien à l'ensemble des deux Brabants.

En novembre 2020, le Ministre bruxellois de l'Environnement Alain Maron est invité sur la chaîne d'informations LN24 pour évoquer entre autres la production alimentaire en Brabant wallon pour nourrir Bruxelles. Il explique l'objectif du programme Good Food qui est de produire 30% de la nourriture des Bruxellois à l'intérieur de la région et dans son hinterland. Il explique qu'en raison du peu d'espace disponible en RBC, celle-ci va acquérir dans le futur des terres agricoles dans les Brabants pour favoriser la biodiversité et assurer une production alimentaire. Le ministre explique que des terres seront mises à disposition des agriculteurs mais que la production devra être destinée au circuit court. Il insiste sur le fait qu'il est indispensable de compter sur les Brabants pour atteindre l'objectif de 30% de consommation locale par les Bruxellois. Suite à l'annonce d'Alain Maron, les réactions ne se sont pas fait attendre. Différents opposants politiques ont répondu à cette annonce. David Clarinval, Ministre fédéral de l'Agriculture, reproche un « mode de production médiéval » qui traduit d'un manque de respect envers les agriculteurs wallons et flamands (LN24, 2020). L'achat des terres par la RBC risquerait d'impacter fortement le prix des terres qui subit déjà une forte pression spéculative. Il signale également qu'une production locale existe déjà en Flandre et en Wallonie et que cette production est très demandeuse de débouchés en RBC.

Sans concertation avec différents acteurs du milieu agricole wallons et flamands, Bruxelles n'a pas la possibilité d'acquérir des terres en Brabant et d'y implanter une production précise pour nourrir directement les Bruxellois. La Région peut cependant s'adapter à la production actuelle et inciter les producteurs à destiner une partie de leur production à la RBC. La stratégie Good Food évoque une consommation de légumes et fruits non transformés. Mais on peut alors se questionner sur la compatibilité du paysage agricole brabançon avec un approvisionnement alimentaire de la ville. Pour fournir à Bruxelles une alimentation provenant de sa périphérie, une question se pose donc : « Quelle est l'organisation spatiale de l'agriculture en zone périurbaine de Bruxelles ? ». Si tant-est qu'elle en ait une, quelle est l'influence de la ville sur cette organisation ?

Évolution des relations entre la ville et l'agriculture

Avant d'étudier l'organisation spatiale des terres autour de Bruxelles, il est intéressant d'examiner les modèles existants d'organisation spatiale de l'agriculture et leur évolution. Nous étudierons également différents cas d'agriculture périurbaine autour de villes européennes avant de nous intéresser à la ville de Bruxelles de nos jours.

Les premières traces d'agriculture à Bruxelles dateraient du 11^{ème} ou 12^{ème} siècle où l'agriculture se retrouve même à l'intérieur des enceintes de la ville. Les surplus de cette agriculture permettaient d'alimenter d'autres régions européennes comme l'Allemagne ou des îles britanniques entre autres. De par ses espaces plats, humides et dégagés, Bruxelles se spécialise alors dans le maraichage. L'arrivée de l'industrie textile qui se met à occuper les terres auparavant maraichères contraint les exploitants à s'éloigner toujours plus loin du centre-ville. Au 14^{ème} et 15^{ème} siècle, la ville se densifie entraînant une augmentation de la demande en denrées alimentaires. La production de légumes à Bruxelles reste suffisamment importante pour subvenir aux besoins des habitants. Nous pouvons observer sur la carte de Ferraris (1770-1778) qu'il y a encore des surfaces agricoles à l'intérieur des remparts bruxellois (Figure 2). Les différentes communes périphériques de Bruxelles faisant actuellement partie de la Région Bruxelles-Capitale sont toutes majoritairement rurales avec de grandes proportions de surfaces agricoles. La Révolution industrielle entraîne avec elle une augmentation de la production industrielle. Les manufactures vont se localiser dans les villes en rognant les terres maraichères. Au 19^{ème} siècle, l'agriculture se trouve donc majoritairement en périphérie de la ville (De Mynck et Servigne, 2012).



Figure 2 : Carte de Ferraris de Bruxelles et sa périphérie

Jusqu'au 20^{ème} siècle, la production de denrées périssables se concentrait près des lieux de consommation. On retrouvait donc généralement près des villes des cultures maraichères et des vergers (Vidal, 2011). On entend par cultures maraichères les cultures horticoles à destination alimentaire. En s'éloignant de la ville, on retrouve une succession d'auréoles circulaires entourant celle-ci (Poulot, 2014). Un type de production bien précis est assigné à

chaque auréole. Le type de production va dépendre du revenu attendu en fonction de la distance au marché. Ce modèle de localisation basé sur la rente foncière a été construit au début du 19^{ème} siècle par J.H. von Thünen (Poulot, 2014). Il va proposer un modèle qui tient compte d'éléments d'influence sur l'occupation du sol par rapport à la ville : la proximité du marché, la compétition entre différentes utilisations et la rente de localisation. Dans son modèle, l'élément le plus influent est la rente de localisation. La rente diminue avec la distance à la ville. En effet, plus on s'éloigne de la ville plus les couts de transports augmentent jusqu'à ce que le revenu soit totalement absorbé par ceux-ci. Pour calculer la rente d'une culture, il faut donc tenir compte des rendements, du prix de vente, du cout de production et du cout de transport. Le cout du transport va dépendre de la distance d'une part et de la fragilité du produit d'autre part. Un produit fragile perdra plus de valeur avec la distance qu'un produit résistant. L'agriculteur a donc le choix entre différentes occupations du sol successives autour du marché, l'une remplaçant l'autre lorsque la rente de la première devient inférieure à la rente de la seconde (Figure 3). Ce modèle a donc permis d'élaborer un schéma de localisation de terres agricoles autour d'un marché unique, où les cultures sont uniformes et où il n'existe qu'un mode de transport (Poulot, 2014). On retrouve une succession bien précise d'auréoles concentriques (Figure 4). La première auréole concentrique autour du marché est donc composée d'une culture maraîchère et de production laitière. Ces produits sont fortement périssables et difficiles à transporter. Nous retrouvons ensuite une auréole de bois qui est fort demandé pour le chauffage et la construction au 19^{ème} siècle. Nous retrouvons ensuite une auréole dédiée à la culture de céréales dont l'intensivité diminue avec la distance à la ville. La dernière auréole est dédiée à l'élevage extensif servant entre autres à la production de fromage. Au-delà de cette auréole, les activités agricoles ne sont plus rentables (Poulot, 2014 ; Mercier, 2017).

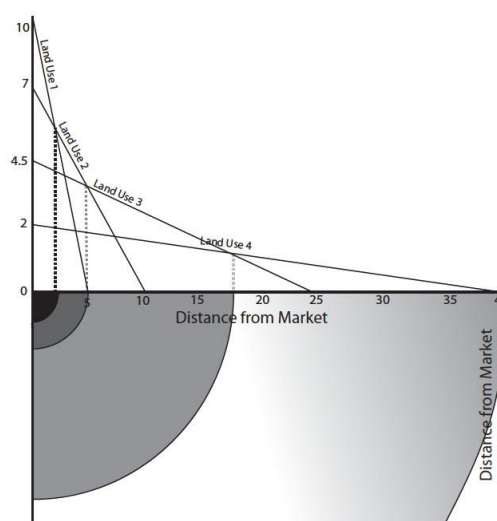


Figure 3 : Modèle de von Thünen (Source : Université Paris Ouest Nanterre)

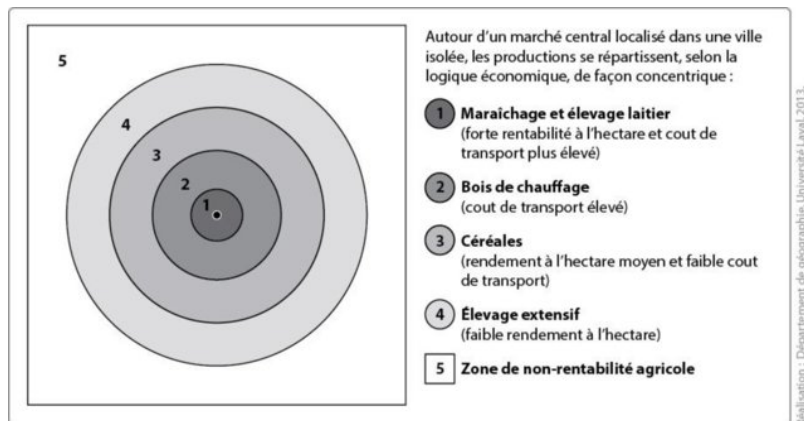


Figure 4 : Succession agricole selon von Thünen (Source : Université Laval)

Ce modèle théorique est très représentatif de ce qui se passe en réalité. Quelques modifications sont tout de même apportées avec l'apparition des faubourgs et l'apparition de nouveaux axes de communication (Figure 5). Au 20^{ème} siècle, la périurbanisation se traduisant par l'apparition de banlieues renforce la concurrence et le type de culture de la première auréole mais ne modifie pas l'organisation globale du schéma. Les axes de communication, comme les voies navigables par exemple, vont quant à eux transformer les auréoles concentriques en formes plus aléatoires emboîtées autour de ceux-ci (Sharma et al., 2011 ; Poulot, 2014).

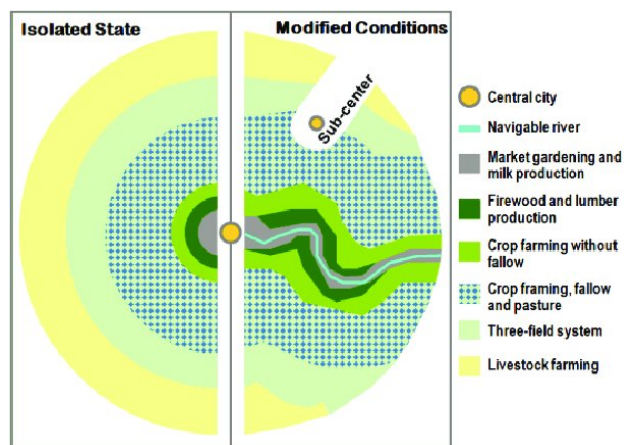


Figure 5 : Modèle de von Thünen modifié (Source : Université Hofstra)

Le modèle de von Thünen a longtemps été conforme à la réalité. Les forces d'influence qui organisent le schéma ont été déterminantes avant le 20^{ème} siècle en Europe et en Amérique du Nord. Elles sont restées d'application dans les régions du monde qui ne subissent pas encore les conséquences de l'industrialisation durant le 20^{ème} siècle (Sinclair, 1967). Depuis le Moyen Âge, la production des légumes qui demande beaucoup d'eau était localisée dans les marais. Le transport étant compliqué avant l'avènement de l'automobile au 20^{ème} siècle,

on cultivait majoritairement dans les marais aux abords ou au sein même des villes. Ces marais formaient les premières ceintures vertes. C'était notamment le cas à Paris qui comprenait environ 1 800 maraichers cultivant 1 400 ha de terres dans son enceinte en 1845 et une ceinture comportant 10 000 ha de légumes en plein champs, 7 500 ha de légumes secs et 30 000 ha de pommes de terres en 1892. L'urbanisation croissante va faire reculer cette ceinture jusqu'à environ 10 km de la ville où se regroupent producteurs laitiers, maraichers et horticulteurs (Philipponneau, 1956 ; Chauvet et al., 1986 ; Poulot, 2014).

Cette relation entre ville et campagnes basée sur la rente foncière sera profondément remise en cause avec des évolutions technologiques, des changements d'organisation humaine et d'habitudes de vie qui apparaissent au 20^{ème} siècle. L'évolution des transports a eu l'influence la plus importante sur la transformation des schémas de localisation des terres agricoles (Sinclair, 1967). Les nouveaux modes de transport permettent de transporter plus rapidement, plus loin et à moindre coût. Les nouvelles technologies de réfrigération et de transformation permettent de transporter les éléments périssables sur de plus longues distances et de les conserver plus longtemps. Ces améliorations permettent aux citadins de consommer des produits plus variés qui ne proviennent pas forcément d'une agriculture locale. En plus de l'évolution des transports, on peut évoquer la production à grande échelle et le transport de masse qui sont favorisés au 20^{ème} siècle. Cela va avantager des régions éloignées qui vont se spécialiser progressivement. Le marché unique théorique se traduit de plus en plus en réalité en un marché national ou international. Enfin, la pression sur les terres est de plus en plus forte en raison de la concurrence grandissante entre usage agricole et usage non agricole. Les observations empiriques du 19^{ème} siècle qui validaient le modèle de von Thünen ne permettent plus de valider celui-ci au 20^{ème} siècle. Poulot explique que la relation proximité et marché entre l'agriculture et la ville régresse de plus en plus au 20^{ème} siècle. C'est le cas notamment en Île-De-France où les surfaces légumières perdent 80% de superficie entre 1955 et 1988. Ces cultures qui disparaissent sont petit à petit remplacées par des cultures auparavant plus éloignées de la ville comme les céréales ou autres cultures extensives. L'agriculture en périphérie des villes ne suit donc plus une succession précise mais est simplement le reflet de l'agriculture régionale (Poulot, 2014).

À la fin du 20^{ème} siècle, l'utilisation des terres va être plus sensible à l'influence des politiques et de l'industrie agro-alimentaire qu'à la proximité de la ville. La ville est perçue comme une source de contraintes plutôt que comme une opportunité de marché (Granchamp-Florentino, 2012). Certains agriculteurs décident de convertir leurs terres en terrains à bâtir pour toucher un revenu supplémentaire lié à l'urbanisation (Perrin et al., 2013). La fin du 20^{ème} siècle est donc marquée par un fonctionnement basé sur la rente foncière urbaine plutôt que sur la rente foncière agricole. L'urbain s'étend et l'agriculture s'éloigne de la ville. Il devient compliqué d'identifier une limite claire entre l'urbain et l'agricole. On retrouve plutôt un continuum partant

de l'urbain pur jusqu'au terrain destiné à la production agricole. Entre les deux, on rencontre de plus en plus d'espaces mixtes et de « mélanges » entre une occupation urbaine et agricole (Poulot, 2014). La proximité de la ville ne permet plus d'expliquer le type de production (Bertrand et Rousier, 2004). Il faut donc repenser les relations existant entre villes et périphéries. L'agriculture périurbaine tend à diminuer en raison de l'étalement urbain et de la dispersion de l'habitat en campagne (Bryant, 1989). Cependant, il n'est plus possible de considérer simplement une relation linéaire entre l'urbanisation et les paysages agricoles ; d'autres variables sont à prendre en compte pour appréhender le paysage agricole périurbain. Il faut également prendre en compte l'environnement agricole régional, les structures des exploitations et les politiques d'aménagement et agricoles (Bryant, 1997). Il existe donc une grande hétérogénéité dans les espaces agricoles périurbains. En périphérie urbaine, on est donc passé d'une organisation en auréoles successives à une organisation en mosaïques (Bryant, 1997 ; Poulot, 2014).

Au début du 21^{ème} siècle, la ville influence tout de même encore certaines caractéristiques agricoles. La taille médiane des exploitations augmente avec la distance au centre urbain. Plus l'aire urbaine est petite, plus les exploitations seront grandes. La marge brute standard des exploitations diminue par contre avec la distance à la ville et sera plus élevée pour les aires urbaines les plus grandes (Cavailhès et Wavresky, 2007). En France, dans le début des années 2000, les zones urbaines et périurbaines proches restent cependant spécialisées en maraîchage en raison de l'accès facilité au marché. La ceinture maraîchère y est encore une réalité mais pas pour l'ensemble des produits maraîchers. Des produits comme les melons, fraises ou carottes par exemple sont de plus en plus issus des grandes cultures (Gille, 2002 ; Cavailhès et Wavresky, 2007). Selon les principes d'économie, la productivité marginale d'un facteur est égale à son prix. La productivité des terres va donc dépendre de la valeur foncière de celles-ci. Le travail et le capital mobilisés par unité de terre vont donc être différents selon la valeur foncière (Cavailhès et Wavresky, 2007). Actuellement, le prix des terres va dépendre du revenu agricole mais également de la rente attendue par conversion de la terre en terre urbanisable (Cavailhès et Wavresky, 2003). Ce prix tend à être plus élevé quand les terres sont proches des villes et plus encore lorsque les villes sont grandes ; ce qui se traduit par une pression urbaine plus élevée. Actuellement, les villes vont donc encore influencer les pratiques agricoles. Cette influence résulte actuellement de la pression urbaine sur le foncier plutôt que des coûts de transport liés à la distance comme dans le modèle de von Thünen (Cavailhès et Wavresky, 2007).

L'urbanisation grandissante influencerait donc l'organisation spatiale des cultures périurbaines forçant les agriculteurs à se spécialiser dans une production à rente plus élevée lorsque le prix du foncier augmente en raison de la pression urbaine. Pour tester cette hypothèse, Zasada et al. (2011) ont mené une étude pour vérifier s'il existe une corrélation significative entre des

traits caractéristiques de la périurbanisation et différentes spécialisations agricoles autour de Copenhague au Danemark. L'agriculture en zone périurbaine peut se spécialiser suivant différentes stratégies adaptatives : production à haute valeur ajoutée, orientation agro-environnementale ou agriculture récréative. L'horticulture traduit une spécialisation en agriculture à haute valeur ajoutée. Les auteurs utilisent la surface horticole relative comme indicateur de spécialisation horticole. Ils travaillent à l'échelle des communes ; ce qui leur permet d'avoir accès au niveau le plus détaillé d'informations sur la périurbanisation mais également sur les structures agricoles. Pour identifier les relations entre périurbanisation et la spécialisation en horticulture, ils construisent un modèle de régression estimé avec la méthode des moindres carrés entre la surface horticole relative et différents indicateurs. D'après cette étude, il en ressort que la production horticole est concentrée de façon régionale dans la frange urbaine directe de Copenhague. La surface horticole relative est significativement corrélée à la distance à Copenhague et à la densité de population de façon positive. Le pouvoir explicatif de leur modèle reste limité puisque le R^2 ajusté atteint seulement 0.259. La densité de population élevée est souvent due à l'arrivée dans les zones rurales de populations urbaines relativement aisées. Ces populations aisées forment un marché important pour les produits frais et de bonne qualité ; ce qui peut entraîner la spécialisation des agriculteurs vers une production à haute valeur ajoutée. Les auteurs signifient qu'il faut tenir compte des régions traditionnellement horticoles pour comprendre la répartition actuelle des productions (Zasada et al., 2011).

Objectifs et hypothèses

L'objectif de notre travail est donc de décrire et d'expliquer l'organisation spatiale des terres agricoles de fruits et de légumes en zone périurbaine de Bruxelles en Brabant wallon. Il s'agit donc de déduire une organisation en termes de localisation et de déterminer si cette organisation est influencée par des caractéristiques d'une métropole en expansion. Cette analyse géographique est réalisée en réponse à la stratégie Good Food et à l'annonce d'achat potentiel de terres brabançonnaises par Bruxelles. Il s'agit cependant uniquement d'une analyse liée à l'organisation spatiale. En aucun cas, ce travail n'a pour but de valider les idées de la stratégie Good Food ou de vérifier la compatibilité en termes comptables de l'espace agricole du Brabant wallon avec une alimentation pour la capitale.

Nous avons vu au préalable dans la littérature qu'il existe depuis tout temps des liens fonctionnels entre la ville et son agriculture en périphérie. Ces liens ont évolué au cours du temps en réponse aux évolutions technologiques et des mentalités. Nous allons donc tester si

l'organisation spatiale des terres maraichères en Brabant wallon confirme différentes hypothèses validées dans la littérature.

La première hypothèse est une explication de l'organisation spatiale des cultures basée sur un effet de la distance à la ville ; avec une spécialisation maraichère proche de Bruxelles. Nous allons donc d'abord tenter d'identifier des vestiges de la théorie de von Thünen. Selon la théorie, l'agriculture maraichère devrait être localisée à proximité de la ville. Cette localisation s'explique par la minimisation des coûts de transport jusqu'au marché. Selon cette hypothèse, c'est donc uniquement la distance à la ville qui devrait influencer l'organisation spatiale. En raison des évolutions technologiques en matière de transports et à la conservation des aliments, cet impact devrait être moins important que dans le modèle théorique de von Thünen.

La seconde hypothèse se base sur le fait que l'organisation spatiale de l'agriculture peut être influencée fortement par le phénomène de périurbanisation. L'étalement urbain peut être vu comme une source de contraintes et d'opportunités. La pression foncière augmente en raison de l'urbanisation, ce qui incite parfois les exploitants à vendre leurs terres au profits de celle-ci. La ville gagne petit à petit du terrain sur le paysage rural. Mais la périurbanisation entraîne aussi une augmentation de la taille du marché potentiel en milieu rural avec une croissance de la densité de population. Une densité de population plus forte peut inciter les exploitants à se spécialiser dans une agriculture de produits à haute valeur ajoutée comme les produits maraichers. L'organisation spatiale peut donc être le résultat de l'équilibre entre les forces de contraintes et d'opportunités de l'urbanisation.

La dernière hypothèse est une organisation spatiale qui s'explique par une réponse humaine aux changements actuels. En raison du réchauffement climatique et d'une volonté de répondre aux objectifs du développement durable, les modèles actuels de consommation et de production sont remis en cause. L'organisation spatiale de l'agriculture pourrait donc être le résultat d'une volonté des populations à un retour à une production durable ou à un mode de consommation plus locale.

L'objectif méthodologique de ce travail est d'utiliser les statistiques pour vérifier ces différentes hypothèses. Nous utiliserons donc une méthode similaire à celle de Zasada et al. (2011) appliquée à la région de Bruxelles. Nous vérifierons donc si ce type de méthode permet d'expliquer des relations et organisations spatiales en termes d'agriculture périurbaine. Nous utiliserons aussi une autre méthode statistique, une classification de Ward, pour tenter d'expliquer l'organisation spatiale de l'agriculture en Brabant wallon.

II. Matériel et méthode

Le modèle

L'objectif de notre travail est de déterminer quels facteurs peuvent expliquer la présence de terres agricoles destinées à la production de fruits et de légumes en Brabant wallon et de déterminer si les modèles de localisation agricole basés sur la distance à la ville sont encore d'actualité ou non. Nous avons vu en introduction qu'en plus de la distance, d'autres variables peuvent également expliquer une spécialisation horticole. Pour ce faire, nous allons établir un modèle de régression statistique comprenant différentes variables explicatives qui sont décrites dans la suite du travail. Nous nous inspirons de la méthode de Zasada et al. (2011) appliquée à la ville de Copenhague.

Aire d'étude

Premièrement, il est primordial de bien délimiter la zone d'étude. Notre travail porte sur la production alimentaire autour de la ville de Bruxelles. La ville est cependant difficile à définir puisqu'elle n'est plus une aire entourée de remparts. La délimitation de l'environnement urbain est complexe et nécessite de prendre en compte différentes dimensions (économiques, démographiques...) (Beaumont et al., 1996). Nous allons définir l'ensemble des communes comprises dans l'agglomération de Bruxelles. Nous justifierons ensuite le choix de travailler sur la production horticole dans la province du Brabant wallon.

Bruxelles

Dans sa déclaration, Alain Maron évoque l'achat de terres agricoles par la RBC. On ne pourrait donc considérer que les 19 communes de celle-ci. Mais Bruxelles évoque une production dans son hinterland rural ou périurbain. Nous n'allons donc pas considérer les communes urbaines liées à l'étalement urbain de la capitale. Nous devons donc délimiter l'urbain qui s'étend au-delà des limites de la région politique de Bruxelles-Capitale.

La question de la définition de Bruxelles n'est pas un problème nouveau. Différents auteurs se sont penchés sur cette définition comme Van Hecke qui propose une délimitation morphologique de l'agglomération bruxelloise (Van Hecke, 1973). Sa délimitation se base sur différents critères : taux d'urbanisation, typologie et densité du bâti, densité de population, occupation du sol.... Cette classification utilise les secteurs statistiques comme unité de base et non les communes dans leur totalité. Chaque secteur statistique est donc associé à un

niveau plus ou moins urbain. Selon cette classification, l'agglomération s'étend au-delà des limites de la région suivant différents axes d'expansion. Deux communes du Brabant wallon sont incluses dans cette agglomération : Braine-l'Alleud et Waterloo.

Nous avons décidé d'utiliser une autre définition plus récente établie par Dujardin et al. (2007). Cette définition se base sur différents critères : un indicateur physique d'occupation du sol approximé par la densité de population (critère A), un indicateur socio-économique de densité d'emplois (critère B) et un indicateur d'attractivité représenté par un taux de migration pour travailler vers la RBC (critère C). Un seuil limite est associé à chaque critère : 700 habitants/km² pour le critère A, 700 emplois/km² pour le critère B et 58% de migrants alternants sortants vers la région de Bruxelles-Capitale pour le critère C. Le niveau de classification utilisé est le niveau communal. Dujardin et al. établissent quatre définitions de l'agglomération bruxelloise. La première définition intègre dans l'agglomération bruxelloise les communes respectant le critère A. La définition 2 intègre dans l'agglomération les communes qui respectent le critère C. Pour répondre à la définition 3 (la définition large), il faut respecter au moins un des trois critères. La définition retenue par Dujardin et al. et que nous utiliserons dans notre travail est la définition 4 qui implique de respecter le critère C et au moins un autre critère (A ou B). Les communes rattachées à l'agglomération ont donc une forte dépendance fonctionnelle avec Bruxelles et ont soit une forte densité de population soit une forte densité d'emplois.

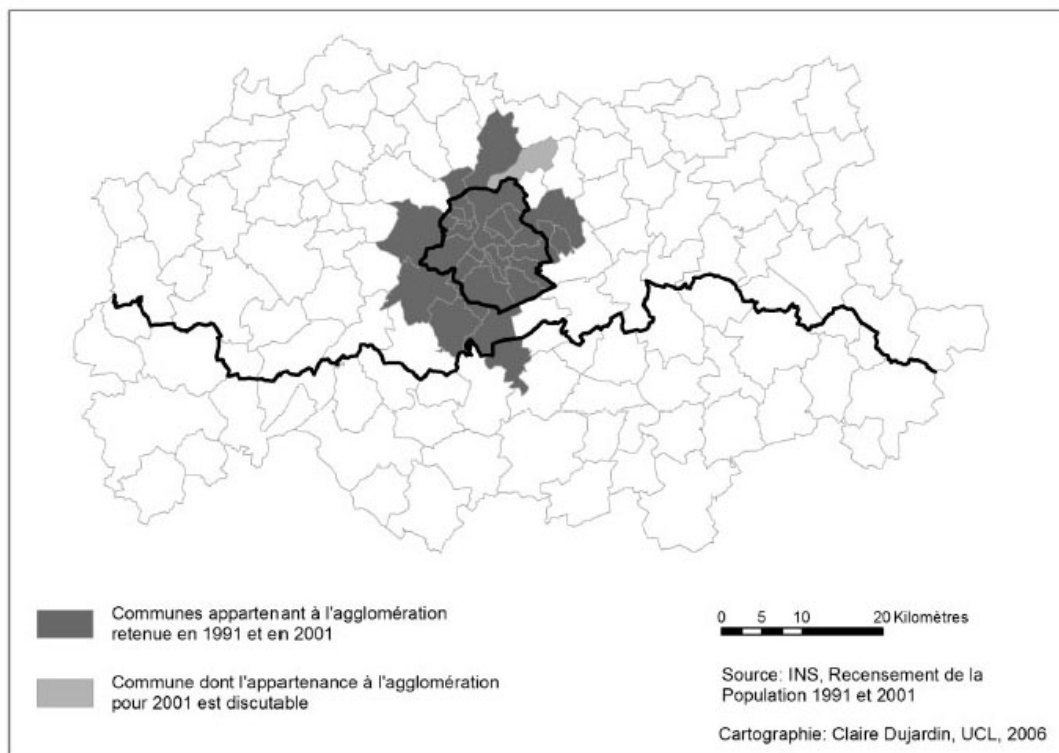


Figure 6 : Agglomération bruxelloise selon Dujardin et al. (2007)

La délimitation de l'agglomération établie utilise les données de 2001 provenant du Recensement de la Population réalisé par l'Institut National de Statistique. Elle comprend les 19 communes bruxelloises ainsi que 12 autres communes périphériques dont Waterloo (Figure 6). Malgré l'ancienneté des données utilisées, nous utiliserons quand même les résultats de cette classification pour délimiter notre agglomération urbaine de référence.

Brabant wallon

L'aire d'étude considérée dans ce travail est donc la province du Brabant wallon. Ce choix a été motivé par différentes raisons.

Nous avons décidé de limiter la zone d'étude uniquement à la limite administrative du Brabant wallon sans considérer les communes périphériques pour différentes raisons. La première raison est simplement pour répondre à l'annonce de A. Maron. En Wallonie, il évoque l'achat de terres en Brabant wallon uniquement. Il n'évoque pas d'achat dans d'autres provinces. Nous aurions également pu prendre en compte les communes situées en Brabant flamand entre Bruxelles et le Brabant wallon. Les données provenant de l'Institut STATBEL que nous utilisons étaient parfois manquantes pour certaines communes (Hoeilaart) ou indiquaient des proportions de surfaces agricoles utilisées très faibles (Overijse : 19.2%, Rhode-Saint-Genèse : 20.5%). Notre travail doit se focaliser sur l'agriculture périurbaine, nous devons éviter de prendre en compte des communes trop urbanisées. Nous avons donc décidé d'écarter ces communes et de garder uniquement les communes du Brabant wallon.

De plus, le Brabant wallon est une région fortement agricole (Tableau 1). La province a une surface de 109 056 ha et avait en 2015 une surface agricole utilisée (SAU) de 64 323 ha. Ce qui fait un rapport de 59% de surface dédiée à l'agriculture. Cette valeur est supérieure à la moyenne belge, en Région wallonne et à toutes les autres provinces wallonnes (CPAR, 2016).

Tableau 1 : Surfaces agricoles en Wallonie (Source : CPAR, 2016)

	Brabant wallon	Belgique	Région wallonne	Province du Hainaut	Province de Liège	Province du Luxembourg	Province de Namur
Superficie totale (ha)	109.056	3.052.793	1.684.429	378.569	386.231	443.972	366.601
SAU (ha)	64.323	1.344.328	732.692	208.523	158.610	145.836	155.394
Proportion SAU / sup. tot.	59%	44%	43%	55%	41%	33%	42%

Paysage agricole en Brabant wallon

Dans son rapport « L'agriculture brabançonne wallonne » de 2016, le Centre provincial de l'agriculture et de la ruralité dresse les principales caractéristiques du paysage agricole du Brabant wallon. On peut y retrouver les informations suivantes pouvant être utiles dans le cadre de notre travail.

Le Brabant wallon est donc la province wallonne ayant la plus grosse proportion de SAU (surface agricole utile). Cette SAU est composée à 89.5% de terres arables alors que la moyenne wallonne n'est que de 66.5%.

Entre 1993 et 2015, on observe une chute de 48% d'exploitants agricoles dans la province en raison de facteurs structurels, économiques, réglementaires et politiques. On constate également une régression en termes de SAU. Cette régression est néanmoins moins rapide. On observe une régression de 5.6% entre 1995 et 2015. Cette tendance à la régression peut s'expliquer par la progression des surfaces bâties, l'amélioration des conditions de vie (maisons plus grandes, plus d'infrastructures de services...) ou le développement de nouvelles voies de communication.

En Brabant wallon, la SAU est principalement dédiée aux céréales (froment, orge et épeautre), aux cultures industrielles (betteraves sucrières, chicorées et lin) et aux pommes de terre. Les légumes n'occupent que 5% de la SAU totale (Figure 7).

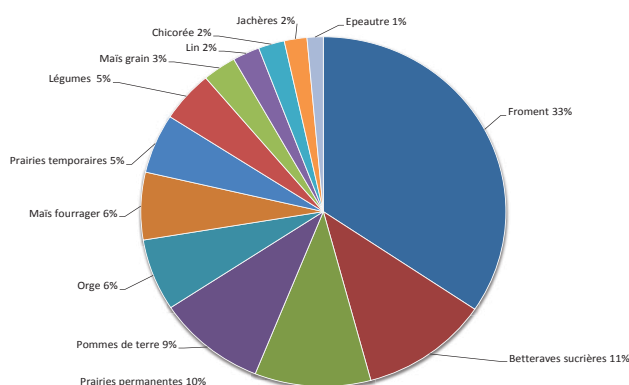


Figure 7 : Assolement 2015 du Brabant wallon en % de SAU (Source : CPAR, 2016)

Au niveau de l'agriculture biologique, le Brabant wallon ne comptait que 4% des producteurs de la région wallonne en 2015. On observe une augmentation significative des surfaces de production biologique chaque année (Tableau 2). Cette augmentation est notamment due à la demande accrue des consommateurs.

Tableau 2 : Évolution des superficies bio en Wallonie (Source : CPAR, 2016)

Superficie certifiée bio	Évolution 2014-2015
Fruits	+53%
Légumes	+20%
Grandes cultures	+22%
Prairies	-1%

Données utilisées

La résolution des données utilisées dans notre analyse sera l'échelle des communes. Cette résolution permet d'obtenir des données brutes de toutes les variables utilisées. Il s'agit en effet de la résolution existante la plus fine associée aux différentes variables. Cette résolution implique cependant de considérer que les différentes communes sont totalement homogènes en termes de paysage, de répartition de la population... On ne sait donc pas différencier les sections les plus urbanisées des différentes communes.

Surfaces agricoles

Pour les données de surfaces agricoles, nous allons utiliser les chiffres agricoles de 2020 fournis par l'Institut Statbel. Les données proviennent des déclarations de superficie de la Wallonie et sont complétées par le Recensement agricole mené en novembre 2020. La période de référence des cultures sont les mois d'avril et de mai. Ces données comprennent pour chaque commune belge les surfaces (en ares) de différents types d'agriculture ainsi que des chiffres en termes d'élevage que nous n'utiliserons pas dans ce travail. La classification utilisée est celle définie par Eurostat (Eurostat, 2022).

Comme notre étude concerne l'alimentation et les circuits courts, nous allons nous concentrer sur les surfaces agricoles les plus compatibles avec ce mode de consommation. Nous ne considérerons donc pas les surfaces de cultures industrielles ou à destination de l'alimentation du bétail.

Variables à expliquer

Légumes en plein air (y compris fraises)

Nous allons donc établir un modèle qui vise à identifier les facteurs qui peuvent favoriser la production de légumes en plein air dans les différentes communes du Brabant wallon. Les

légumes en plein air sont une des sous-catégories des terres arables. Les terres arables sont les terres travaillées régulièrement. Les principaux légumes produits en plein air (en termes de surface) en Wallonie sont les petits pois, les haricots verts, les carottes et les oignons. Il est à noter que la majorité des légumes produits en Wallonie, entre 80 et 96% selon les sources, est destinée à la filière de transformation et non au marché du frais (Antier et al., 2020). Dans ses données, Statbel intègre les cultures de fraises aux surfaces destinées à la production de légumes en plein air. Cette catégorie comprend en fait les légumes ainsi que toutes les cultures de fruits non permanentes. Le fraisier est une plante vivace mais qui ne peut pas tenir le sol longtemps. Le plant produit généralement deux ou trois ans avant d'être remplacé (Benicha et al., 2014). C'est pour cela qu'on considère que le fraisier n'est pas permanent. Nous ne considérerons pas dans notre travail les légumes produits sous serres. En effet, ce type de production est très minoritaire avec seulement 22 ha en Wallonie en 2018 (Antier et al., 2020).

Nous avons créé un indice de surface relative de légumes en plein air. Celui-ci a été obtenu en faisant le rapport de surface de légumes en plein air par la superficie agricole utilisée. Nous obtenons un indice allant de 0.014% pour Braine-le-Château à 10.34% pour la commune d'Hélécine. La province du Brabant wallon est coupée en deux avec la partie est, la plus éloignée de Bruxelles, ayant des valeurs plus élevées de production de légumes que la partie ouest (Figure 8). La classification utilisée pour la représentation cartographique est la classification de Jenks.

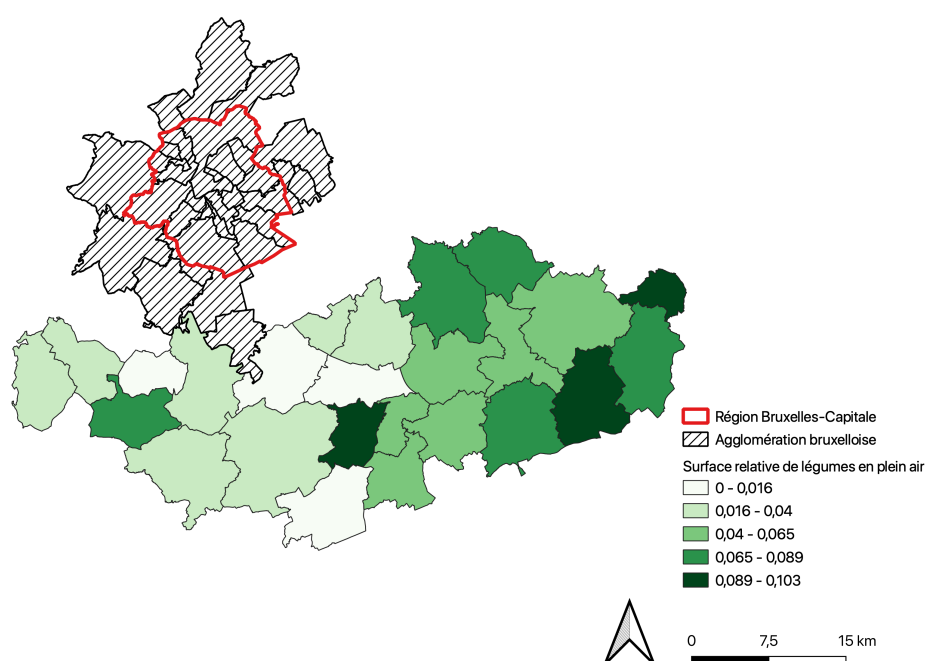


Figure 8 : Surfaces relatives de légumes en Brabant wallon

Les petits fruits

Pour les données portant sur les fruits, nous allons utiliser les petits fruits. Ils reprennent les framboises, mûres, myrtilles et groseilles. On en retrouve partout en Wallonie. Ces productions sont souvent liées à des productions de fraises. Leur production est majoritairement dédiée aux circuits courts. Nous ne considérerons pas les vergers qui sont surtout localisés en Province de Liège et de Namur dont la production est principalement dédiée aux circuits longs et à l'exportation (Apaq-W, s.d.).

Nous créons une variable de surface relative en faisant le rapport des surfaces de petits fruits par rapport à la superficie agricole utilisée. Sur cette carte (Figure 9), il est plus difficile d'observer une tendance précise. Il ne semble pas spécialement y avoir plus de productions de petits fruits lorsque l'on s'éloigne de Bruxelles. D'autres facteurs pourraient potentiellement expliquer des valeurs plus élevées comme dans la commune de Tubize par exemple.

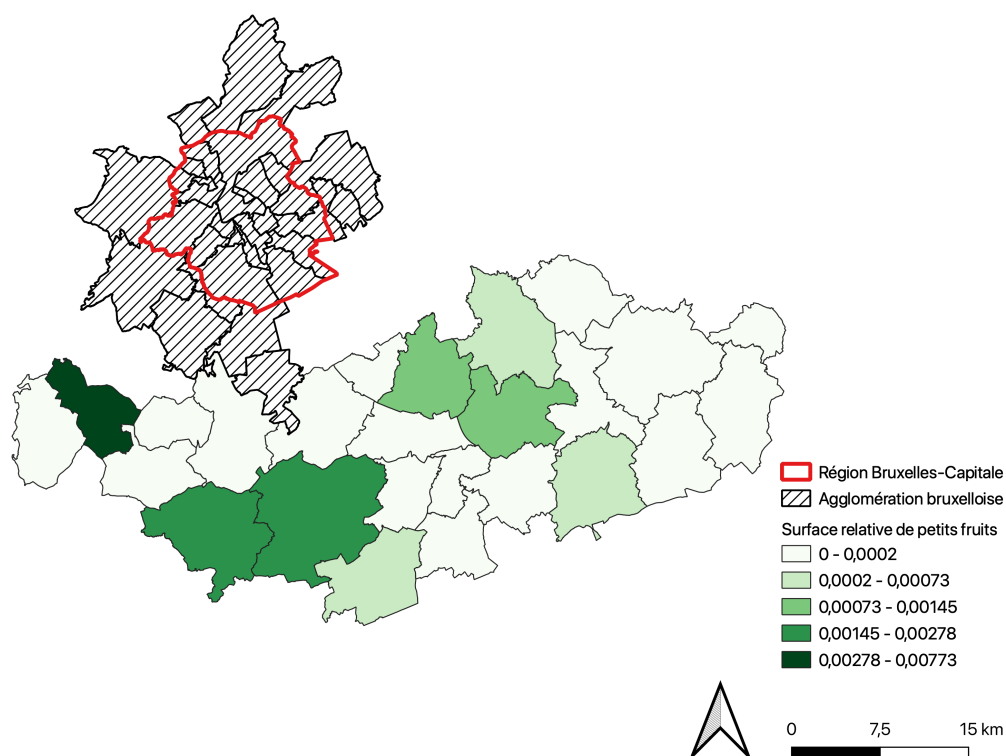


Figure 9 : Surfaces relatives de petits fruits en Brabant wallon

Variables explicatives

Distance à Bruxelles

Comme expliqué en introduction, les anciens modèles de localisation agricole étaient basés sur la distance à la ville. Même si l'influence de la distance à la ville a diminué en raison de la baisse du coût de transport et de la diminution du temps de transport, il existe encore une influence de la distance (Cavailhès et Wavresky, 2007).

Généralement, les modèles ou études utilisant la distance à la ville comme variable d'influence de l'agriculture, comme von Thünen ou Zasada et al. (2011), se basent sur la distance au centre-ville. Cependant avec l'étalement urbain actuel de Bruxelles, il est possible de voir apparaître des centres urbains secondaires au sein de la région ou même dans l'espace périurbain (Servais et al., 2014). Il est donc compliqué de définir avec certitude un centre unique. De ce fait, nous avons fait le choix de considérer la plus courte distance entre les centroïdes de chaque commune du Brabant wallon et la limite de l'agglomération bruxelloise définie précédemment (Figure 10). La distance associée à la commune de Waterloo est donc de 0. Les communes les plus éloignées de l'agglomération sont les communes à l'est de la province.

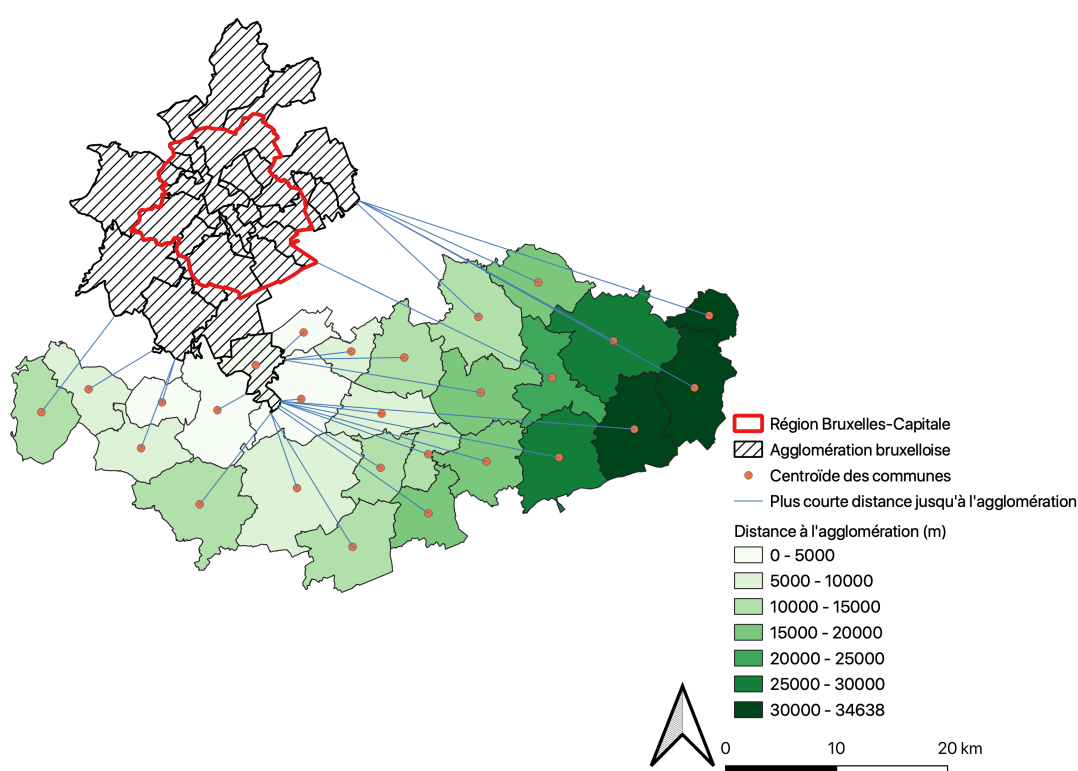


Figure 10 : Distance entre Bruxelles et les communes du Brabant wallon

Superficie agricole utilisée

La superficie agricole utilisée (SAU) comprend la superficie totale des terres arables, des cultures permanentes, des superficies toujours couvertes d'herbe et des cultures sous serres. Cette variable est donc utilisée pour représenter le niveau agricole de chaque commune. Il faut savoir que la SAU est déclarée par les agriculteurs établis dans chaque commune mais la superficie exploitée peut se trouver dans d'autres communes que l'agriculteur. Cela peut entraîner des biais comme à Wavre par exemple qui a une SAU supérieure à la superficie de sa commune (CPAR, 2016).

La première variable créée est la SAU par commune par rapport à la superficie totale de la commune. Nous obtenons un indice représentant le niveau agricole de chaque commune. Cet indice atteint une valeur supérieure à 1 pour la commune de Wavre à cause du biais évoqué précédemment. On peut observer sur la Figure 11 que les communes les plus éloignées de l'agglomération de Bruxelles ont des niveaux agricoles plus élevés que les communes les plus proches.

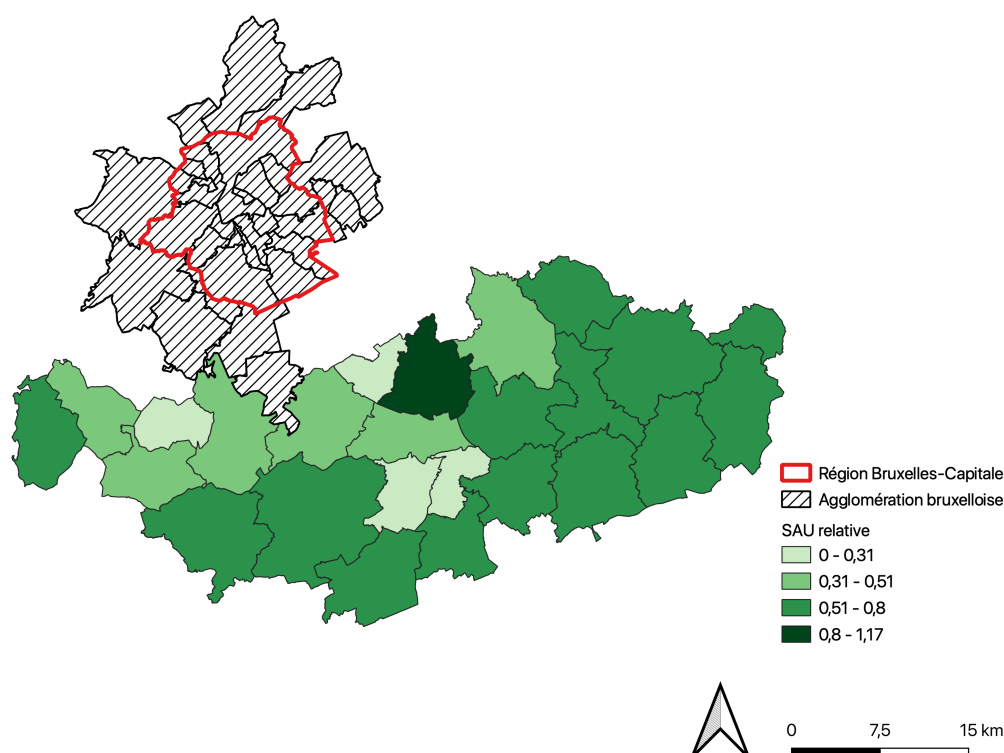


Figure 11 : SAU relative en Brabant wallon

Prix du foncier

Les prix des terres suivent les principes de base de l'économie. Si la demande en terres augmente, les prix à l'hectare vont augmenter. Les prix des terrains agricoles vont d'abord dépendre du revenu espéré sur celui-ci. Une terre accessible ou rare va avoir un prix plus élevé qu'une terre commune et peu accessible. Des facteurs indirectement liés à l'agriculture comme la pression démographique vont aussi influencer le prix des terres. Le prix des terres va principalement être influencé par les rendements dans les régions de grandes cultures et par l'attractivité à l'urbain dans les régions subissant une forte pression démographique (Lefebvre et Rouquette, 2011). Ce principe s'applique d'autant plus aux espaces périurbains comme la province du Brabant wallon. En effet, il y existe des conflits d'intérêts entre les terrains agricoles, urbains, forestiers... Généralement, le prix des terres diminue avec la distance à la ville mais croît avec la population et la densité du bâti (Cavailhès et al., 2011).

Les données des prix des terres agricoles étant moins accessibles et moins représentatives (peu de ventes chaque année), nous utilisons le prix des terrains à bâtir. Le prix du terrain à bâtir va être fonction du revenu anticipé lié à l'installation du bâtiment sur ce terrain (Geniaux et Napoléone, 2005). Le prix d'une terre agricole va dépendre de la rente agricole associée à ce terrain mais également à la rente foncière associée à la conversion du terrain agricole en terrain à bâtir. Plus la rente foncière anticipée est élevée, plus le prix du terrain à bâtir mais également du terrain agricole vont être élevés (Cavailhès et Wavreski, 2003 ; Geniaux et Napoléone, 2005 ; Cavailhès et al., 2011).

Nous utilisons donc le prix moyen du terrain à bâtir comme proxy pour le prix des terres agricoles. Les données les plus récentes disponibles sont celles de 2014 fournies par le SPF Finance. Chaque donnée correspond au prix moyen au m² des terrains à bâtir (pour autant qu'il y ait au moins eu 6 terrains vendus sur la période) (WalStat, s.d.).

Waterloo est la commune avec le prix moyen du terrain à bâtir le plus élevé. C'est au nord-ouest de la province que l'on trouve les valeurs les plus élevées. Les communes à l'est de la province ont des prix au m² plus faibles. C'est donc dans les communes les plus éloignées de Bruxelles que l'on retrouve les prix les plus bas (Figure 12). Cela correspond au modèle théorique mono-centrique du prix du foncier en fonction de la distance au centre d'emplois (Gofette-Nagot, 2009).

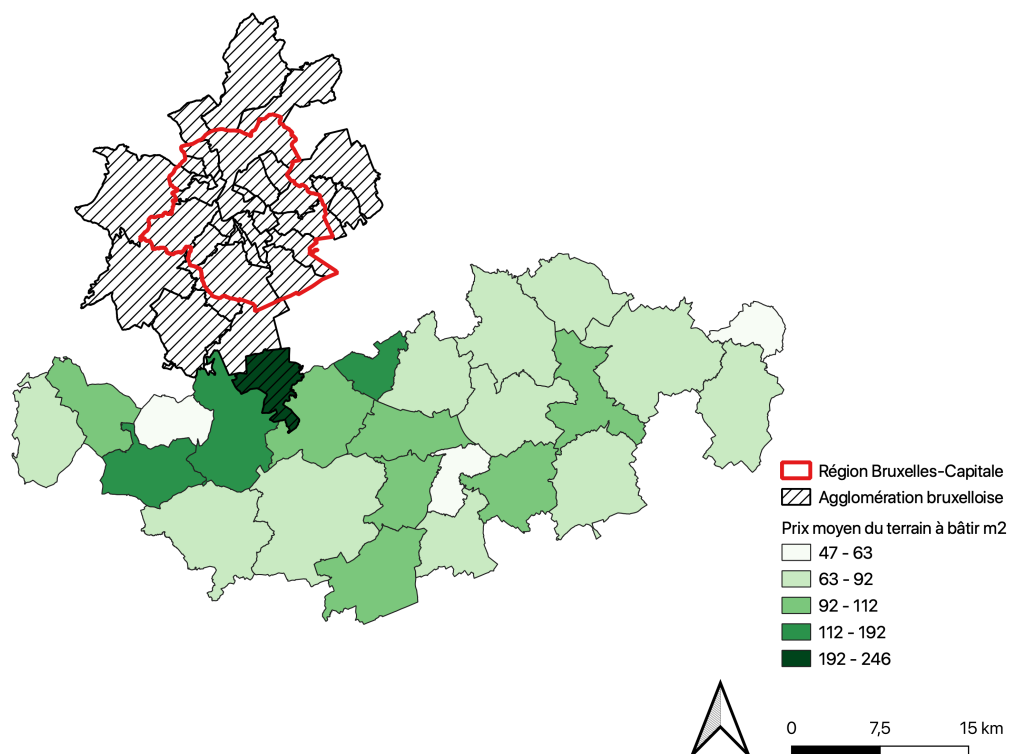


Figure 12 : Prix du foncier en Brabant wallon

Taux d'urbanisation

Il y a actuellement, en Brabant wallon, un conflit d'intérêt entre le bâti et l'agriculture au niveau des terres disponibles. Au 20^{ème} siècle, avec l'élévation du niveau de vie, les standards d'habitation augmentent. On cherche des propriétés plus grandes avec plus de surfaces extérieures et intérieures. De plus en plus de surfaces vont donc être dédiées aux habitations et aux services pour les habitants (Jehin, 1998). L'augmentation du prix des logements et des terrains tend à diminuer la surface d'habitat par personne mais la surface absolue dédiée aux logements continue à augmenter en Wallonie (Hanin et al., 2012). Il est possible d'approximer les surfaces artificialisées à l'aide du niveau d'urbanisation. Il n'existe cependant pas une définition commune de zone urbanisée. On y intègre généralement les bâtis résidentiels, les espaces verts à destination urbaine, les zones industrielles et commerciales, les réseaux de transports, les bâtiments publics (André et al., 2018) ...

En nous basant sur les définitions de Jehin (1998) et de André et al. (2018), nous avons calculé la surface urbanisée par commune. Nous utilisons comme source de données l'occupation du sol selon le registre cadastral. Les surfaces utilisées sont celles de 2021. On considère comme urbaines toutes les surfaces bâties ainsi que les jardins et parcs, les loisirs et sports, les

chemins cadastrés et les superficies non-cadastrées. Nous calculons un indice relatif d'urbanisation en faisant le rapport de superficie urbanisée sur la superficie totale de la commune.

Les communes les plus proches de Bruxelles, au nord-ouest de la province, sont les plus urbanisées avec des taux compris entre 26.7 et 62.8% d'urbanisation (Figure 13). L'urbanisation ne dépasse pas les 17.5% dans l'ensemble des communes les plus éloignées de Bruxelles à l'est de la province.

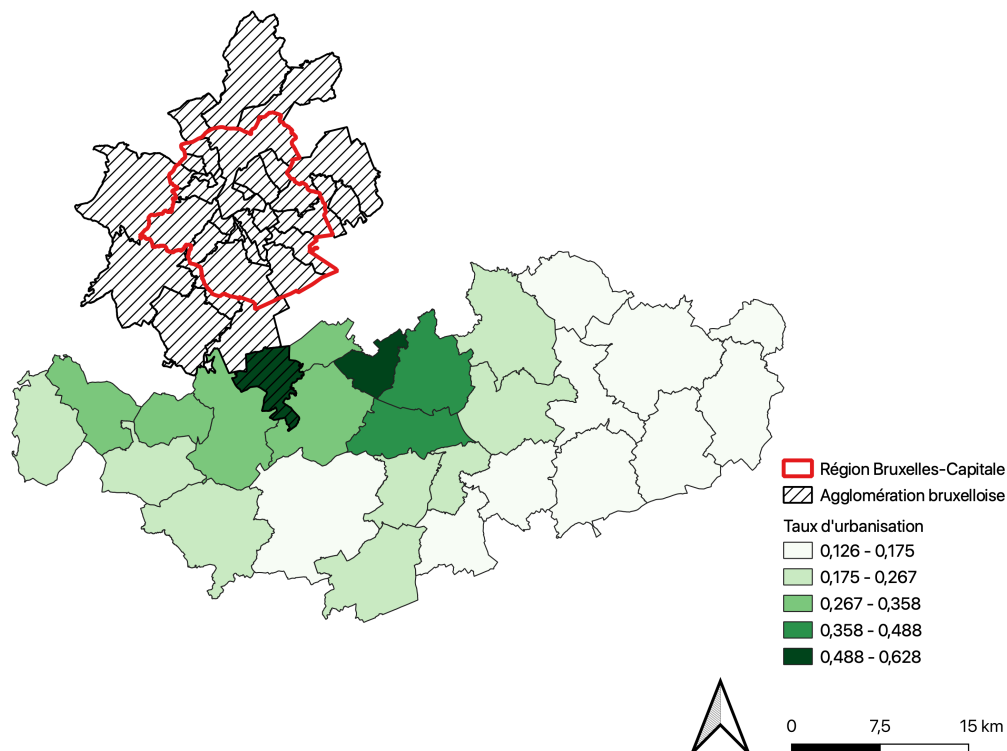


Figure 13 : Taux d'urbanisation en Brabant wallon

Densité de population

Plus la densité de population est élevée, plus la pression sur les terres va être élevée. Cela se traduit généralement par une augmentation du prix des terres (Cavailhès et al., 2011). Une densité de population élevée implique aussi une demande plus élevée en produits agricoles. Il peut être intéressant de vérifier si une grande densité de population résulte en une plus grande surface agricole pour des produits à destination de consommation locale ou non.

Les communes les plus densément peuplées sont situées au nord-ouest de la province à proximité de la RBC avec des densités pouvant dépasser les 479 habitants/km² (Figure 14).

L'est de la province est le moins densément peuplé avec des densités de population ne dépassant pas les 300 habitants/km².

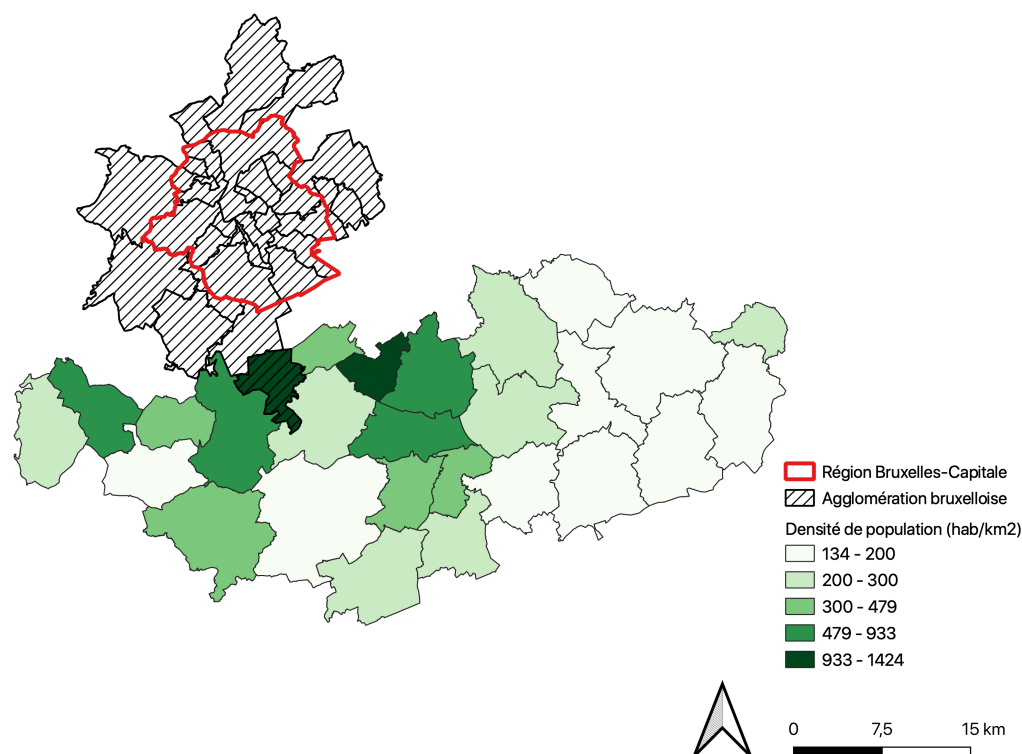


Figure 14 : Densité de population en Brabant wallon

Demande de produits locaux

Nous savons que le nombre d'exploitants agricoles diminue partout en Wallonie et en Brabant wallon. De plus, il y a très peu de maraîchers locaux dans le paysage wallon. Cependant, il existe une volonté des consommateurs de favoriser les productions locales et les circuits courts. Ce sont d'ailleurs les initiatives des consommateurs qui ont pesé le plus pour que les différentes régions mettent en place des politiques sur l'alimentation et l'agriculture (« Good Food » à Bruxelles, « Manger Demain » en Wallonie) (Bousbaine, 2021).

Nous avons donc décidé d'inclure dans notre modèle une variable représentant l'intérêt de la population pour la consommation locale. Nous voulons tester si une forte demande en produits locaux est liée à de plus grandes surfaces dédiées à ce mode de consommation. Nous allons utiliser la présence et le nombre de groupements d'achats dans les différentes communes. Les groupements d'achats sont des associations entre consommateurs et producteurs avec des contrats d'achat de produits à l'année. Cela permet au producteur de prévoir son revenu

à l'avance et d'écouler toute sa production. Il en existe trois grands types : AMAP (Associations pour le Maintien de l'Agriculture Paysanne), GASAP (Groupes d'Achat Solidaires de l'Agriculture Paysanne) ou GAC (Groupes d'Achat Commun). Les fonctionnements de ces trois types de groupes d'achat sont assez similaires (De Bruyne et Moerman, 2022). Nous allons utiliser les données du RCR² (asbl Réseaux de Collectifs en Recherche de Résilience). Ils promeuvent et recensent les différentes initiatives citoyennes dont les groupes d'achat alimentaire. Nous utiliserons le terme GAC pour parler de tous les groupes d'achat alimentaire (GAC, AMAP, GASAP...). Nous allons attribuer le nombre de groupes d'achat présents à chaque commune du Brabant wallon. Nous calculerons ensuite une variable relative représentant le nombre de groupes d'achat alimentaire par habitant dans chaque commune. L'indice ainsi créé servira comme variable proxy à la demande en produits locaux puisque ces groupes sont créés à l'initiative des consommateurs.

C'est dans la partie centrale de la province que l'on retrouve les valeurs les plus élevées associées à la demande en produits locaux (Figure 15). On retrouve des communes ayant entre 1.42 et 4.39 GAC pour 10 000 habitants. Les communes en périphérie de la province n'ont généralement pas plus de 1.42 GAC pour 10 000 habitants.

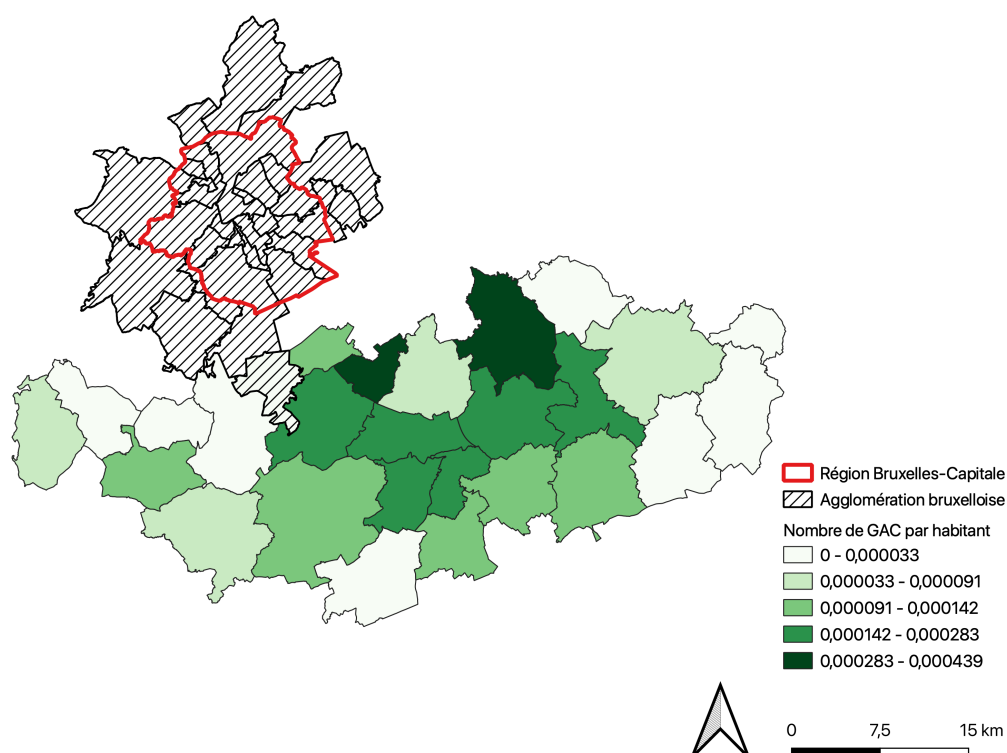


Figure 15 : Demande en produits locaux en Brabant wallon

Offre en produits locaux

Nous allons également considérer l'offre en produits locaux. La variable du nombre de GAC par habitant représente la demande en produits locaux par commune. Nous allons établir une variable représentant l'offre en produits locaux en utilisant le nombre de points de vente directe à la ferme. La vente à la ferme est le mode de commercialisation le plus court puisque le produit est vendu sur son lieu de production (ou presque). Il n'y a généralement pas d'intermédiaire entre le producteur et le consommateur (Villard, 2008).

Nous allons utiliser les données recensées par le Centre provincial de l'agriculture et de la ruralité et par Brabant wallon, Agro qualité asbl. Ils ont recensé les comptoirs fermiers (vente directe à la ferme). Ces comptoirs vendent une grande diversité de produits (fruits, légumes, fromage, viande...) mais nous décidons de les inclure sans distinction puisque l'indice créé servira à représenter la volonté des producteurs à pousser vers une consommation plus locale. Nous créons donc une variable du nombre de comptoirs fermiers par habitant dans chaque commune. L'objectif est donc de voir si une grande surface dédiée à la production de légumes ou de fruits est liée à une volonté des producteurs de commercialiser la production via les circuits courts.

On retrouve les valeurs les plus élevées de cet indice à l'est de la province, jusqu'à 10.87 comptoirs fermiers pour 10 000 habitants (Figure 16). Des valeurs plus élevées sont aussi observées au sud de la province. On observe donc que les communes les plus proches de l'agglomération bruxelloise ont moins de comptoirs fermiers par habitant.

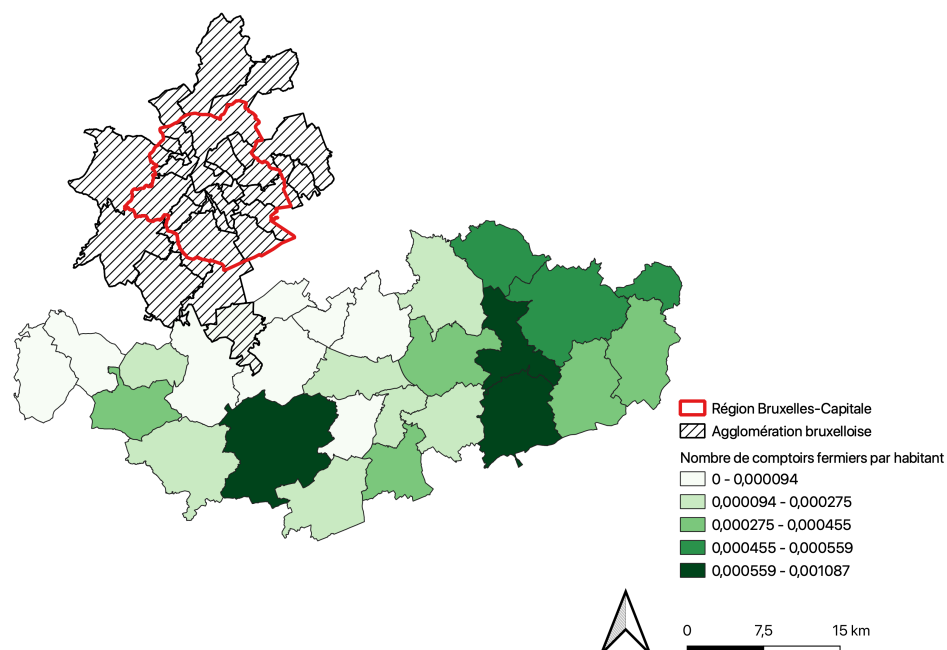


Figure 16 : Comptoirs fermiers en Brabant wallon

Analyse exploratoire

Avant d'établir le modèle de régression, nous allons analyser les différentes variables pour identifier leurs distributions et identifier de possibles valeurs extrêmes qu'il faudrait traiter avec précautions.

Dans le Tableau 3, nous présentons pour chaque variable la moyenne ainsi que la valeur minimale et maximale de la distribution. Nous y indiquons également, quand il y en a, les outliers de la distribution qui ont été identifiés par analyse de Box-plots (Annexe 1 : Figure 21). Les données agricoles des communes de Waterloo et de La Hulpe n'étant pas disponibles, elles ont donc été écartées de l'analyse.

Tableau 3 : Analyse exploratoire des données

Variable	Moyenne	Valeur Min		Valeur Max		Outliers
Légumes en plein air (%)	5.24	0.014	Braine-le-Château	10.34	Hélocine	
Petits fruits (%)	0.073	0	Braine-le-Château	0.77	Tubize	Tubize
			Braine-l'Alleud			Nivelles
			Chastre			Genappe
			Hélocine			
			Ittre			
			Rebecq			
			Rixensart			
			Walhain			
Distance (km)	15.2	1.8	Lasne	34.6	Orp-Jauche	
SAU (%)	58	18.03	Rixensart	117.4	Wavre	
Prix du foncier (€/m²)	92.73	46.99	Ramillies	191.61	Rixensart	Rixensart
Taux d'urbanisation (%)	24.85	12.58	Ramillies	62.85	Rixensart	Rixensart
Densité de population (hab/km²)	390.4	1234.3	Ramillies	1296.2	Rixensart	Rixensart

						Ottignies-Louvain-la-Neuve
GAC / habitants	1.227x10 ⁻⁴	0	Tubize	4.393x10 ⁻⁴	Rixensart	
			Braine-Le-Château			
			Villers-La-Ville			
			Orp-Jauche			
			Hélécine			
			Beauvechain			
			Ramillies			
Comptoirs fermiers / habitants	3.305x10 ⁻⁴	0	Rixensart	10.868x10 ⁻⁴	Incourt	Incourt
			Lasne			
			Wavre			

Communes problématiques

Waterloo

La commune de Waterloo ne dispose pas de données pour les surfaces agricoles. Ce manquement n'est pas surprenant puisque la commune est comprise dans l'agglomération bruxelloise. Waterloo est la commune la plus densément peuplée et la deuxième plus urbanisée du Brabant wallon.

La Hulpe

La commune de La Hulpe ne dispose pas non plus de données pour les surfaces agricoles. La commune n'est cependant pas incluse dans l'agglomération définie précédemment. Elle jouxte par contre directement celle-ci. Elle possède seulement le 9^{ème} taux d'urbanisation le plus élevé (30.79% de la superficie) et la 7^{ème} plus grande densité de population (479.5 hab/km²). Même si ces valeurs sont dans les quartiles supérieurs des données, on ne peut pas dire qu'elles soient extrêmes. La Hulpe est une commune assez verte puisqu'environ 2/3 de sa surface sont des zones vertes et parcs. Cependant dans ces zones vertes, seuls 310 ha sont des surfaces agricoles. Ces zones vertes sont principalement occupées par les forêts. On retrouve 736 ha de bois dont 300 ha de forêts de Soignes (Commune de La Hulpe, 2013). La Hulpe n'est donc pas une commune extrêmement urbanisée mais avec une faible part des espaces verts dédiée à l'agriculture. C'est pourquoi nous l'écartons de nos données. Ce choix peut également être justifié par une des définitions de l'agglomération bruxelloise de Dujardin

et al. (2006). Cette autre définition se basait sur la proportion de migrants alternants sortants vers Bruxelles (> 58%) et le respect d'au moins un autre critère, soit une densité de population supérieure à 700 habitants par km² soit une densité d'emplois supérieure à 700 emplois par km². Cette définition moins restrictive incluait les communes de La Hulpe, Braine-l'Alleud et Rixensart en plus de celle de Waterloo dans l'agglomération.

Rixensart

Contrairement à La Hulpe, les données de surfaces agricoles de Rixensart sont disponibles. Cependant, lors de l'analyse exploratoire des données, nous avons constaté que la commune de Rixensart est identifiée comme outlier pour trois variables différentes. Ces trois variables reflètent l'intégration de la commune dans l'agglomération bruxelloise suivant une des définitions de Dujardin (2006). Rixensart est une commune fortement urbanisée avec une densité de population très élevée. Cela se traduit par des prix du terrain à bâtir au m² les plus élevés du Brabant wallon (derrière la commune de Waterloo qui n'était pas considérée dans l'analyse). Nous pouvons ajouter à ces trois variables la SAU relative qui est la plus faible de la province à Rixensart sans pour autant être une valeur aberrante.

Il est également intéressant de prendre en compte la valeur maximale de la demande en produits locaux. Il y a donc une volonté des habitants de la commune à consommer local. Cependant, après l'analyse des données, nous avons pu observer qu'il y a très peu de surfaces agricoles à Rixensart et il n'existe aucun comptoir fermier dans la commune. Nous pouvons supposer que ces GAC doivent s'approvisionner en partie dans les communes voisines.

Nous travaillons sur l'agriculture périurbaine et avec toutes ces informations, nous pouvons considérer Rixensart comme zone urbaine et non périurbaine. Nous décidons donc de ne plus considérer Rixensart dans la suite de notre travail.

Données restantes

Nous écartons donc trois communes qui font parties de l'agglomération bruxelloise définie par Dujardin et al. (2011). La suite du travail portera donc sur les 24 communes restantes.

Modèle de régression

Nous commencerons d'abord par analyser la distribution des données à l'aide d'un test de Shapiro-Wilk et par déterminer si les distributions de celles-ci sont normales ou non. Une fois

que le type de distribution des différentes données sera déterminé, nous identifierons les corrélations entre les variables explicatives et les variables à expliquer. Nous utiliserons la méthode de Pearson pour les variables normalement distribuées et la méthode de Spearman pour les variables non-normalement distribuées (Myers et Sirois, 2006).

Une fois la première exploration des corrélations bivariées réalisée, nous établirons des modèles de régression linéaire multivariée visant à expliquer les surfaces relatives de fruits et de légumes sur base des différentes variables explicatives décrites précédemment. Nous allons établir différents modèles de régression statistique. L'objectif est d'identifier les variables corrélées aux proportions de terres dédiées aux légumes et aux petits fruits ainsi que leur niveau de corrélation. Nous allons générer ce modèle à l'aide de la fonction Fitting Linear Models sur le logiciel R.

Le Tableau 4 reprend les résultats des tests de normalité ainsi que les coefficients de corrélation après utilisation de la méthode adéquate (Pearson ou Spearman). Aucune corrélation significative n'est identifiée avec les surfaces relatives de petits fruits. Des corrélations significatives sont identifiées pour les surfaces relatives de légumes avec quatre variables : la distance à Bruxelles, le taux d'urbanisation, la densité de population et le nombre de comptoirs fermiers par habitant. Les différents graphiques représentant des droites de régressions bivariées ainsi que les différents coefficients sont présentés en Annexe 2 (Figure 22).

Tableau 4 : Normalité des données et corrélations entre variables

Variable	p Shapiro-Wilk	Corrélation		* : p<0.05 ** : p<0.01
		R (Légumes)	R (Petits fruits)	
Légumes en plein air	0.36			
Petits fruits	7.1x10 ⁻⁸			
Distance	0.15	0.7**	-0.12	
SAU	0.070	0.19	0.017	
Prix du foncier	0.26	-0.24	-0.057	
Taux d'urbanisation	0.011	-0.61**	0.13	
Densité de population	9.2x10 ⁻⁵	-0.51*	0.1	
GAC / habitants	0.034	0.041	0.096	
Comptoirs fermiers / habitants	0.014	0.43*	-0.096	

III. Résultats

Modèle de régression légumes en plein air

Nous commençons par standardiser nos données. Avant d'établir le premier modèle, nous identifions les possibles autocorrélations entre nos différentes variables. Nous avons généré un graphique représentant les corrélations statistiques avec un seuil de confiance de 0.05. Comme expliqué précédemment, une corrélation est observée entre les légumes en plein air et la distance à Bruxelles, la densité de population et le taux d'urbanisation relatif. Sur la matrice de corrélation présente en Annexe 3 (Figure 23), nous observons que la distance à Bruxelles est corrélée de façon positive et significative au nombre de comptoirs fermiers par habitant, à la surface relative dédiée aux légumes et à la SAU relative. Elle est corrélée de façon négative et significative au prix du terrain à bâtir, à la densité de population et au taux d'urbanisation. Le nombre de comptoirs fermiers par habitant et la surface relative de légumes sont corrélés significativement et négativement à la densité de population et au taux d'urbanisation. Ces deux variables sont d'ailleurs corrélées significativement et positivement entre elles. Il sera donc important de bien vérifier et contrôler les possibles autocorrélations dans notre modèle pour estimer sa robustesse.

Le modèle est donc généré une première fois en considérant toutes les variables explicatives. Nous enlèverons ensuite du modèle la variable ayant la p-valeur la plus élevée avant de régénérer celui-ci. Nous répéterons cette étape jusqu'au moment où il reste uniquement des variables avec une p-valeur inférieure au seuil de 0.05. Les indicateurs obtenus sont présentés dans le Tableau 7 en Annexe 4 de notre travail.

Après avoir réalisé le premier modèle, nous écartons donc l'une après l'autre les variables suivantes : densité de population, offre en produits locaux, taux d'urbanisation, SAU relative et le prix du terrain. Selon notre modèle, ces variables ne peuvent donc pas expliquer qu'une commune ait une plus grande surface dédiée à la production de légumes. Nous traiterons plus en détail de l'influence possible (ou non) de ces variables dans la discussion du travail. En effet, certaines variables pour lesquelles nous avons identifié des corrélations significatives avec les surfaces relatives de légumes ne sont pas reprises dans le modèle.

Au 6^{ème} modèle ne contenant que la distance à Bruxelles et la demande en produits locaux, la p-valeur associée à la demande est légèrement supérieure à 0.05 (0.0569). Nous pourrions l'écartier du modèle. Cependant, en ne gardant que la distance à Bruxelles, le pouvoir explicatif du modèle (R^2 ajusté) diminue de 0.5372 à 0.4728. Nous faisons donc le choix de garder ces deux variables pour obtenir un pouvoir explicatif plus élevé. L'interprétation de l'impact de la demande en produits locaux devra donc être faite en tenant compte de ce choix.

Selon le modèle que nous conservons, le modèle 6, les communes les plus éloignées de Bruxelles ayant une forte demande en produits locaux sont susceptibles d'avoir une plus grande superficie relative dédiée à la production de légumes puisque ces deux variables sont liées positivement à la surface relative dédiée à la production de légumes.

Validation du modèle

Pour ne pas simplement se baser sur le R^2 ajusté et sur la p-valeur, nous allons également réaliser quelques démarches statistiques et des analyses de résidus pour estimer la robustesse de notre modèle.

Multicolinéarité

Pour vérifier s'il existe ou non de la colinéarité entre nos variables explicatives, nous allons calculer le facteur d'inflation de la variance à l'aide de la fonction VIF du logiciel R. Plus la valeur associée à la variable considérée est élevée, plus il y a un risque de colinéarité. On peut considérer qu'une valeur seuil supérieure à 10 implique le rejet de la variable concernée (Alin, 2010).

Lorsque l'on réalise le test VIF appliqué à toutes les variables explicatives, seul le taux d'urbanisation est associé à une valeur supérieure à 10 (11.130). La densité de population a également une valeur élevée (7.010). La distance à Bruxelles a une valeur de 3.756. Toutes les autres variables ont des valeurs inférieures à 2.5. Le taux d'urbanisation pourrait donc être assez problématique. Une fois écartée, toutes les variables ont des valeurs inférieures à 2.5. Pour notre sixième modèle ne comportant que la distance à Bruxelles et la demande en produits locaux, les deux variables ont des valeurs inférieures à 1.1. Aucune colinéarité problématique n'est identifiée.

Une fois le taux d'urbanisation écarté du modèle, aucun problème de multicolinéarité n'est donc identifié dans les variables explicatives.

Normalité des résidus

Une autre condition à respecter pour ne pas compromettre la fiabilité du modèle est la normalité de la distribution des résidus. Pour vérifier cette distribution, nous réalisons un test de Shapiro-Wilk appliqué aux résidus (Palm et lemma, 2002).

Le test renvoie une p-valeur de 0.33. Cette valeur étant supérieure au seuil de 0.05, nous ne rejetons pas l'hypothèse nulle de normalité de la distribution. Nous considérons donc que nos résidus sont normalement distribués.

Homoscédasticité des résidus

Pour que le modèle soit robuste, il est également nécessaire que la variance des résidus soit constante. Nous allons réaliser un test de Breusch-Pagan sur les résultats de la régression pour vérifier cette homoscédasticité (Palm et lemma, 2002).

La p-valeur associée à notre modèle est de 0.7268. Nous ne rejetons donc pas l'hypothèse nulle d'homoscédasticité des résidus.

Observations extrêmes

Nous allons vérifier que notre modèle n'est pas trop influencé par certaines observations en calculant l'indice de la distance de Cook. Il est commun de considérer qu'une observation a une influence trop forte sur la droite de régression lorsque sa distance de Cook est supérieure à 1 (Stevens, 1984).

Aucune de nos observations n'est associée à une distance de Cook supérieure à 1 (Annexe 3 : Figure 24). Les trois communes ayant les valeurs les plus élevées sont Ottignies-Louvain-la-Neuve (0.0972), Beauvechain (0.1163) et Court-Saint-Étienne (0.3243). D'après cette analyse, aucune de nos observations n'influence trop fortement notre droite de régression.

Autocorrélation spatiale des résidus

Pour qu'un modèle de régression soit robuste, il est également nécessaire qu'il n'y ait pas d'autocorrélation spatiale entre les résidus. Pour tester cette autocorrélation, nous allons utiliser l'indice de Moran. Un indice proche de 0 signifie qu'il n'y a pas d'autocorrélation spatiale. Au contraire, si cet indice est proche de 1 (en valeur absolue), une autocorrélation peut être observée (Oliveau, 2010). Nous allons calculer cet indice à l'aide de la fonction « Autocorrélation spatiale » du logiciel ArcGIS PRO. Cette fonction calcule l'indice de Moran ainsi qu'un Z-score et une p-valeur associée à l'hypothèse nulle « les données sont réparties de manière aléatoire dans l'espace » (Tableau 5). La p-valeur associée aux résidus ne permet pas de rejeter l'hypothèse nulle. Aucune autocorrélation spatiale n'est donc identifiée dans nos résidus (Figure 17).

Tableau 5 : Indice de Moran

Indice de Moran	-0,132337
Z-score	-0,527016
p-valeur	0.598182

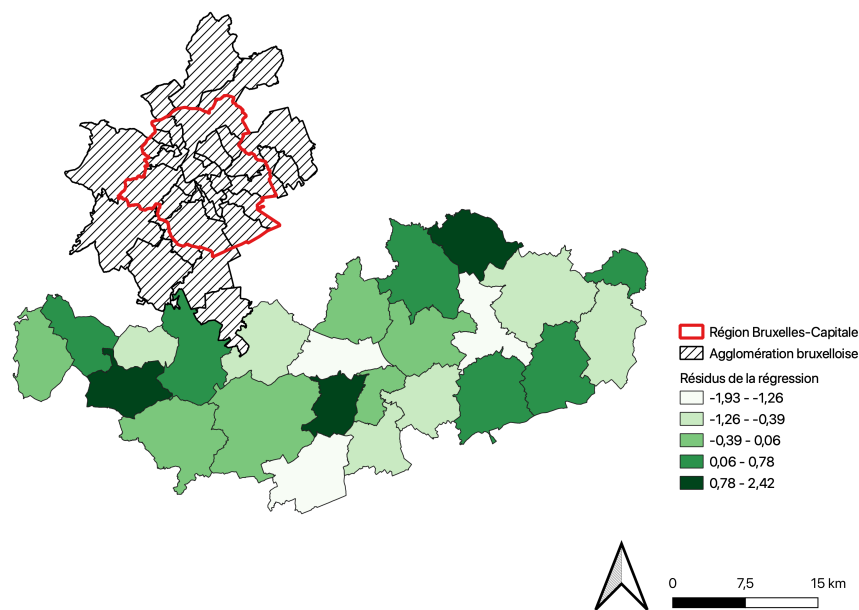


Figure 17 : Résidus de la régression

Robustesse du modèle

D'après les différents tests de validation réalisés, nous pouvons donc considérer notre modèle comme robuste. Cependant, celui-ci n'explique que 53.72% de la variance totale. Il faut donc considérer les différentes corrélations avec précautions.

Modèle de régression petits fruits

Les corrélations entre toutes les variables explicatives sont logiquement identiques pour le modèle des petits fruits que pour le modèle des légumes (Annexe 3 : Figure 25) puisque nous utilisons les mêmes variables. Les surfaces relatives en petits fruits ne sont corrélées significativement de manière positive qu'avec la densité de population. Il faudra donc tenir compte des différentes corrélations existant entre les variables explicatives lors de la validation du modèle.

Comme pour les légumes, nous allons générer le modèle une première fois avec toutes les variables et écarter l'une après l'autre les différentes variables n'influençant pas significativement la surface relative dédiée aux petits fruits.

Pour les différents modèles créés, le R^2 ajusté ne dépasse jamais les 0.33. Le pouvoir explicatif de notre modèle est donc très limité par rapport au modèle basé sur les surfaces relatives de légumes. Le seul modèle comprenant des variables significativement influentes

(p-valeur < 0.05) est celui comprenant uniquement la densité de population. Le R² ajusté de ce modèle est seulement égal à 0.1396. Le Tableau 8 présentant les indices associés aux différents modèles de régression est présenté en Annexe 4.

À ce stade, il ne semble pas utile de poursuivre l'analyse des résultats de ce modèle. L'influence des variables explicatives est trop faible et les différents modèles de régression ne sont pas assez robustes. La source de ces problèmes pourrait être liée aux données de surfaces relatives en petits fruits. Il sera discuté dans la suite du travail en quoi ces données limitent et complexifient la réalisation d'un modèle robuste et une analyse correcte.

Classification des communes

Pour compléter les résultats de notre modèle, nous avons décidé de réaliser une classification de nos communes pour tenter d'identifier certaines tendances spatiales. Pour cette classification, nous utilisons toutes nos variables à l'exception de la distance à Bruxelles et de la surface relative de petits fruits. La distance à Bruxelles est écartée car son pouvoir corrélatif est le plus élevé avec les surfaces de légumes et nous ne voulons pas que la classification soit trop influencée par celle-ci. Nous écartons également les petits fruits en raison des surfaces très faibles dédiées à ce type de production. L'objectif de cette classification est d'identifier des tendances similaires entre différentes communes ainsi que d'obtenir des informations pouvant justifier en quoi l'influence de la distance à Bruxelles n'est pas aussi élevée que dans les modèles classiques de localisation agricole.

Pour réaliser cette classification, nous commençons par standardiser les données. Nous calculons ensuite la distance entre chaque observation à l'aide d'une méthode euclidienne. Nous réalisons ensuite une classification avec la méthode de Ward à l'aide de la fonction `hclust` sur le logiciel R. Pour déterminer le nombre de classes, il existe différents indices. Nous allons en utiliser trois : l'indice de Dunn, l'indice de Caliński-Harabasz (CH) et l'entropie. L'indice de Dunn quantifie le degré de compaction des classes et le degré de séparation entre les classes. L'objectif est de maximiser la valeur de cet indice (Ben Ncir et al., 2021). L'indice CH quant à lui mesure le rapport entre la variance inter-groupe et la variance intra-groupe. On cherche donc un nombre de classes associé à une valeur élevée de cet indice (Caliński et Harabasz, 1974). Le dernier indice que nous allons utiliser est un indice d'entropie entre les classes. On cherche à obtenir un nombre de classes qui minimise l'entropie (Roberts et al., 1999). En analysant l'évolution de ces indices sur base du nombre de classes (Annexe 3 : Figure 26), nous allons considérer une classification en deux et trois groupes (Figure 18).

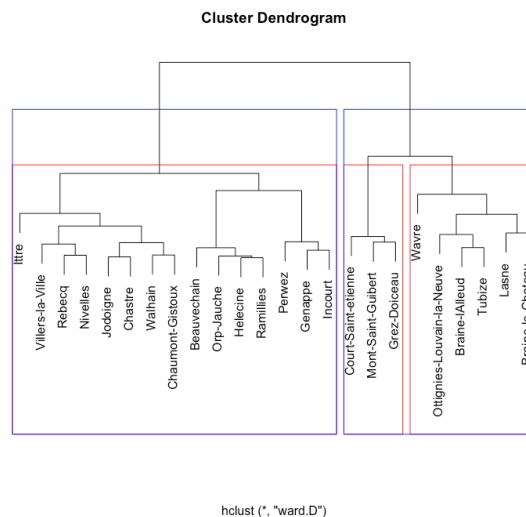


Figure 18 : Résultats de la classification

Nous avons ensuite calculé la moyenne de chaque variable dans les différentes classes pour identifier les caractéristiques de celles-ci. Les moyennes des différents indicateurs sont présentées dans le Tableau 9 en Annexe 4. Le groupe 1 sera composé de communes définies comme ayant des taux de périurbanisation faible. Ces communes sont en moyenne associées à un taux d'urbanisation, une densité de population, et un prix du terrain faible. Il y a par contre en moyenne une SAU relative élevée ainsi que des surfaces relatives dédiées aux légumes élevées. Il y a généralement une offre en produits locaux élevée et une demande relativement faible. Dans la classification en deux groupes, les autres communes sont considérées comme ayant une périurbanisation forte. Toutes les variables ont des tendances opposées aux communes du groupe 1. Dans la classification en trois groupes, les résultats sont plus nuancés. Nous pouvons identifier un ensemble de communes ayant une périurbanisation forte (groupe 2). Ces communes sont associées à un faible taux agricole (SAU et légumes) des caractéristiques urbaines élevées (prix du terrain, densité de population, urbanisation) et des taux de consommation locale en moyenne relativement faibles (offre et demande). Le groupe 3 comprend des communes que nous définirons comme mixtes. En effet, celles-ci ont des caractéristiques de périurbanisation faible (légumes, prix du terrain) mais également des caractéristiques plus urbaines (SAU, densité de population, GAC et comptoirs, urbanisation). Il n'y a que trois communes présentes dans ce groupe : Court-Saint-Étienne, Mont-Saint-Guibert et Grez-Doiceau.

Les communes les plus urbanisées se trouvent au nord-ouest de la province en périphérie de l'agglomération bruxelloise (Figure 19). Les communes mixtes jouxtent les communes les plus urbanisées. Tout le sud et l'est de la province sont constitués de communes à périurbanisation faible.

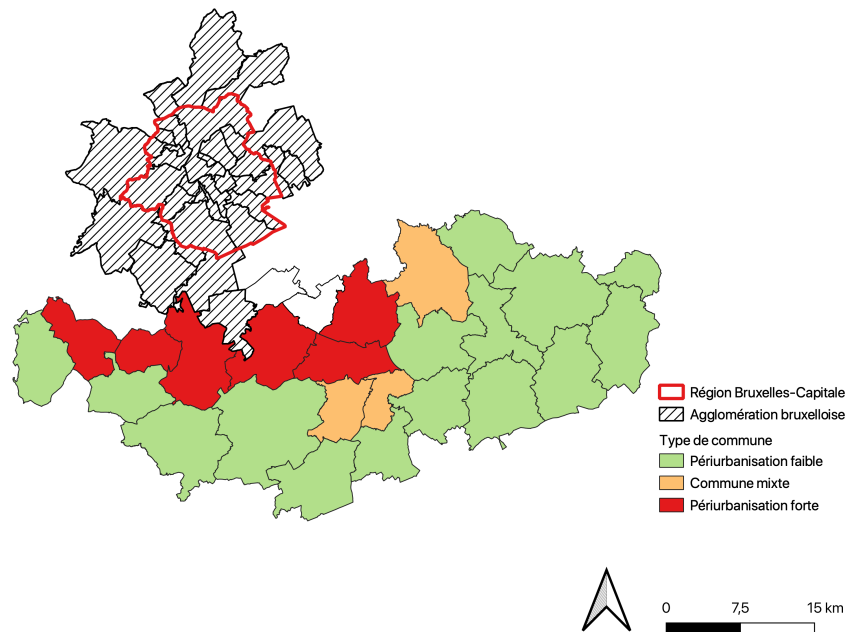


Figure 19 : Classification des communes du Brabant wallon

IV. Discussion

Nous avons décidé de travailler sur les fruits et les légumes de façon individuelle. Les résultats obtenus sont différents selon la culture considérée.

Petits fruits

Notre travail permet d'identifier des relations similaires aux résultats de Zasada et al. (2011) ; les communes proches de la ville ont tendance à avoir une spécialisation en production horticole de petits fruits. Tout comme pour la région de Copenhague, dans les communes ayant une forte densité de population, on observe une spécialisation dans la production de fruits. Nous pouvons supposer qu'une forte densité de population forme un marché potentiel important ; ce qui peut inciter les agriculteurs à se spécialiser dans ce type d'agriculture à grande valeur ajoutée.

Cependant, notre modèle et nos corrélations sont bien moins significatifs que ce qui a été mesuré dans la littérature. En effet, les surfaces relatives de petits fruits n'étaient corrélées de manière significative avec aucune des variables explicatives. Bien que la densité de population soit identifiée comme significative dans le modèle de régression, son pouvoir explicatif est environ de moitié moins élevé que pour le modèle de Zasada et al. (2011). Nos résultats ne

nous permettent donc pas de tirer des conclusions générales fiables quant à l'organisation spatiale des terres de petits fruits en Brabant wallon.

Une explication possible à ces résultats non significatifs pourrait être le fait que la catégorie « Petits fruits » utilisée dans la classification belge et européenne ne comprend pas l'ensemble des fruits produits. En effet, la catégorie petits fruits comprend les vignes, framboises, groseilles rouges, cassis et d'autres baies. Les cultures fruitières non permanentes comme les melons ou fraises sont incluses dans la catégorie des légumes frais en plein air. Ne sont également pas compris dans notre analyse les vergers (pommiers, poiriers, cerises, prunes, fruits secs...) qui sont inclus, au même titre que les petits fruits, dans la première auréole agricole dans le modèle théorique de von Thünen (Gallant, 1973). Ces cultures non considérées dans notre étude ont pourtant une importance non négligeable dans le paysage agricole du Brabant wallon.

En 2020, d'après les données de Statbel, environ 170 ha de terres du Brabant wallon étaient dédiés aux vergers ; principalement des pommiers (48.4%) et des poiriers (39.9%). Deux tiers des surfaces de vergers en Wallonie se trouvent dans la province de Liège. En 2016, on dénombrait des arboriculteurs dans trois communes du Brabant wallon : Incourt, Jodoigne et Orp-Jauche (CDP et FWH, 2018). On retrouvait également environ 100 ha de fraises en Brabant wallon. En Wallonie, les principaux bassins de productions sont localisés autour des villes historiques de production : Wépion et Lesdain. Actuellement, on retrouve une production de fraises dans toutes les zones géographiques wallonnes (CDP et FWH, 2018). La production de petits fruits n'occupait quant à elle que 51 ha ; dont 98.6% étaient dédiés aux vignes. La province du Brabant wallon est d'ailleurs très spécialisée dans la viticulture en termes d'emplois par rapport aux autres provinces wallonnes (Bassin EFE, 2021). Les autres petits fruits (framboises, mûres, myrtilles et groseilles) sont généralement cultivés par les producteurs de fraises comme culture annexe pour répondre à la demande. La distribution spatiale des petits fruits est donc assez similaire à celle des fraises en Wallonie. Cependant, à l'exception des framboises pour lesquels un volume important potentiel de production est possible à court terme, les filières des autres petits fruits sont très peu présentes en Wallonie (CPD et FWH, 2018).

En utilisant les surfaces de productions de petits fruits, nous ne représentons donc pas l'ensemble de la filière fruitière du Brabant wallon. Nous omettons les vergers, les cultures fruitières non permanentes (fraises) et les cultures fruitières sous serre (99.9% de fraises) qui représentent ensemble 78.4% des surfaces fruitières en Brabant wallon (chiffres Statbel). Il serait donc intéressant de réaliser à nouveau notre modèle en redéfinissant les surfaces productrices de fruits. Nous n'avons pas inclus les fraises avec les petits fruits dans notre modèle car, à l'échelle des communes, les surfaces de légumes en plein air n'étaient pas subdivisées selon les différents produits. Il n'était donc pas possible d'extraire les surfaces de

fraises de celles-ci malgré une demande réalisée auprès de Statbel. Pour obtenir ces surfaces, il faudrait donc refaire une demande ou trouver une autre source de données. Nous pourrions également inclure les vergers dans la définition des surfaces productrices. Zasada et al. (2011) suggèrent que l'agriculture se spécialise dans une production à haute valeur ajoutée dans les zones densément peuplées. Cavailhès et Wavresky (2007) expliquent que le prix du foncier va également influencer cette spécialisation. En Wallonie, la valeur ajoutée de la filière des petits fruits et de l'arboriculture sont très différentes. En 2016, le chiffre d'affaires moyen par ha était de +/- 83 333€ pour la filière des fraises et des petits fruits et de +/- 20 690€ pour l'arboriculture (CDP et FWH, 2018). En considérant les vergers, les fraises et les petits fruits dans le même modèle, l'influence du prix du foncier ou de la densité de population serait sans doute difficile à mesurer de façon correcte. Il serait peut-être préférable de réaliser l'étude sur les petits fruits et l'arboriculture séparément. Pour réaliser une étude future portant sur l'organisation spatiale des productions fruitières en Brabant wallon, des études plus spécifiques devraient donc être réalisées au préalable sur la filière des fruits dans la province et plus largement en Région wallonne et en Belgique.

Légumes en plein air

Lorsque l'on considère les corrélations prises individuellement entre les surfaces relatives de légumes et les différentes variables explicatives, les résultats obtenus ne correspondent pas à ce que l'on aurait pu anticiper dans nos hypothèses. Dans la théorie de von Thünen, la ceinture horticole se localise directement en périphérie de la ville. Dans notre travail, la relation entre la distance à la ville et les surfaces relatives de légumes sont significativement positives ; la surface relative de légumes en plein air augmente avec la distance à la ville. L'urbanisation et la densité de population semblent quant à elles ne pas favoriser une spécialisation en production de légumes comme cela a été suggéré dans la littérature par Zasada et al. (2011) notamment. L'espace urbain amènerait donc plus de contraintes que d'opportunités en périphérie de Bruxelles pour les cultures de légumes.

Notre modèle de régression permet d'identifier l'influence positive de la distance à Bruxelles sur les surfaces relatives de légumes en plein air. La demande en produits locaux, représentée par le nombre de GAC par habitant, est également liée de manière positive aux cultures de légumes. Son effet est cependant moins important et, comme évoqué précédemment, son taux de significativité est moins élevé que celui de la distance. On pourrait considérer que les agriculteurs sont incités à produire plus de légumes lorsqu'une demande spécifique est présente. Contrairement à Zasada et al. (2011) qui considèrent que le marché potentiel peut

être approximé par une importante densité de population, nous estimons qu'il est important de considérer également les habitudes de consommation des populations.

Nos résultats montrent donc que la spécialisation en production de légumes en Brabant wallon ne se localise pas à proximité de l'agglomération bruxelloise. La proximité au marché citadin ne semble donc plus être un indispensable pour les productions de légumes. Une haute densité de population associée à l'urbanisation ne semble pas être un incitant à la spécialisation en horticulture légumière. Cependant, il est possible qu'une volonté citoyenne de consommer local incite certains agriculteurs à consacrer une partie de leurs activités à la production de légumes. Il serait intéressant de consulter les professionnels du secteur pour vérifier si ce type de facteurs peut être un incitant suffisant à une spécialisation ou une diversification dans la production de légumes.

Afin de valider et expliquer nos résultats, il est cependant nécessaire de prendre en compte les particularités du secteur légumier actuel en Wallonie ainsi que de relativiser nos résultats vis-à-vis de l'aire d'étude considérée.

Secteurs des légumes en Wallonie

La plupart des modèles d'organisation spatiale des cultures justifient la localisation des terres horticoles proches des villes par la proximité au marché. Dans les modèles théoriques, comme celui de von Thünen, la production passe du lieu de production au lieu de consommation sans intermédiaire. Dans la réalité, les chaînes d'approvisionnement sont plus complexes. Au sein de la production, on distingue les légumes à destination des industries de transformation et ceux à destination du marché du frais (Riera et al., 2020). L'industrie de transformation comprend les légumes surgelés et en conserve. Les principales entreprises de transformation dans le secteur wallon sont le groupe Aldo pour les surgelés et le groupe Greenyard pour les conserves. Leurs principales usines sont localisées respectivement à Geer en province de Liège et à Sint-Katelijne-Waver en province d'Anvers. Nous pouvons estimer que pour ce type de production, il est bénéfique de se localiser proche des usines de transformation plutôt que proche du marché. De plus, on estime qu'en Wallonie, entre 80% et 96% des surfaces de légumes sont destinées à l'industrie de transformation (Riera et al., 2020). D'après les données Statbel de 2020, 87.1% des surfaces légumières en Brabant wallon sont destinées à l'industrie de transformation. Le reste des surfaces, entre 4% et 20% en Wallonie, sont donc destinées au marché du frais. Même si une partie de cette production est commercialisée sous forme brute, une part de celle-ci peut être lavée, découpée et ou conditionnée avant commercialisation (Riera et al., 2020). Ces étapes n'étant pas nécessairement réalisées par l'exploitant représentent donc un intermédiaire avant la commercialisation. La proximité au

marché ne doit donc pas se faire au détriment de la distance aux entreprises de conditionnement.

Il est également important de signaler que 80% du volume de production de légumes (frais ou transformés) en Wallonie sont destinés à l'exportation (CDP et FWH, 2018). Les 20% restants sont commercialisés en Belgique selon des circuits plus ou moins longs. En Belgique, environ 88% des volumes de légumes sont commercialisés en moyennes et grandes surfaces. Les 12% restants sont partagés entre marchés locaux, marchands de légumes et vente directe (CDP et FWH, 2018). Cette part de la production ayant le moins d'intermédiaires entre production et consommation ne représente donc qu'une infime partie des surfaces totales de légumes en Wallonie.

La structuration contemporaine de la filière des légumes wallons peut donc être une explication à la non-spécialisation en production légumière des communes les plus proches de Bruxelles. Une analyse pourrait être menée dans le but d'estimer l'impact de la proximité entre les surfaces de légumes et les sites de transformation ou de conditionnement sur l'organisation spatiale des surfaces de production légumière.

L'espace du Brabant wallon

En limitant notre travail au Brabant wallon, il est important de prendre en compte les spécificités géographiques de cette province. On peut considérer que la province est composée de trois zones distinctes (Figure 20) : le Brabant wallon occidental, central et oriental (Charlier, 2013). Les parties occidentale et centrale sont relativement vallonnées contrairement à la partie orientale qui est plus plane. Cette partie orientale est restée plus rurale que le centre et l'ouest de la province. La partie centrale a subi la plus grande croissance démographique au 20^{ème} siècle ; +108.2% entre 1961 et 2011. On retrouve au sein de cette partie centrale un tripôle urbain : Wavre, Ottignies et Louvain-La-Neuve. Ce tripôle est un lieu d'attractivité résidentielle mais également un centre d'emploi très important en Brabant wallon (De Keersmaecker, 2007). Cette croissance s'explique aussi par la grande accessibilité à Bruxelles de cette zone qui est traversée par la E411, parallèlement à la N4, et par la ligne de chemin de fer Bruxelles-Namur. On peut également identifier une séparation Nord-Sud. Cette dernière peut s'expliquer par la périurbanisation de Bruxelles qui a d'abord atteint les communes les plus proches de son agglomération. Ce front de périurbanisation dépasse maintenant le sud des pôles de Wavre-Ottignies-Louvain-la-Neuve et de Nivelles (Charlier, 2013).

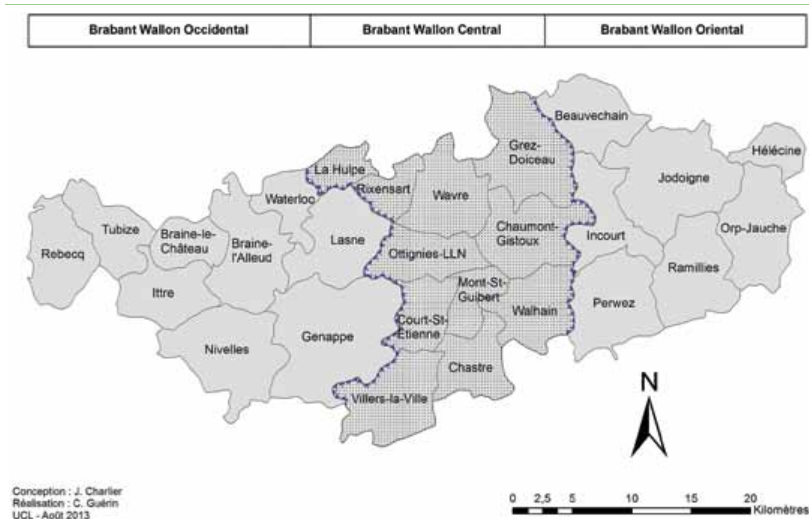


Figure 20 : Division du Brabant wallon (Source : Charlier, 2013)

La classification des communes réalisée sur base des différentes variables explicatives est représentative de l'hétérogénéité spatiale du Brabant wallon. On peut identifier clairement la périurbanisation provenant de Bruxelles qui s'étend vers le sud et de façon plus concentrée dans le Brabant wallon central. Certaines communes de la province peuvent être caractérisées comme urbaines. Même si à grande échelle, Bruxelles exerce une influence claire sur toutes les communes du Brabant wallon, au sein de la province, différentes aires d'influence peuvent être identifiées autour de certaines communes. Les communes de Wavre, Ottignies-Louvain-la-Neuve, Nivelles, Waterloo ou Braine-l'Alleud ont par exemple été identifiées comme des pôles d'influence au niveau de l'emploi (Lambotte et al., 2011). Certaines de ces communes peuvent sans doute être considérées comme urbaines et doivent, elles aussi, exercer une influence sur l'organisation spatiale de l'agriculture. De plus, à l'échelle nationale, l'influence de Bruxelles sur l'emploi, s'étend bien au-delà des limites de son agglomération et de la province du Brabant wallon (Lambotte et al., 2011). Bruxelles pourrait donc également influencer l'organisation spatiale de l'agriculture au-delà des frontières de la province du Brabant wallon. Il serait intéressant d'estimer l'influence de Bruxelles et de son agglomération sur une aire d'étude plus grande.

Travailler à plus grande échelle

Dans leur recherche, Zasada et al. (2011) travaillent sur une zone d'étude d'environ 9 000 km². Cette zone compte 95 communes. En ne travaillant que sur la province du Brabant wallon, nous considérons une zone de 1 097 km² comprenant 27 communes. Notre zone d'étude est donc environ neuf fois plus petite et comprend un peu moins d'un tiers de communes par rapport à l'étude sur le Danemark. La Région wallonne a une superficie de près de 17 000

km². Pour que notre travail se base sur une zone d'étude de taille similaire, nous devrions considérer plus de la moitié de la Wallonie. La délimitation de l'agglomération bruxelloise utilisée dans notre travail ne suffit donc pas pour caractériser l'urbanisation bruxelloise. Nous devons passer d'une définition d'agglomération à une définition de métropolisation. Nous devons donc considérer Bruxelles et sa périphérie plus lointaine comme zone d'urbanisation. Ce choix est d'autant plus justifié puisque différents pôles urbains secondaires sont présents en Brabant wallon (Lambotte et al., 2011).

Une spécialisation agricole en Brabant wallon

À ce stade, nous n'allons pas appliquer notre méthode à toutes les communes de la Région wallonne. Ceci pourrait être le fruit d'une analyse ultérieure. Nous pouvons cependant comparer les différentes provinces à l'aide d'indicateurs globaux. Dans le rapport de l'Instance Bassin Enseignement-Formation-Emploi du Brabant wallon de 2021 sur l'analyse des métiers verts, une spécialisation en horticulture est identifiée en Brabant wallon en termes d'emplois. L'indice de spécialisation est calculé en faisant le rapport entre la part d'emplois agricoles dédiés à l'horticulture en Brabant wallon sur cette même part en Wallonie. L'indice est ensuite multiplié par 100. Un indice supérieur à 100 indique une spécialisation par rapport à la Wallonie. Comme notre travail se base sur une organisation spatiale, nous allons calculer des indices similaires en utilisant les surfaces des différentes productions à la place des emplois dédiés à chaque production. Les surfaces utilisées sont celles de 2020 fournies par Statbel. Les résultats obtenus sont présentés dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Spécialisation agricole de provinces wallonnes

	Province du Brabant wallon	Province du Hainaut	Province de Liège	Province du Luxembourg	Province de Namur
Petits fruits	216	97	152	11	85
Fraises	144	103	98	4	167
Vergers	106	21	328	10	55
Légumes en plein air (sans fraises)	204	133	132	3	70
Toute horticulture (y compris cultures sous serres)	196	123	149	4	69

À l'exception des cultures de fraises et des vergers, le Brabant wallon est la province la plus spécialisée dans tous les autres types de cultures horticoles. Pour les fraises, le Brabant wallon arrive en deuxième position derrière la Province de Namur. La grande spécialisation de

Namur peut s'expliquer par la présence d'un bassin historique de production autour de Wépion. Pour les vergers, la grande spécialisation de la Province de Liège s'explique par ses cultures historiques de pommes et de poires notamment destinées à la production de sirop (CDP et FWH, 2018). Ces indices montrent donc bien que la Province du Brabant wallon est fortement spécialisée en production horticole. Cette province est aussi la plus directement impactée par le phénomène de périurbanisation bruxelloise. Cette spécialisation pourrait donc être expliquée par la proximité d'un marché potentiel ou par la spécialisation dans une agriculture à haute valeur ajoutée pour compenser l'augmentation du prix du foncier qui est engendrée par l'urbanisation.

Ces observations confirment donc l'intérêt d'appliquer notre modèle à une zone d'étude plus grande. Notre modèle montrait des relations négatives entre spécialisation légumière et densité de population ou taux d'urbanisation. Ces relations semblaient aller à l'encontre de ce qui a été identifié dans la littérature. D'après les indices de spécialisation, nous pouvons nuancer ces résultats. La Province du Brabant wallon est la plus densément peuplée de Wallonie (IWEPS, 2022). En Wallonie, il existe une spécialisation horticole dans cette province. Cette spécialisation horticole en zone densément peuplée a également été identifiée au Danemark par Zasada et al. (2011). Notre étude permet d'identifier qu'au sein de la province, la production horticole se localise préférentiellement dans les communes les plus rurales du Brabant wallon oriental.

Aller plus loin

Du point de vue méthodologique, l'utilisation d'un modèle de régression semble être un moyen efficace d'identifier l'influence de la ville et d'autres facteurs sur l'organisation spatiale de l'agriculture. Il semble néanmoins nécessaire de considérer une aire d'étude suffisamment étendue pour estimer l'influence de grandes métropoles comme celle de Bruxelles. Nous avons vu que l'organisation peut également dépendre des spécialisations historiques de certaines régions (Namur pour les fraises, Liège pour l'arboriculture...). Il serait donc intéressant d'intégrer des données permettant d'estimer l'influence des exploitations historiques. Pour estimer de façon plus précise l'impact de la volonté des consommateurs de consommer de manière plus durable, d'autres types de données pourraient être utilisés. Il serait sans doute intéressant de travailler sur les surfaces dédiées exclusivement aux circuits courts de commercialisation (vente direct, marchés locaux...). Ces données ne sont pas disponibles actuellement et semblent cependant compliquées à obtenir du point de vue logistique. Nous aurions également pu travailler sur les surfaces horticoles bio pour mesurer l'influence de la ville sur un mode de production plus respectueux de l'environnement.

Cependant, malgré des demandes faites auprès de différentes institutions (Bio Wallonie, Statbel, CPAR...), il n'a pas été possible d'obtenir des données relatives aux surfaces bio par commune en Brabant wallon et en Wallonie.

La méthode utilisée semble donc être appropriée mais différentes pistes existent pour obtenir des résultats plus fiables et une analyse plus globale et complète de l'organisation spatiale de l'agriculture dans l'espace périurbain de Bruxelles. Cette méthode doit évidemment être accompagnée de représentations cartographiques et peut, comme pour notre étude, être complétée par d'autres analyses spatiales (indices de spécialisations, classifications...).

V. Conclusion

La stratégie Good Food mise sur une production de fruits et légumes en Brabant wallon pour approvisionner la Région de Bruxelles-Capitale. Notre travail permet d'identifier une spécialisation de ce type de culture en Brabant wallon. À l'échelle de la Wallonie, en considérant les provinces comme des entités individuelles, les théories de localisation agricole présentes dans la littérature semblent se confirmer pour notre zone d'étude. Le Brabant wallon, qui est la province la plus touchée par la périurbanisation de Bruxelles, et la province la plus densément peuplée de Wallonie, est spécialisée en horticulture qui est un type de production à haute valeur ajoutée. On peut supposer que les opportunités de marché et les rentes foncières élevées incitent à une spécialisation dans une culture à haute valeur ajoutée. L'utilisation d'un modèle de régression permet de nuancer nos résultats et de décrire plus précisément l'organisation spatiale des cultures de légumes au sein de la province. Au sein du Brabant wallon, la spécialisation horticole se localise majoritairement dans les communes les plus rurales de la province, dans sa partie orientale. Ces observations sont donc différentes de ce qui peut être fait à l'échelle des provinces.

Nous pouvons tout de même conclure que la métropole de Bruxelles influence effectivement l'organisation spatiale agricole dans sa périphérie. L'analyse des résultats du modèle de régression doit donc bien tenir compte de l'échelle considérée. Sans tenir compte des différentes échelles, les conclusions font face à un possible problème d'agrégation spatiale (MAUP) (Wong, 2004). Pour contrer ce problème, nous avons calculé un indice de spécialisation agricole. Pour aller plus loin, nous pourrions donc appliquer le modèle de régression à l'échelle des communes de toute la Wallonie pour estimer l'impact de la distance à la capitale sur une spécialisation horticole. Il serait également utile de redéfinir la zone urbaine bruxelloise. Nous avons travaillé sur base d'une définition d'agglomération. Il semble plus correct de considérer une aire urbaine plus étendue. Il est également complexe de définir les cultures horticoles à une époque où la majorité de la production est destinée à l'industrie de transformation ou à l'exportation. L'utilisation du modèle de régression en considérant

d'autres données agricoles (agriculture biologique, arboriculture, fruits et légumes rassemblé...) serait une autre façon d'estimer l'influence de Bruxelles sur l'organisation agricole en Brabant wallon.

Bibliographie

- Alin, A. (2010). « Multicollinearity ». *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2 (3), 370-74.
- Ameye, H., et Swinnen, J. (2019). « Obesity, Income and Gender: The Changing Global Relationship ». *Global Food Security*, 23 (décembre) :267-81.
<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.09.003>.
- André, M., Bruggeman, D., Courtois, X., Defer, V., Gloesener, J., Haine, M., Hendrickx, S., Roberti, T., Tauvel, C., et Ruelle, C. (2018). « Gérer le territoire avec parcimonie: rapport final de la subvention 2018 ». CPDT.
- APAQ-W (s.d.). *Informations générales sur les fruits wallons*.
<https://www.apaqw.be/fr/informations-generales-sur-les-fruits-wallons>, Consulté le 8 mars 2022.
- Aubry, C. (2013). « L'agriculture urbaine, contributrice des stratégies alimentaires des mégapoles? » In 24. *Journées Scientifiques de l'Environnement-La transition écologique des mégapoles*, 11-p.
- Bassin EFE du Brabant wallon (2021). *Analyse des métiers verts*.
- Baumont, C., Béguin, H. et Huriot, J.-M. (1996). *Définir la ville*. Thèse de doctorat, Laboratoire d'analyse et de techniques économiques (LATEC).
- Ben Ncir, C.-E., Hamza, A., et Bouaguel, W. (2021). « Parallel and Scalable Dunn Index for the Validation of Big Data Clusters ». *Parallel Computing*, 102 (mai), 102751.
<https://doi.org/10.1016/j.parco.2021.102751>.
- Bertrand, N., et Rousier, N. (2004). « L'agriculture périurbaine, une proximité ville agriculture à construire ». In *Quatrièmes Journées de la Proximité 17-18 juin 2004*, 17 Marseille, IDEP-LEST-GREQAM, Groupe de Recherche Dynamique de Proximité.

- Bousbaine, A. (2021). « Des initiatives citoyennes pour manger local: le cas wallon ». *Pour*, n° 1 :69-84.
- Boutsen, R., Maughan, N., et Visser M. (2018). « Evaluation de la production agricole primaire professionnelle en Région de Bruxelles Capitale ». Étude réalisée pour le Service public régional de Bruxelles (SPRB).
- Bryant, C. (1989). « L'agriculture péri-urbaine au Canada: dégénérescence ou nouvelle dynamique? » In *Annales de géographie*, 403-20. JSTOR.
- Bryant, C. (1997). « L'agriculture périurbaine l'économie politique d'un espace innovateur ». *Cahiers Agricultures*, 6 (2) :125-30.
- Bureau fédéral du Plan–Statbel (2019). *Perspectives démographiques 2018-2070*. Population et ménages.
- Caliński, T., et Harabasz, J. (1974). « A dendrite method for cluster analysis ». *Communications in Statistics*, 3 (1) :1-27. <https://doi.org/10.1080/03610927408827101>.
- Cavailhès, J., et Wavresky, P. (2003). « Urban Influences on Periurban Farmland Prices ». *European Review of Agriculture Economics*, 30 (3) :333-57. <https://doi.org/10.1093/erae/30.3.333>.
- Cavailhès, J., et Wavresky., P. (2007). « Les effets de la proximité de la ville sur les systèmes de production agricoles ». *Agreste Cahiers*, n° 2 :41-47.
- Cavailhès, J., Hilal, M., et Wavresky, P. (2011). « L'influence urbaine sur le prix des terres agricoles et ses conséquences pour l'agriculture ». *Economie et Statistique / Economics and Statistics*, n° 444-445, 99.
- Centre provincial de l'agriculture et de la ruralité (CPAR) (2016). *L'agriculture brabançonne wallonne - Edition 2016*. Province du Brabant wallon.

- Charlier, J. (2013). « Le Brabant Wallon Central au travers du prisme des transports ». *De Aardrijkskunde*, 111-27.
- Chauvet, M., Bry, A., Moncourtois, P. et Trebuchet, G. (1986). « L'histoire des légumes ». *La diversité des plantes légumières: hier, aujourd'hui et demain*, 9-21.
- Collège des producteurs (CDP), et Fédération Wallonne horticole (FWH) (2018). *Plan de développement stratégique 2018 – 2028*. Commission Horticulture Comestible.
- Commune de la Hulpe (2013). *Plan communal de développement de la nature*.
- Daniel, A.-C. (2013). « Aperçu de l'agriculture urbaine, en Europe et en Amérique du Nord ». *Study Report. Chaire d'entreprise Vinci*. AgroParisTech.
- De Bruyn, R., et Moerman, J. (2022). « Alimentation durable : où trouver des produits locaux, bio ? ». *Écoconso*.
- De Keersmaecker, M.-L. (2007). « Compétitivité territoriale et attractivité résidentielle: désir d'habiter et projet de territoire. Exposé de synthèse ». *Territoire (s) wallon (s)*, 13-20.
- De Muynck, S., et Servigne, P. (2012). « Le retour annoncé de l'agriculture urbaine ». *Barricade asbl*, décembre, 10.
- Deguerry, M., De Spiegelaere, M., Feyaerts, G., Fiszman, P., Luque Fernández, M. À., Mazina, D., Verduyck, P., et Racapé, J. (2010). *Tableau de bord de la santé en région bruxelloise 2010*. Observatoire de la Santé et du Social de Bruxelles-Capitale.
- Dujardin, C., Thomas, I., et Tulkens, H. (2007). « Quelles frontières pour Bruxelles ? Une mise à jour ». *Reflets et perspectives de la vie économique*, XLVI (2-3) :155-76. <https://doi.org/10.3917/rpve.462.0155>.
- Duyck, J., Paul, J., et Vandresse, M. (2020). *Perspectives démographiques 2019-2070 : Mise à jour dans le cadre de l'épidémie de COVID-19*. Bureau fédéral du Plan.

- Ecolife (2004). *De ecologische voetafdruk van de bewoners van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest*. Bruxelles: BIM.
- Ermans, T., Brandeleer, C., d'Andrimont, C., Hubert, M., et Marissal, P. (2017). « Bruxelles et ses déplacements domicile-travail et domicile-école ». *Belgeo. Revue belge de géographie*, n° 4.
- Eurostat (s.d.). *Glossary :Agricultural Area (AA)/Fr.* [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Agricultural_area_\(AA\)/fr](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Agricultural_area_(AA)/fr), Consulté le 1 mars 2022.
- Fleury, A., et Donadieu, P. (1997). « De l'agriculture péri-urbaine à l'agriculture urbaine ». *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, 31 (31) :45-61.
- Gallant, A. F. (1973). *Localisation agricole et expansion urbaine: examen critique des théories de Von Thünen et de Sinclair dans la région immédiate d'Ottawa*. Thèse de doctorat, University of Ottawa, Canada.
- Geniaux, Ghislain, et Claude Napoléone. 2005. « Rente foncière et anticipations dans le périurbain ». *Economie prevision*, n° 2: 77-95.
- Gille, F. (2002). « 44% des exploitations dans l'urbain ou le périurbain ». *Agreste primeur*, 117.
- Goffette-Nagot, F. (2009). « Residential land prices and land demand in France [1975-2000] ». *Revue économique*, 60 (3) :853-62.
- Granchamp-Florentino, L. (2012). « L'agriculture urbaine ; Un enjeu de la ville durable ». *Revue des Sciences sociales, La ville aux défis de l'environnement*, n° 47: 142-52.
- Hanin, Y., Léonard, F., et Meuris, C. (2012). « Habiter en Wallonie: évolution, tendances et prévisions à l'horizon 2040 ». *Les Cahiers nouveaux*, 84: 82.

- Hubert, H.-O., et Vleminckx, J. (2016). *L'aide alimentaire aujourd'hui, le droit à l'alimentation demain. Recherche-Action, Rapport de recherche, Bruxelles: FdSS.*
- IWEPS (2022). *Densité de population en Wallonie.* <https://www.iweps.be/indicateur-statistique/densite-de-population/>, Consulté le 13 mai 2022.
- Jehin, J.-B. (1998). « La périurbanisation et la rurbanisation à travers la consommation d'espace ». *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 34: 45-52.
- Lambotte, J.-M., Bazet-Simoni, C., Leclercq, A., Devillet, G., Malherbe, A., et Vandermotten, C. (2011). « Structure fonctionnelle du territoire wallon: hiérarchie urbaine et aires d'influence ». In . Conférence Permanente du Développement Territorial (CPDT), Belgium.
- Lefebvre, L., et Rouquette, C. (2011). « Les prix du foncier agricole sous la pression de l'urbanisation ». *Economie et statistique*, 444 (1): 155-80.
- LN24 (2020). *Les premières doses de vaccin normalement disponibles en mars-avril.* <https://www.ln24.be/2020-11-23/les-premieres-doses-de-vaccin-normalement-disponibles-en-mars-avril>, Consulté le 17 mai 2022.
- LN24 (2020). *Clarival désapprouve le projet de rachat de terres agricoles par la Région bruxelloise.* <https://www.ln24.be/2020-11-23/clarival-desapprouve-le-projet-de-rachat-de-terres-agricoles-par-la-region-bruxelloise>. Consulté le 17 mai 2022.
- Mercier, G. (2017). *La géographie néopositiviste quantitative et sa critique (1945–1985).* In La découverte du Monde : de l'exploration à la science géographique. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19110.96324>.
- Moyersoen, P., Wellens, C., Moens, T., et Appelmans, M. (2014). *Plan directeur interrégional pour Neerpede-Vlezenbeek- Sint anna Pede.* SumResearch.
- Myers, L., et Sirois, M. J. (2006). *Spearman Correlation Coefficients, Differences Between.* In *Encyclopedia of Statistical Sciences*, édité par Kotz S., Campbell B. R.,

Balakrishnan N., Vidakovic B., et Johnson N. L., ess5050.pub2. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/0471667196.ess5050.pub2>.

Nahmias, P., et Le Caro, Y. (2012). « Pour une définition de l'agriculture urbaine : réciprocity fonctionnelle et diversité des formes spatiales ». *Environnement Urbain / Urban Environment*, n° Volume 6 (septembre). <https://journals.openedition.org/eue/437>.

Oliveau, S. (2010). « Autocorrélation spatiale: leçons du changement d'échelle ». *L'Espace géographique*, 39 (1): 51-64.

Olsson, E. G. A., Kerselaers, E., Søderkvist Kristensen, L., Primdahl, J., Rogge, E., et Wästfelt, A. (2016). « Peri-Urban Food Production and Its Relation to Urban Resilience ». *Sustainability*, 8 (12): 1340. <https://doi.org/10.3390/su8121340>.

Organisation des Nations Unies (2015). *Résolution adoptée par l'Assemblée générale le 25 septembre 2015*.

Organisation des Nations Unies (s.d.). *World Population Prospects 2019*. <https://population.un.org/wpp/>, Consulté le 23 avril 2022.

Palm, R., et lemma A. F. (2002). « Conditions d'application et transformations de variables en régression linéaire ». *Notes de Statistique et d'Informatique*, n° 1: 1-34.

Perrin, C., Jarrige, F., et Soulard, C.-T. (2013). « L'espace et le temps des liens ville-agriculture : une présentation systémique du cas de Montpellier et sa région ». *Cahiers Agricultures*, 22 (6): 552. <https://doi.org/10.1684/agr.2013.0671>.

Philipponneau, M. (1956). *La vie rurale de la banlieue parisienne: étude de géographie humaine*. Édité par Centre d'études économiques. Paris (103, boulevard Saint-Michel), France: Librairie Armand Colin.

Poulot, M. (2014). « Agriculture et ville : des relations spatiales et fonctionnelles en réaménagement ». *Pour*, 224 (4): 51-66.

Région Bruxelles-Capitale (2015). *Stratégie Good Food vers un système alimentaire durable en région de Bruxelles-Capitale*. Bruxelles.

Région Bruxelles-Capitale (2018). *Bilan à mi-parcours - Stratégie Good Food vers un système alimentaire durable en région de Bruxelles-Capitale*. Bruxelles

Région Bruxelles-Capitale (2021). *Évaluation finale de la stratégie Good Food* . Bruxelles.

Riera, A., Antier, C., et Baret, P. (2020). *État des lieux et scénarios à horizon 2050 de la filière légumière en Région wallonne*. Earth & Life Institute, UCLouvain, Louvain-La-Neuve.

Roberts, S. J., Everson, R., et Rezek, I. (1999). « Minimum Entropy Data Partitioning ». 9th International Conference on Artificial Neural Networks: ICANN '99, 1999 Janvier, 844-49. <https://doi.org/10.1049/cp:19991217>.

Servais, M., Thomas, I., Van Dyck, H., et Verhetsel, A. (2004). « Polycentrisme urbain : une réalité spatialement mesurable ? » *Cybergeo: European Journal of Geography*, avril. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.3669>.

Sharma, S., Sharma, A., et Kumar, A. (2011). « New city model to reduce demand for transportation ». *Procedia Engineering*, 21 (décembre): 1078-87. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2114>.

Sinclair, R. (1967). « Von Thünen and Urban Sprawl ». *Annals of the Association of American Geographers*, 57 (1): 72-87. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1967.tb00591.x>.

Stevens, J. P. (1984). « Outliers and Influential Data Points in Regression Analysis. » *Psychological Bulletin*, 95 (2): 334-44. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.95.2.334>.

Tacoli, C., et McGranahan, G. (2015). *World Migration Report 2015: Urbanization, Rural–urban Migration and Urban Poverty*. GMDAC, Berlin.

- Tanji, A., Benicha, M., et Mamdouh, M. (2014). « Techniques de production du fraisier ». *Transfert de technologie en agriculture*, n° 201.
- Van Hecke, É. (1973). « La délimitation de l'agglomération morphologique bruxelloise à partir des secteurs statistiques ». *Courrier hebdomadaire du CRISP*, n° 37: 1-25.
- Vidal, R. (2011). « Entre ville et agriculture, une proximité à reconstruire ». *Revue électronique Métropolitiques*, 18.
- Villard, S. (2008). « Les ventes directes à la ferme ». In *Les circuits courts alimentaires*, 45-53. Educagri éditions. <https://www.cairn.info/les-circuits-courts-alimentaires--9782844447104-page-45.htm>.
- WalStat (s. d.). *Catalogue des indicateurs statistiques*. <http://walstat.iweps.Be/walstat-catalogue.php>, Consulté le 14 mars 2022.
- Wegmuller, F., et Duchemin, E. (2010). « Multifonctionnalité de l'agriculture urbaine à Montréal: étude des discours au sein du programme des jardins communautaires ». *[VertigO] La revue électronique en sciences de l'environnement*, 10 (2): 0-0.
- Wong, D. W. S. (2004). « The Modifiable Areal Unit Problem (MAUP) ». In *WorldMinds: Geographical Perspectives on 100 Problems: Commemorating the 100th Anniversary of the Association of American Geographers 1904–2004*, 571-75. Édité par Janelle, D. G., Warf, B., et Hansen, K., Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2352-1_93.
- Zasada, I., Fertner, C., Piore, A., et Nielsen, T. S. (2011). « Peri-Urbanisation and Multifunctional Adaptation of Agriculture around Copenhagen ». *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography*, 111 (1): 59-72. <https://doi.org/10.1080/00167223.2011.10669522>.

Liste des Figures et Tableaux

Figures

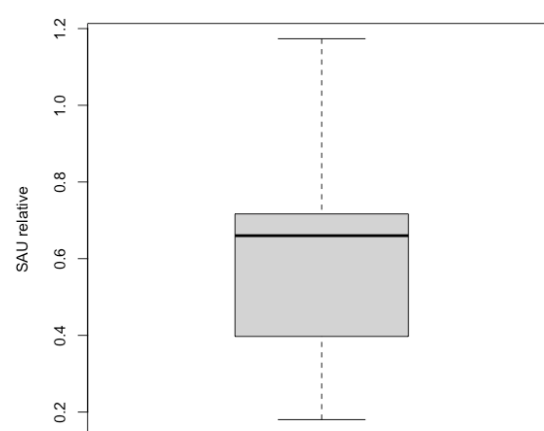
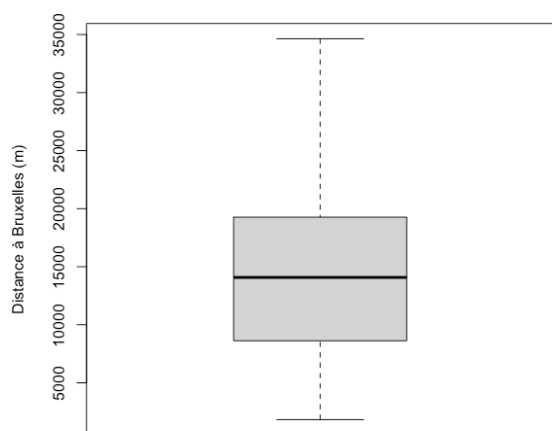
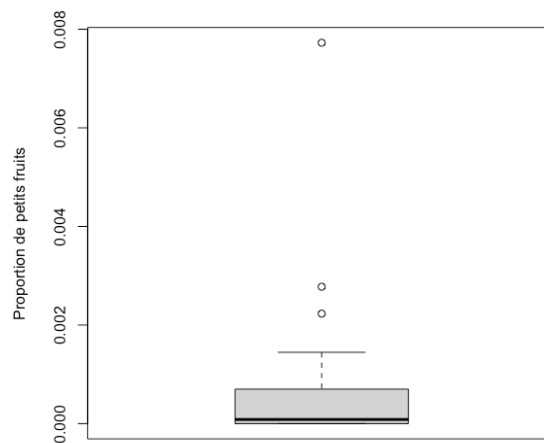
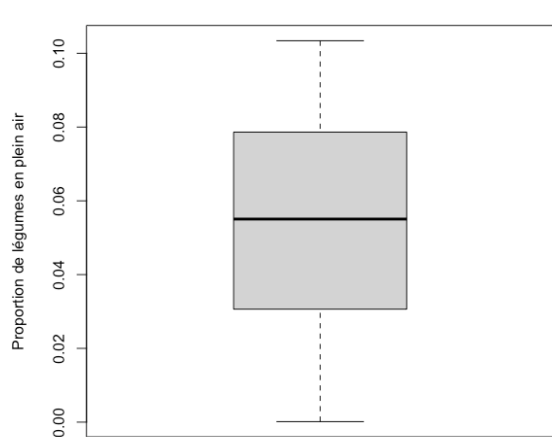
Figure 1 : Zone de production considérée dans la stratégie Good Food (Source : Région de Bruxelles-Capitale, 2015).....	4
Figure 2 : Carte de Ferraris de Bruxelles et sa périphérie	6
Figure 3 : Modèle de von Thünen (Source : Université Paris Ouest Nanterre)	7
Figure 4 : Succession agricole selon von Thünen (Source : Université Laval).....	8
Figure 5 : Modèle de von Thünen modifié (Source : Université Hofstra).....	8
Figure 6 : Agglomération bruxelloise selon Dujardin et al. (2007)	14
Figure 7 : Assolement 2015 du Brabant wallon en % de SAU (Source : CPAR, 2016).....	16
Figure 8 : Surfaces relatives de légumes en Brabant wallon.....	18
Figure 9 : Surfaces relatives de petits fruits en Brabant wallon	19
Figure 10 : Distance entre Bruxelles et les communes du Brabant wallon.....	20
Figure 11 : SAU relative en Brabant wallon	21
Figure 12 : Prix du foncier en Brabant wallon.....	23
Figure 13 : Taux d'urbanisation en Brabant wallon.....	24
Figure 14 : Densité de population en Brabant wallon	25
Figure 15 : Demande en produits locaux en Brabant wallon	26
Figure 16 : Comptoirs fermiers en Brabant wallon.....	27
Figure 17 : Résidus de la régression	35
Figure 18 : Résultats de la classification.....	37
Figure 19 : Classification des communes du Brabant wallon	38
Figure 20 : Division du Brabant wallon (Source : Charlier, 2013).....	43
Figure 21 : Box-plots des différentes variables.....	59
Figure 22 : Graphiques de corrélations entre variables	62
Figure 23 : Matrice de corrélation du modèle de régression des légumes en plein air	63
Figure 24 : Analyse de résidus du modèle de régression des légumes en plein air.....	64
Figure 25 : Matrice de corrélation du modèle de régression des petits fruits	64
Figure 26 : Indices de classification	65

Tableaux

Tableau 1 : Surfaces agricoles en Wallonie (Source : CPAR, 2016).....	15
Tableau 2 : Évolution des superficies bio en Wallonie (Source : CPAR, 2016).....	17
Tableau 3 : Analyse exploratoire des données.....	28
Tableau 4 : Normalité des données et corrélations entre variables.....	31
Tableau 5 : Indice de Moran	34
Tableau 6 : Spécialisation agricole de provinces wallonnes.....	44
Tableau 7 : Modèle de régression des légumes en plein air	66
Tableau 8 : Modèle de régression des petits fruits	67
Tableau 9 : Moyenne des variables en fonction des classifications	68

Annexes

Annexe 1 : Box-plots



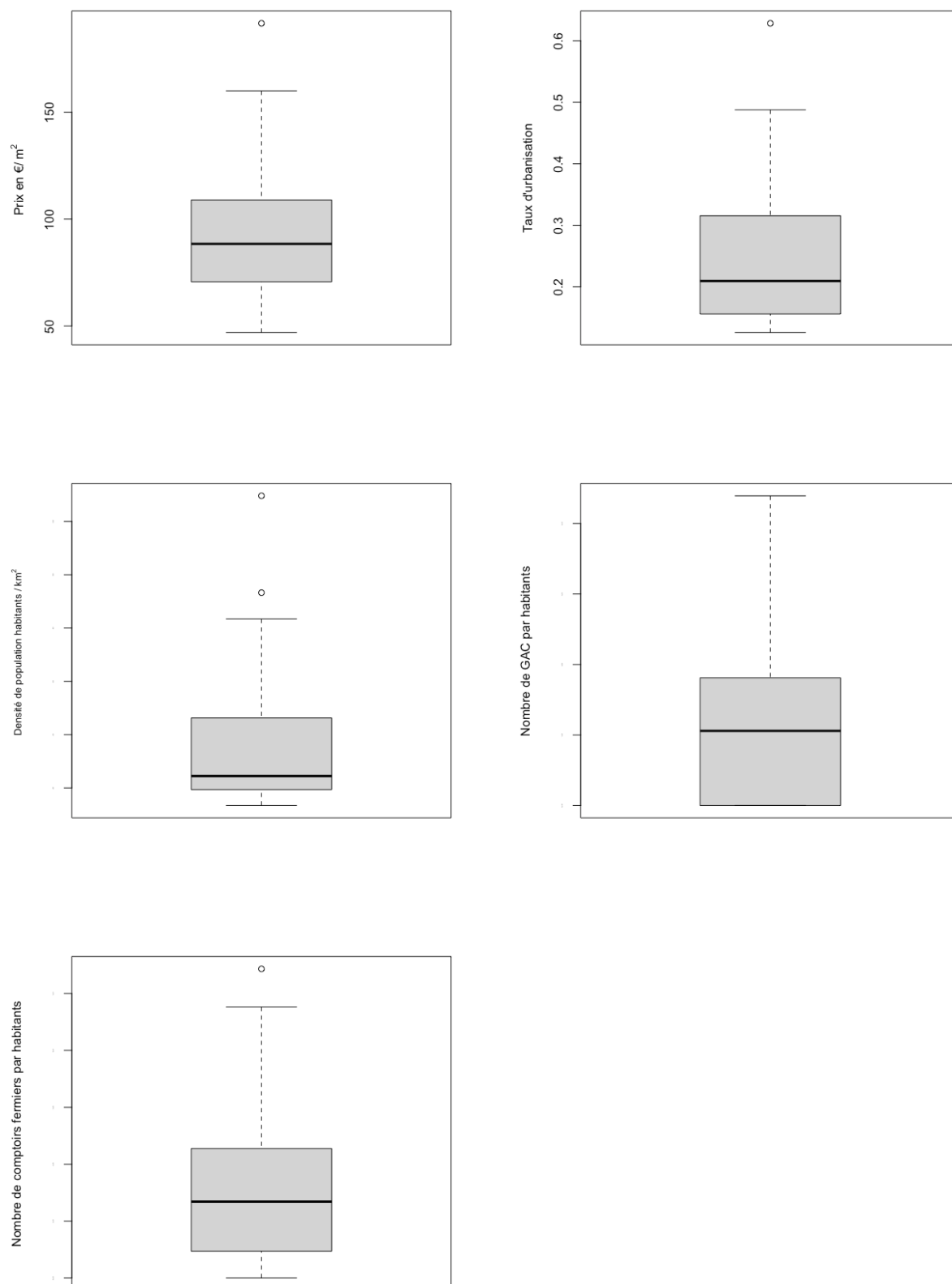
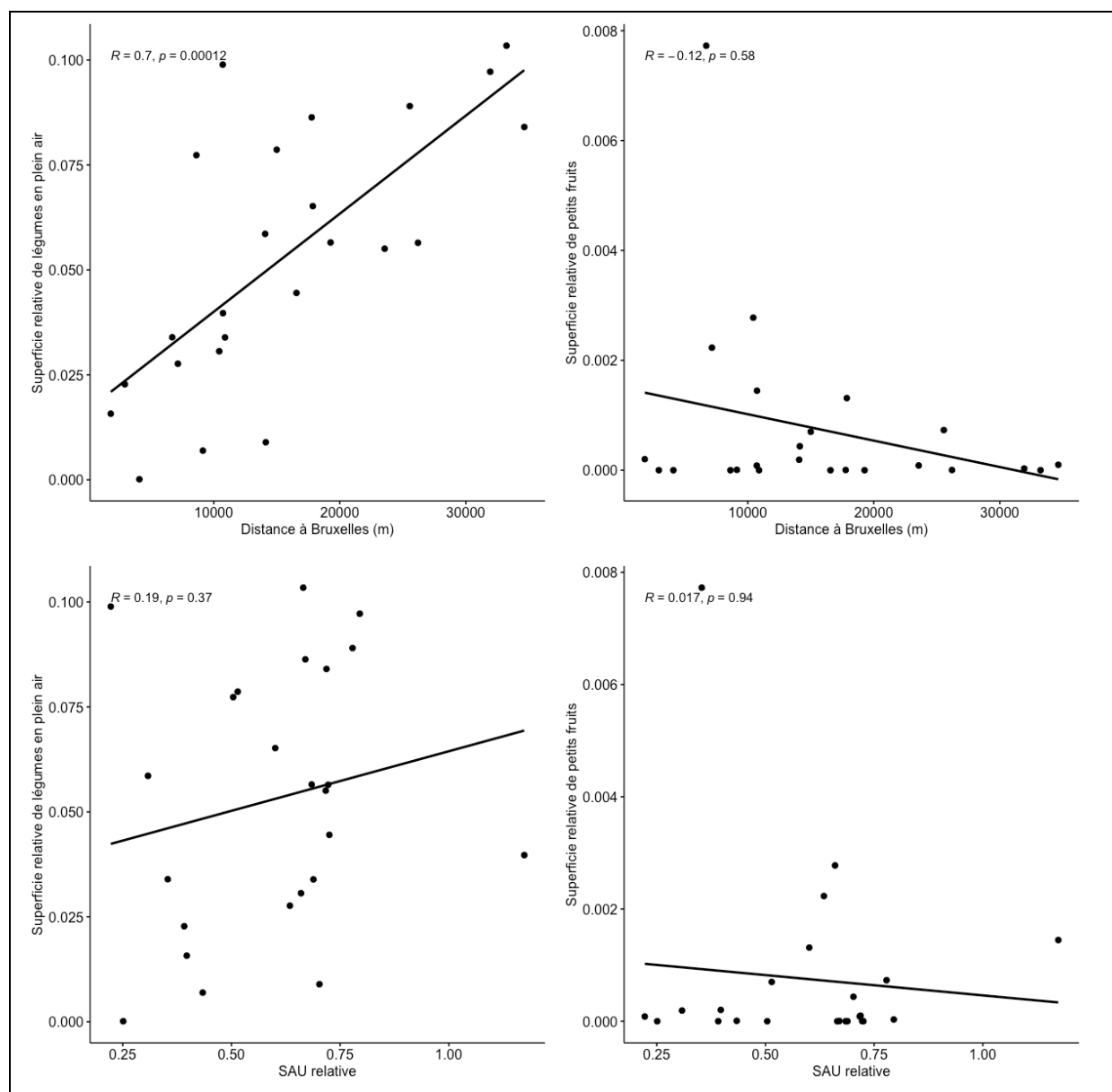
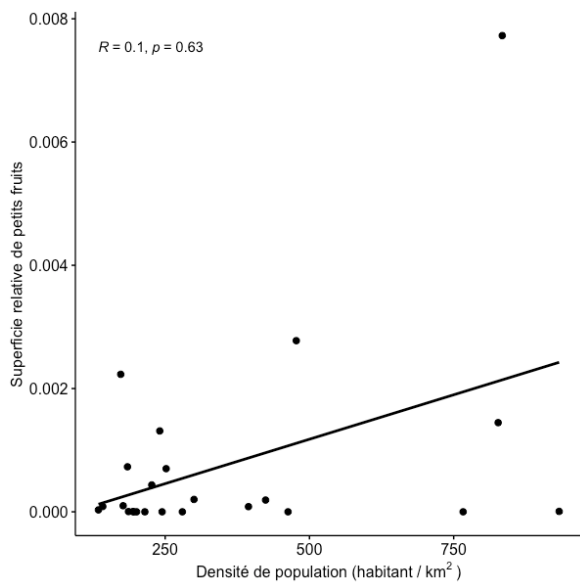
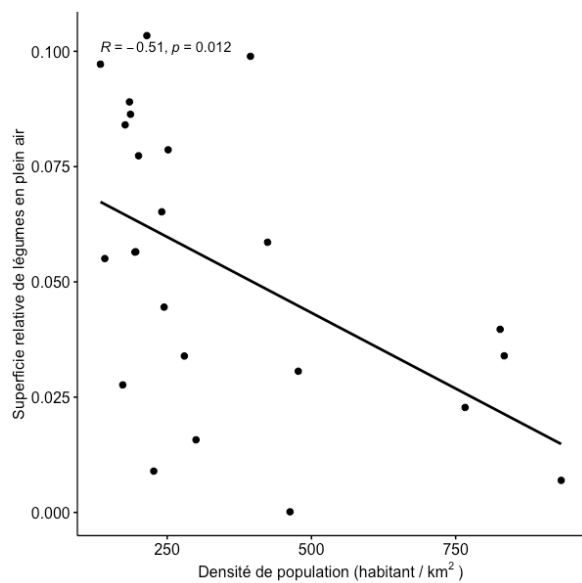
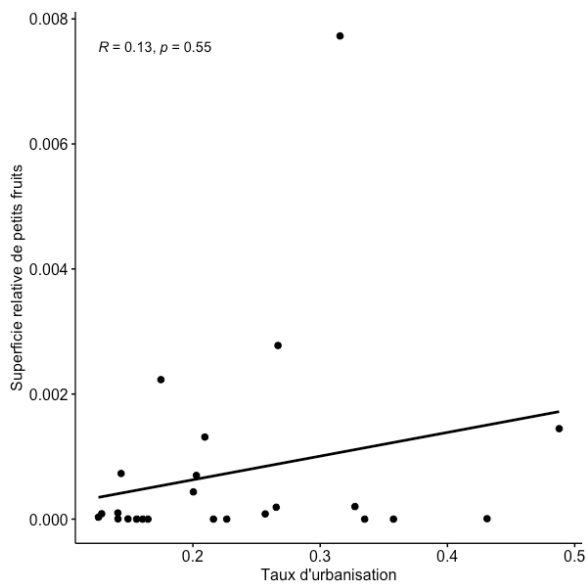
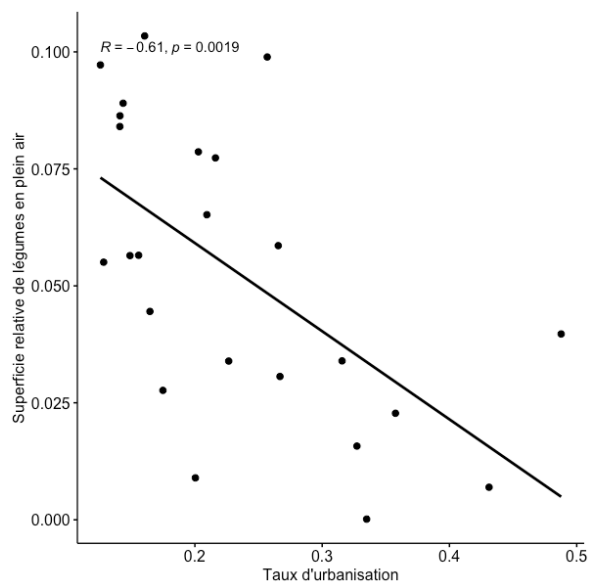
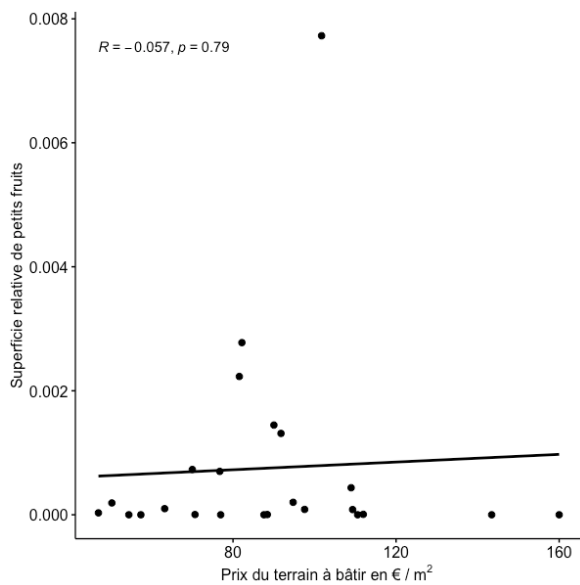
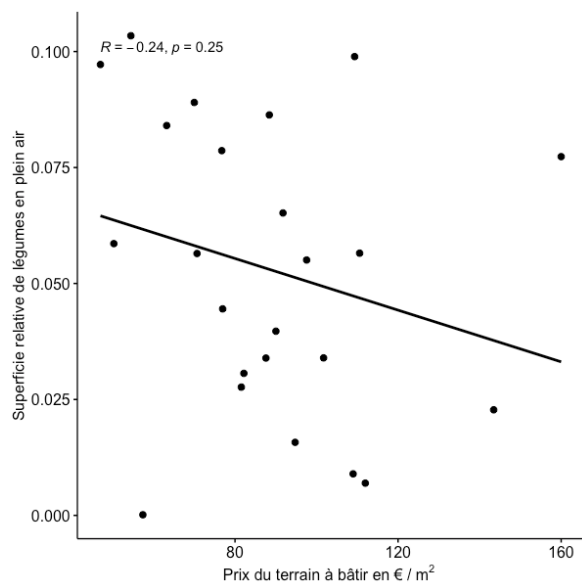


Figure 21 : Box-plots des différentes variables

Annexe 2 : Corrélations entre variables





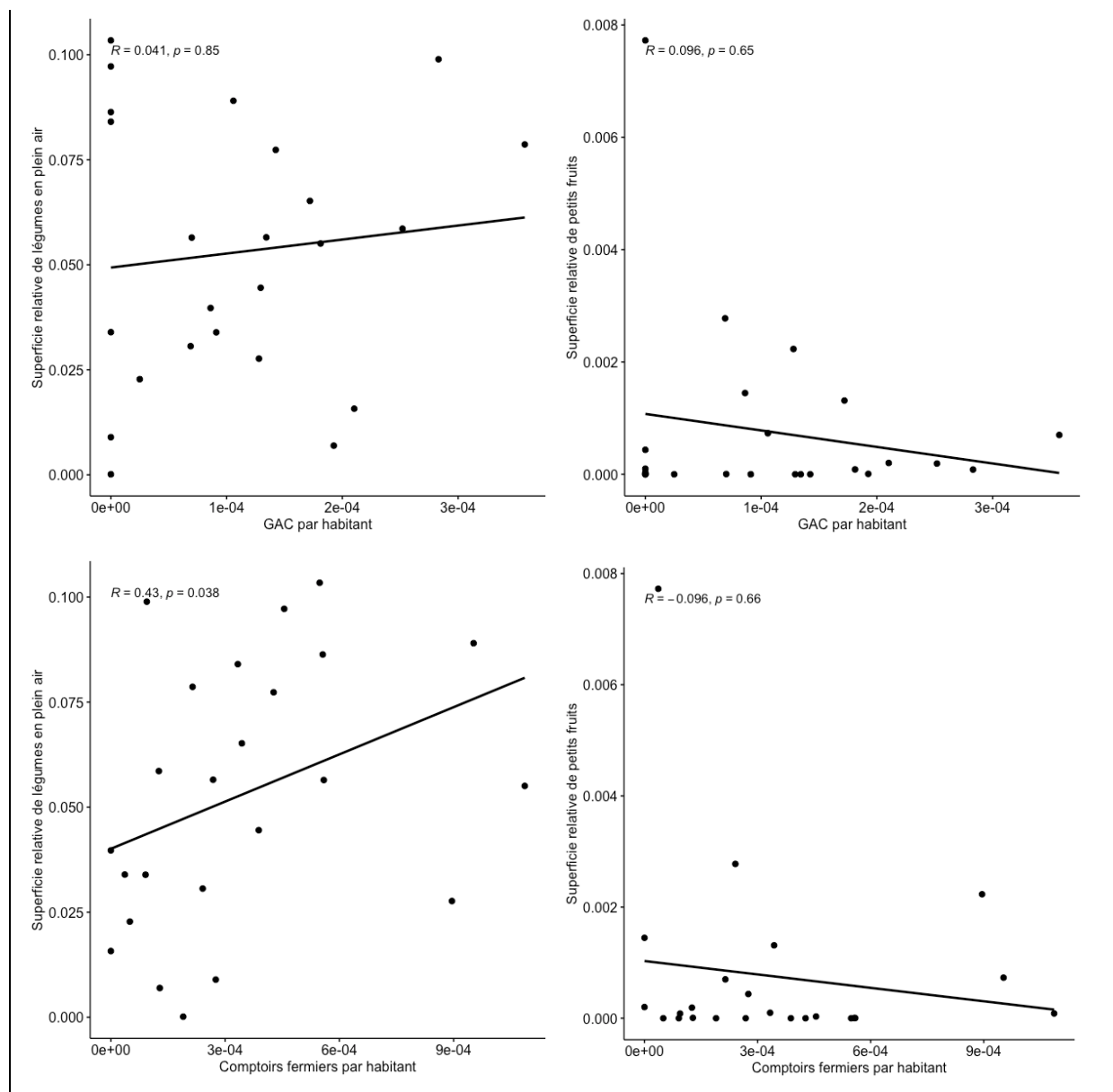


Figure 22 : Graphiques de corrélations entre variables

Annexe 3 : Autres figures

Légende :

Distance : Distance à Bruxelles

Compt_rel : comptoirs fermiers par habitants

Legu_PA_r : Surfaces relatives de légumes en plein air

SAU_r : SAU relative

GAC_relPop : GAC par habitants

Prix_terra : Prix du foncier

popdens : Densité de population

urba_rel : Taux d'urbanisation

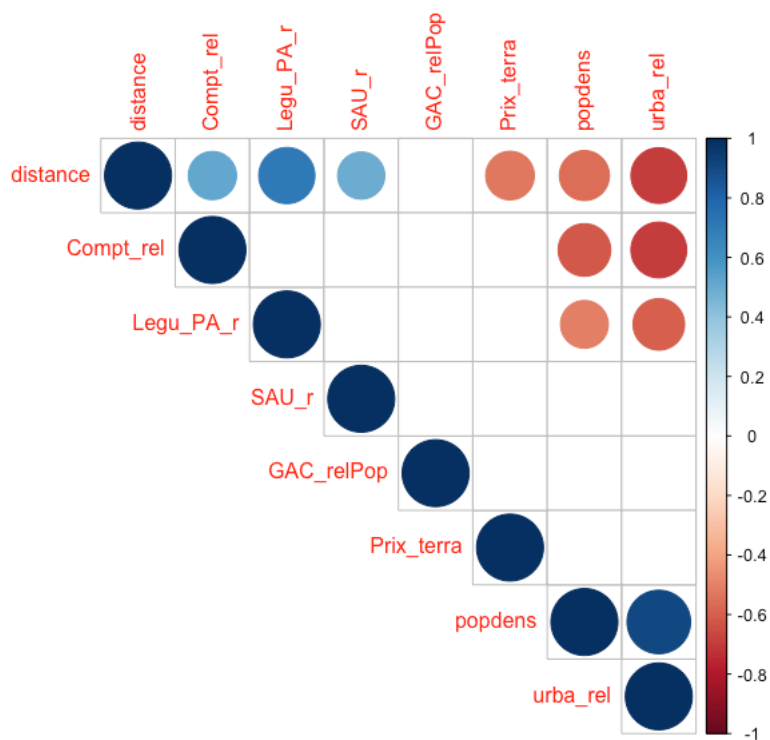


Figure 23 : Matrice de corrélation du modèle de régression des légumes en plein air

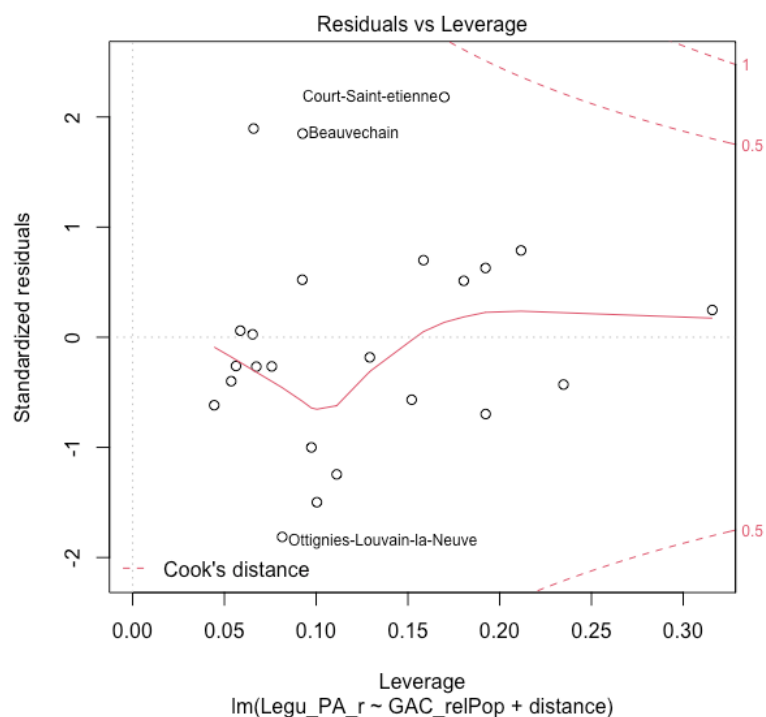


Figure 24 : Analyse de résidus du modèle de régression des légumes en plein air

Légende :

Distance : Distance à Bruxelles

Compt_rel : comptoirs fermiers par habitants

Petfru_rel : Surfaces relatives de petits fruits

SAU_r : SAU relative

GAC_relPop : GAC par habitants

Prix_terra : Prix du foncier

popdens : Densité de population

urba_rel : Taux d'urbanisation

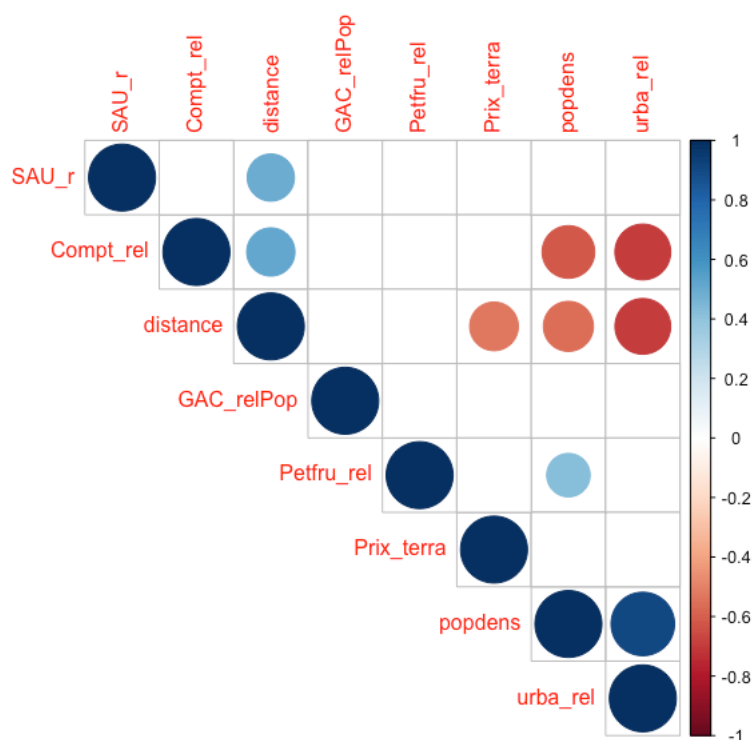


Figure 25 : Matrice de corrélation du modèle de régression des petits fruits

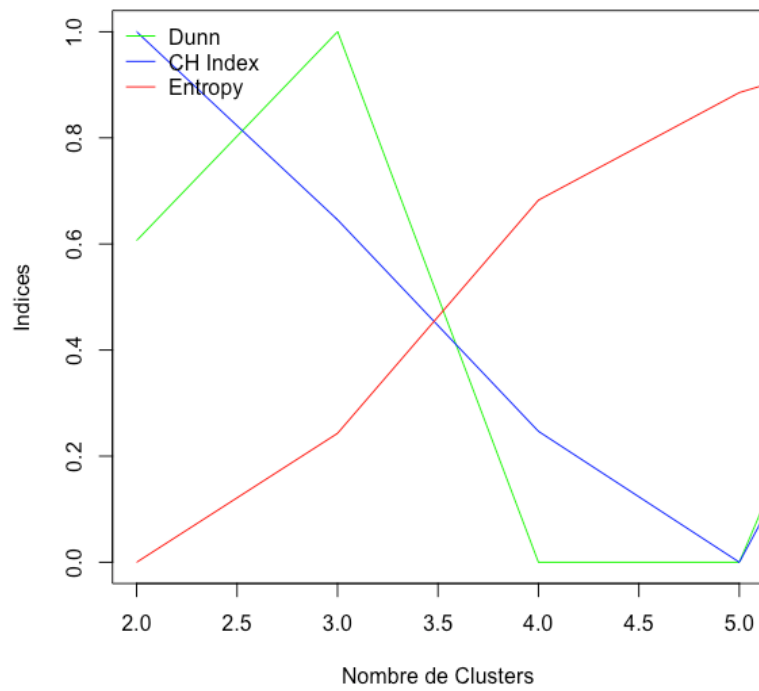


Figure 26 : Indices de classification

Annexe 4 : Tableaux

Tableau 7 : Modèle de régression des légumes en plein air

Modèle	Intercepte	Distance	Demande Produits Locaux	Prix Terrain	SAU relative	Urbanisation	Offre Produits Locaux	Densité de population	R2 ajusté
1	Coef	-3.183e-17	8.589e-01	2.548e-01	1.860e-01	-1.213e-01	-1.338e-01	-5.058e-02	0.4682
	p	1.0000	0.0101	0.1543	0.3337	0.5631	0.7953	0.9016	0.01157
2	Coef	-3.106e-17	8.455e-01	2.618e-01	1.804e-01	-1.124e-01	-1.879e-01		0.499
	p	1.0000	0.0056	0.1128	0.3194	0.5560	0.4800		0.004813
3	Coef	-3.357e-17	8.546e-01	2.575e-01	1.792e-01	-1.406e-01	-1.098e-01		0.5194
	p	1.00000	0.00418	0.10987	0.31176	0.43281	0.60245		0.002
4	Coef	-3.378e-17	9.472e-01	2.618e-01	1.907e-01	-1.597e-01			0.5376
	p	1.000	8.09e-05	0.097	0.269	0.355			0.0007351
5	Coef	-5.242e-18	8.683e-01	2.939e-01	1.766e-01				0.5399
	p	1.0000	5.41e-05	0.0574	0.3014				0.00031
6	Coef	1.563e-17	7.752e-01	2.946e-01					0.5372
	p	1.0000	2.94e-05	0.0569					0.0001181
7	Coef	4.677e-17	7.041e-01						0.4728
	p	1.000000	0.000123						0.0001233

Tableau 8 : Modèle de régression des petits fruits

Modèle	Intercepte	Densité de population	Urbanisation	Distance	Prix Terrain	SAU relative	Demande Produits Locaux	Offre Produits Locaux	R2 ajusté
1	Coef	4.809e-17	1.508e+00	-7.848e-01	-2.935e-01	2.541e-01	-5.343e-02	-4.786e-02	0.2454
	p	1.00000	0.00628	0.03998	0.20519	0.31447	0.79576	0.85942	0.1083
2	Coef	4.688e-17	1.498e+00	-7.785e-01	-2.930e-01	2.404e-01	-5.653e-02		0.2884
	p	1.00000	0.00485	0.03473	0.19238	0.30197	0.77699		0.05992
3	Coef	4.469e-17	1.540e+00	-7.812e-01	-2.987e-01	2.593e-01			0.3246
	p	1.00000	0.00204	0.02946	0.17084	0.23359			0.03024
4	Coef	-4.168e-18	1.403e+00	-5.637e-01	-2.569e-01				0.3062
	p	1.00000	0.00335	0.06097	0.23492				0.02555
5	Coef	-3.177e-17	1.306e+00	-3.935e-01					0.2887
	p	1.00000	0.00518	0.13083					0.02004
6	Coef	-2.964e-17	1.166e+00						0.2385
	p	1.0000	0.0115						0.02203
7	Coef	-5.393e-18	4.207e-01						0.1396
	p	1.0000	0.0407						0.04066

Tableau 9 : Moyenne des variables en fonction des classifications

Groupe	SAU relative	Légumes	Densité de population	GAC par habitant	Comptoirs fermiers par habitant	Prix du terrain	Urbanisation
<u>Classification en 2 groupes</u>							
1	0.4152177	0.2577288	-0.5534475	-0.2769027	0.5007174	-0.09284032	-0.5968062
2	-0.6920295	-0.4295480	0.9224125	0.4615045	-0.8345290	0.15473387	0.9946770
<u>Classification en 3 groupes</u>							
1	0.4152177	0.2577288	-0.55344748	-0.2769027	0.5007174	-0.09284032	-0.59680618
2	-0.4535863	-1.0536688	1.37539990	-0.2361722	-0.9204132	0.41111613	1.44635561
3	-1.1689158	0.8186937	0.01643761	1.8568579	-0.6627605	-0.35803066	0.09131969

Biographie

Coordonnées

Sébastien Fils
Rue de Strichon 58
1495 Tilly

filsebastien@gmail.com
+32478/81.51.52

Formations

Études secondaires : Athénée Royal de Nivelles [2010-2016]

Bachelier en Sciences géographiques : UCLouvain [2017-2020]

Master en Sciences géographiques, orientation générale, à finalité didactique :
UCLouvain [2020-2022]

