

La transition des territoires périurbains : perspectives pour le renouvellement périurbain

Auteurs

Anne-Françoise MARIQUE
afmarique@ulg.ac.be
Université de Liège
Département ArGEnCo
LEMA
Dr. Ir. Architecte, urbaniste

Prof. Sigrid REITER
Sigrid.Reiter@ulg.ac.be
Université de Liège
Département ArGEnCo
LEMA
Professeur, Dr. Ir. Architecte

Thème

3. Logement et aménagement du territoire (en particulier transport et mobilité, rénovation du bâti existant, localisation de l'habitat par rapport aux services, densité)

Abstract

L'étalement urbain monofonctionnel et peu dense de la fonction résidentielle constitue un des phénomènes les plus marquants de l'évolution de nos territoires depuis la révolution industrielle. L'étalement urbain menace, par sa rapidité et sa constance, l'équilibre environnemental, social et économique de l'Europe (European Environment Agency, 2006).

Dans ce contexte, l'objet de l'article est d'aborder la question du recyclage des quartiers périurbains existants, sous l'angle énergétique. Deux leviers d'actions sont mobilisés dans le cadre de cette intervention : la forme urbaine et la mobilité. La forme urbaine d'abord, est étudiée en complémentarité de l'échelle du bâtiment individuel car les mesures apportées à l'échelle du bâtiment ne sont pas en mesure de répondre, seules, à l'ampleur des enjeux énergétiques qui touchent les territoires périurbains. La mobilité, ensuite, car l'étalement urbain est entretenu et favorisé, en grande partie par la dépendance à la voiture individuelle. A cet effet, deux indicateurs principaux (les besoins de chauffage de différents types de formes périurbaines et un indice de performance des déplacements qui prend en compte distance parcourue, fréquence et mode de transport) sont développés et discutés pour mettre en évidence les scénarios de renouvellement les plus adaptés et répondre à deux questions : comment intervenir dans les quartiers existants et où intervenir.

Il s'agit notamment d'analyser l'impact de la structure périurbaine sur les consommations d'énergie relatives aux déplacements des personnes en investiguant l'influence de la localisation résidentielle sur les déplacements domicile-travail et sur les déplacements scolaires, à l'échelle du quartier, puis d'identifier les paramètres les

plus influents. Une attention particulière est portée à la vulgarisation des résultats obtenus vers tous les acteurs du territoire, y compris le citoyen, et à leur incidence pratique dans le cadre de l'opérationnalisation d'un renouvellement périurbain durable.

Mots-clés

Étalement urbain, renouvellement périurbain, efficacité énergétique, consommations, quartier, densification, mobilité.

1. Introduction

L'étalement urbain monofonctionnel et peu dense de la fonction résidentielle, au-delà des limites de la ville traditionnelle, constitue un des phénomènes les plus marquants de l'évolution de nos territoires depuis la révolution industrielle. L'étalement urbain menace, par sa rapidité et sa constance, l'équilibre environnemental, social et économique de l'Europe (European Environment Agency, 2006). Les impacts environnementaux de l'étalement urbain, en particulier, sont maintenant bien documentés et il est communément admis que les territoires périurbains participent à une consommation accrue d'énergie et d'espace qu'il convient de limiter dans l'optique d'un développement plus durable de nos territoires. La question énergétique est centrale et concerne directement ce modèle de développement, tant en termes de bâti que de mobilité car les territoires périurbains sont très dépendants de l'automobile. En séparant les activités sur le territoire, l'étalement urbain engendre des distances parcourues plus élevées et un recours accru à la voiture individuelle pour les déplacements quotidiens (Da Silva et al., 2007 ; Jenks et Burgess, 2002). Cette dépendance à l'automobile a, et aura, par ailleurs des conséquences environnementales, économiques et sociales pour les ménages mais aussi pour la société en général.

La problématique de l'étalement urbain et de ses impacts environnementaux fait inmanquablement ressurgir la question de la forme urbaine et de ses densités, et en particulier la validité de deux théories dominantes qui s'opposent traditionnellement quant il est question de répondre aux enjeux énergétiques et sociaux mis en évidence : la « ville compacte » et la « ville diffuse » (Bochet, 2007 ; Holden et Norland, 2005). Les détracteurs du modèle périurbain articulent la ville compacte, par opposition avec l'étalement urbain, autour des concepts de la haute densité, de la mixité fonctionnelle et des systèmes de transports urbains performants. A la suite des travaux fondateurs de Newman et Kenworthy (1989), il est attribué à la ville compacte une série de vertus, tant environnementales et énergétiques que sociales, qui participeraient à la rendre durable : réduction des consommations d'énergie à la fois pour le transport des personnes et dans le secteur du bâtiment, économies des sols et des coûts d'urbanisation, mixité fonctionnelle et sociale, etc. (Maizia et al., 2009 ; Newman et Kenworthy, 1989, 1999 ; Steemers, 2003). La faisabilité de ce modèle, présenté comme un idéal de planification urbaine, pose également question. De nombreuses recherches et politiques européennes, nationales ou régionales s'accordent en effet, le plus souvent, à dire qu'il faut privilégier la ville compacte et

limiter l'étalement urbain sans se poser la question de la faisabilité, à moyen terme des actions proposées, ni aborder leurs impacts probables, notamment en termes d'augmentation de la congestion, de la pollution, ou des prix fonciers. Retrouver les conditions de la ville compacte, à court ou moyen terme, est impossible compte tenu de la grande inertie du stock bâti et des temps longs qui caractérisent le foncier. Le taux de renouvellement du stock bâti (construction neuve) en Wallonie est au mieux estimé à 1 à 2% par an alors que la démolition de la forme urbaine à grande échelle reste historiquement exceptionnelle et ne peut être envisagée de façon systématique.

Au parfait opposé de la ville compacte, le modèle de la ville diffuse ou ville émergente éclatée trouve son origine dans les théories hygiénistes du XIX^{ème} siècle, et prônait, à son origine, la diminution d'usage du sol urbain pour réduire le coût de la vie et de la production. Ce modèle, qui s'est diffusé grâce à l'avènement de la mobilité (ferroviaire d'abord, automobile ensuite), reflète aujourd'hui le choix d'une large part de la population pour plus d'espace à moindre prix. Continuer à promouvoir ce modèle diffus peu dense, même à des standards de construction « passifs » ou « à énergie positive » ne règlera pas de nombreux écueils intrinsèques à l'étalement urbain (dépendance à la voiture, surcoûts relatifs aux réseaux et aux services, imperméabilisation des sols, etc.). Plus problématique, ni l'un ni l'autre de ces modèles ne se positionne sur les questions du vieillissement des quartiers existants et du recyclage des territoires déjà urbanisés.

Partant des hypothèses que (1) la crise énergétique est un élément déclencheur pour interroger la transition des espaces périurbains vers un modèle plus durable, que (2) les modèles de la ville compacte et de la ville diffuse ne peuvent répondre aux enjeux environnementaux, économiques et sociaux rencontrés et que (3) l'aménagement du territoire est un levier puissant d'action tant en termes de gestion de la forme urbaine produite que de la mobilité induite, l'objet de l'article est d'aborder la question du recyclage des quartiers périurbains existants, sous l'angle énergétique. Il s'agit d'étudier l'efficacité énergétique du modèle périurbain wallon et les conditions de sa transition vers des quartiers périurbains plus durables. Deux leviers d'actions sont mobilisés dans le cadre de cette intervention : la forme urbaine et la mobilité. La forme urbaine d'abord, est étudiée en complémentarité de l'échelle du bâtiment individuel car les mesures ponctuelles apportées à l'échelle du bâtiment (renforcement de l'isolation, recours à des énergies renouvelables, etc.) ne sont pas en mesure de répondre, seules, à l'ampleur des enjeux énergétiques qui touchent les territoires périurbains. La mobilité, ensuite, car l'étalement urbain est entretenu et favorisé, en grande partie par la capacité des ménages à se déplacer individuellement, rapidement et sur de grandes distances.

Il s'agit d'abord de mettre en place une instrumentation solide permettant l'évaluation énergétique des quartiers périurbains et, sur cette base, d'étudier l'efficacité énergétique des quartiers périurbains wallons existants et les conditions de leur transition vers un modèle plus durable. A cet effet, la Section 2 de cet article présente une méthode d'évaluation énergétique des quartiers périurbains qui prend en compte, à la fois, les consommations d'énergie relatives au chauffage des

bâtiments et celles relatives aux déplacements des personnes (domicile-travail et domicile-école), à l'échelle du quartier. La Section 3 présente les principaux résultats de l'application de la méthode à 4 cas représentatifs des quartiers périurbains wallons. Des variations paramétriques ont ensuite été menées pour identifier les paramètres relatifs à la forme urbaine qui ont le plus d'impact sur les consommations énergétiques des quartiers. Trois types de scénarios de renouvellement des quartiers périurbains sont enfin investigués. Ils abordent la rénovation énergétique des quartiers, la densification et la démolition / reconstruction. Dans la Section 4, les indices de performance des déplacements sont généralisés et cartographiés à l'échelle du territoire wallon. Il s'agit concrètement d'analyser l'impact de la structure périurbaine (définie ici comme la conjonction de trois éléments (1) la localisation spatiale des emplois, des commerces, etc., (2) la distribution spatiale de la population selon son lieu de résidence et (3) les infrastructures) sur les consommations d'énergie relatives aux déplacements des personnes en investiguant notamment l'influence de la localisation résidentielle sur les déplacements domicile-travail et sur les déplacements scolaires. Une attention particulière a été portée à la reproductibilité de la recherche et à la vulgarisation des résultats obtenus vers tous les acteurs du territoire, y compris le citoyen, notamment par le développement d'un outil interactif basé, en partie, sur les résultats présentés dans cet article (Section 5). Enfin la Section 6 propose une synthèse critique des développements proposés et leur incidence pratique, notamment dans le cadre de l'opérationnalisation du concept de « renouvellement périurbain » que nous définirons ici comme l'évolution et la mutation des quartiers périurbains existants vers un modèle plus économe en énergie, de façon à réduire leur vulnérabilité et leur dépendance aux énergies fossiles.

2. Méthode, données et hypothèses

Une méthode d'évaluation énergétique des quartiers périurbains a été développée. Elle permet l'évaluation des consommations relatives au chauffage des bâtiments et celles relatives aux déplacements des personnes, à l'échelle du quartier. Cette échelle d'intervention, qui se situe au point de rencontre entre l'art de construire des bâtiments durables et l'art de gérer une ville durable, est particulièrement pertinente dans le cadre qui nous occupe. Les travaux précédemment effectués sur la qualité environnementale des bâtiments ont en effet montré l'influence essentielle des décisions prises au niveau d'un quartier sur les performances environnementales et énergétiques des bâtiments. Celles-ci dépendent de nombreux critères définis au stade du plan masse : compacité, orientation, valorisation des apports solaires, etc.

Cette méthode comprend deux parties : (1) une approche combinant classification typologique des bâtiments, simulations thermiques dynamiques et analyses en cycle de vie pour déterminer les consommations d'énergie relatives au chauffage des bâtiments et (2) une approche empirique visant à estimer les consommations d'énergie des ménages pour leurs déplacements (domicile-travail et domicile-école). Une unité commune, le kWh, est choisie pour permettre la comparaison, sur base annuelle, de ces deux postes. Cette méthode doit concrètement permettre de (1) dresser un cadastre énergétique des quartiers existants, (2) identifier les paramètres

relatifs à la forme urbaine les plus influents, (3) évaluer l'impact énergétique de différents scénarios de renouvellement périurbain et (4) investiguer, à l'échelle du territoire wallon, l'impact de la structure du territoire sur les consommations d'énergie pour les déplacements des personnes.

2.1. Le chauffage des bâtiments

La première partie de la méthode développée permet d'évaluer les besoins en énergie pour le chauffage. Une classification typologique des principaux types de bâtiments périurbains a d'abord été dressée de façon à classer l'ensemble du stock bâti résidentiel périurbain wallon, sur base de données cadastrales et cartographiques. Cette typologie de bâtiments est basée sur les indicateurs suivants : la mitoyenneté (mitoyen, semi-mitoyen, « 4 façades »), la surface au sol, le nombre de niveaux et l'âge de la construction. Cinq catégories d'âge (avant 1950, de 1951 à 1980, de 1981 à 1996, de 1997 à 2008 et de 2009 à 2012) ont été définies sur base de l'évolution des techniques de construction et de l'évolution des réglementations en matière de performance énergétique des bâtiments. A chacune de ces catégories d'âge sont attribuées des compositions de parois, des épaisseurs d'isolants et des types de vitrages particuliers (Tableau 1). Des scénarios relatifs aux gains internes, à la température de consigne, à la ventilation, aux obstructions, etc. ont été fixés.

Tableau 1. Caractéristiques principales des murs et vitrages, selon la catégorie d'âge

	Avant 1950	1951-1980	1981-1995	1996-2008	2009-2012
Type de Murs	Mur plein	Mur creux	Mur creux	Mur creux	Mur creux
Isolant mur	-	-	3 cm	6 cm	8 cm
Isolant toiture	-	-	8 cm	10 cm	14 cm
Isolant dalle	-	-	3 cm	6 cm	9 cm
Vitrage	Simple vitrage	Double vitrage	Double vitrage	Double vitrage	Double vitrage
U vitrage, W/m ² K	4,1	2,9	2,7	2,4	1,1

Chaque bâtiment-type défini dans la classification typologique a ensuite fait l'objet de simulations thermiques dynamiques et d'analyses en cycle de vie, pour chacune des 5 compositions de parois définies dans le Tableau 1, de façon à déterminer les besoins nets de chauffage et de ventilation, en kWh/m².an et en kWh/an. Ces différents cas ont été associés à des systèmes de chauffage pour définir, en fonction de leur rendement respectif, les consommations effectives des bâtiments. La consommation annuelle de chauffage à l'échelle d'un quartier est finalement calculée, en kWh, par agrégation des résultats obtenus pour chaque type de bâtiment, selon sa distribution dans le quartier.

2.2. Les déplacements des personnes

La seconde partie de la méthode traite des consommations d'énergie relatives aux déplacements des personnes. Deux types de déplacements sont ici considérés : les déplacements domicile-travail et les déplacements scolaires. L'évaluation énergétique des déplacements des ménages a été développée au départ des données des deux derniers recensements INS (1991 et 2001). Ils donnent, à l'échelle individuelle, des informations relatives aux déplacements domicile-travail et domicile-école des ménages belges : distance parcourue, mode de transport principal utilisé, etc. ainsi que des informations sur leurs caractéristiques socio-économiques (voir les travaux de Verhetsel et al. (2009) et Halleux et al. (2007) pour une analyse détaillée de ces données). Des facteurs de consommations ont été calculés pour chaque mode de transport (voiture diesel, voiture essence, bus, train, vélo, marche à pied) sur base de moyennes de consommation et de facteurs locaux comme le taux de remplissage et les performances des véhicules (voir Marique et al., 2013a et 2013b) pour les détails du calcul). Ils s'élèvent à 0,56 kWh/p.km pour la voiture diesel, 0,61 kWh/p.km pour la voiture essence, 0,45 kWh/p.km pour le bus, 0,15 kWh/p.km pour le train et 0 pour le vélo et la marche à pied car ces deux modes de transport ne consomment pas directement d'énergie.

Un indice de performance des déplacements (nommé IPE) a été défini. Il exprime, en kWh/trajet.personne, l'efficacité énergétique des déplacements domicile-travail dans une entité territoriale déterminée et se formalise selon l'expression (1), où i représente l'unité territoriale considérée (le secteur statistique, l'ancienne commune ou la commune), m représente le mode de transport, D_{mi} représente l'ensemble des distances parcourues par les travailleurs habitant l'unité i grâce au mode de transport m , f_m représente le facteur de consommation attribué au mode m et T_i représente la population active occupée de l'unité territoriale i considérée.

$$(1) \quad IPE(i) = (\sum_m D_{mi} * f_m) / T_i$$

En complément de l'indice de performance, la distance moyenne parcourue (en kilomètres) et les parts modales ont également été calculées. La consommation annuelle de l'ensemble des habitants d'un quartier pour les déplacements domicile-travail est enfin obtenue selon l'expression (2) où TD_i représente le nombre total de trajets domicile-travail dans l'unité territoriale considérée et prend en compte le temps de travail des individus.

$$(2) \quad \text{Consommation annuelle}(i) = IPE(i) * TD_i$$

L'indice de performance et la consommation annuelle pour les déplacements scolaires sont calculées selon les mêmes expressions, en distinguant trois niveaux de scolarité (maternel et primaire, secondaire, supérieur).

3. Evaluation énergétique des quartiers et scénarios de renouvellement

3.1. Typologie des quartiers périurbains

La première étape de l'évaluation a consisté à identifier les configurations typologiques périurbaines les plus représentatives. Une définition du territoire périurbain wallon adaptée à des études de type morphologique (étude des consommations énergétiques des bâtiments, études d'ensoleillement, etc.) a été développée dans le cadre de la recherche. Cette définition se développe sur base d'une analyse de la littérature et de l'identification de trois critères qui définissent l'étalement urbain : la faible densité (un seuil de 5 à 12 logements par hectare urbanisé a été identifié sur base d'une analyse cartographique), la discontinuité spatiale avec les espaces centraux et la mono-fonctionnalité. Une analyse typologique des quartiers et bâtiments compris dans le territoire ainsi identifié (Figure 1) a ensuite permis de définir 4 types principaux de quartiers périurbains:

- Le quartier de type « ruban » est composé de constructions pavillonnaires qui se sont développées de part et d'autre d'une voirie reliant deux noyaux existants.
- Le quartier de type « semi-mitoyen » est un ensemble de constructions mitoyennes homogènes bâties de façon répétitive. C'est typiquement le genre de structure qu'on retrouve dans les quartiers de logements sociaux. Il témoigne de la volonté des pouvoirs publics, en tant que promoteurs des logements sociaux, d'orienter leurs constructions vers les franges urbaines où les terrains à bâtir étaient moins chers (Van Hecke et Savenberg, 2002).
- Le quartier de type « nappe » est un tissu de constructions individuelles « 4 façades », de type lotissement, construites de façon individuelle par les ménages.
- Le quartier de type « mixte » est un tissu hétérogène, tant au niveau de la forme, de l'époque des constructions que des fonctions. Ce type se développe en général autour d'un noyau ancien, auquel il vient s'adjoindre des développements plus récents.

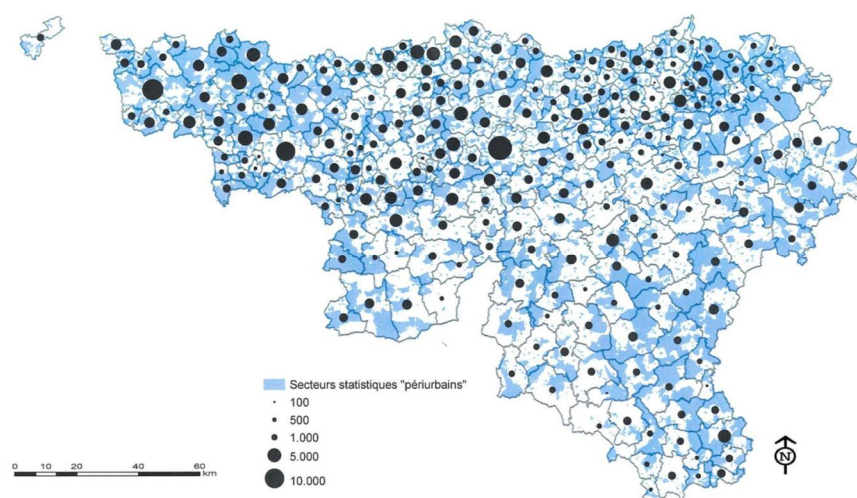


Figure 1 : Identification des quartiers périurbains wallons et quantification du nombre de logements périurbains, par commune.

Des analyses cartographiques ont permis de mettre en évidence que 21% des quartiers considérés comme périurbains en Wallonie relèvent du type « ruban ». Les types « semi-mitoyen », « nappe » et « mixte » représentent respectivement 9%, 20% et 30% des quartiers périurbains wallons. 9% des quartiers relèvent d'une combinaison de deux types et 12% ne peuvent être classés. Cette approche typologique a pour principal intérêt de permettre d'identifier les configurations périurbaines les plus représentatives et de pouvoir généraliser les résultats obtenus sur des cas représentatifs à un vaste territoire.

3.2. Cadastre énergétique et variations paramétriques

Les consommations d'énergie relatives aux bâtiments de 4 quartiers sélectionnés comme représentatifs de chaque type, ont été calculées grâce à la méthode présentée dans la Section 2. De nombreuses variations paramétriques ont ensuite été réalisées sur ces quatre quartiers périurbains représentatifs de façon à déterminer les paramètres les plus influents en termes d'efficacité énergétique du bâti. Les résultats quantitatifs de ces analyses ne sont pas présentés dans cet article qui cible plus précisément l'implication pratique dans le cadre de l'opérationnalisation du « renouvellement périurbain ». Seuls les principaux éléments mis en évidence sont synthétisés ci-dessous. Nous renvoyons le lecteur intéressé par les détails des évaluations et des variations paramétriques aux publications qui présentent ces résultats pour des cas d'études concrets (Marique et Reiter, 2012a et 2012b).

Ces applications et variations paramétriques ont montré l'applicabilité et l'intérêt de la méthode proposée. Les consommations d'énergie pour le chauffage des bâtiments, représentent, dans tous les cas, l'indicateur le plus élevé du bilan énergétique des quartiers. En ce qui concerne les paramètres les plus influents, une différence claire est mise en évidence entre les logements et les quartiers construits avant ou après la première réglementation thermique des bâtiments en Wallonie. Les quartiers construits après la première réglementation consomment 130 kWh/m².an, voire moins, alors que ceux construits avant 1980, en particulier les quartiers composés de maisons de type « 4 façades », peuvent consommer annuellement de 235 à 401 kWh/m². Ces valeurs sont très élevées par rapport aux consommations des nouvelles constructions et notamment en regard des standards « basse énergie » (besoins de chauffage < 60 kWh/m².an) ou « passif » (besoins de chauffage < 15 kWh/m².an). Les quartiers composés de bâtiments mitoyens ou semi-mitoyens consomment de 84 à 319 kWh/m².an selon leur année de construction. Les résultats des analyses en cycle de vie montrent que, dans tous les cas, c'est la phase d'utilisation, qui représente l'impact le plus important, tant en termes de consommations d'énergie que d'émissions de gaz à effet de serre. Selon le type de bâtiment, l'impact de la phase d'utilisation (durée de vie de 80 ans) représente en effet entre 95,6% et 97,9%.

Pour une même époque de construction et une même superficie bâtie, les quartiers composés de bâtiments mitoyens et semi-mitoyens consomment respectivement 23,6% (écart à la moyenne de 2,5) et 13,5 % (écart à la moyenne de 1,11) de moins que les quartiers composés de maisons de type « 4 façades », ce qui met en évidence l'importance de la mitoyenneté dans le bilan énergétique des quartiers. Le

troisième facteur influent est la compacité des formes bâties (rapport entre la surface de l'enveloppe d'un bâtiment et son volume).

Les types de quartiers qui reçoivent le plus d'apports solaires sont ceux composés de maisons « 4 façades » mais on remarque que la valorisation de ces apports n'a été que rarement intégrée lors de la conception des quartiers et des bâtiments. La composition des quartiers et des façades (répartition des surfaces vitrées) est dictée par des impératifs d'ordre fonctionnel (implantation parallèle à la voirie, façade à rue peu vitrée), indépendamment de l'orientation et du potentiel solaire qui pourrait en découler. Dans tous les cas, les obstructions et les masques qui réduisent les apports solaires reçus par les façades et les toitures restent très limités (moins de 3%).

3.3. Scénarios d'intervention dans un quartier existant

Sur base des résultats des variations paramétriques, trois types de scénarios de renouvellement des tissus périurbains ont été investigués sur un quartier existant. Il s'agit d'un quartier de type « nappe » (lotissement) composés de 395 maisons « 4 façades ». 43,5% des bâtiments ont été construits entre 1951 et 1980, 49,1% entre 1981 et 1996 et 7,2% entre 1996 et 2008. La densité nette du quartier s'élève à 7,6 logements par hectare.

3.3.1. La rénovation énergétique

Le Tableau 2 présente les gains énergétiques potentiels, en phase d'utilisation, engendrés par cinq types de scénarios de renouvellement énergétique des bâtiments du quartier. Dans le premier scénario (TOIT), les toitures non isolées du quartier sont isolées avec 16 cm de laine minérale. Dans le second scénario, on considère que les toitures sont isolées et le vitrage existant remplacé par du double vitrage performant (TOIT2V). Dans les trois scénarios suivants, tous les bâtiments du quartier sont rénovés pour atteindre les standards PEB, basse énergie (BE) et passif (PA).

Tableau 2 : Gains énergétiques potentiels de cinq scénarios de rénovation énergétique dans un quartier existant.

	TOIT	TOIT2V	PEB	BE	PA
Gain potentiel	-7,3%	-14,8%	-45,2%	-59,2%	-89,8%

Ces résultats confirment l'importance des stratégies de rénovation énergétique et leur haut potentiel pour améliorer l'efficacité énergétique des quartiers. Des analyses complémentaires ont été menées sur d'autres quartiers existants et sur des quartiers fictifs représentatifs et ont montré que les tendances générales mises en évidence restent valables, les gains potentiels étant d'autant plus élevés que le quartier est peu ou pas isolé, en l'état actuel. Rappelons que le chauffage représente, en l'état actuel, environ 75% des consommations des logements wallons. On remarquera également qu'atteindre les standards d'isolation les plus exigeants (« basse énergie » et surtout « passif ») nécessite une plus grande quantité de matériaux isolants

dans les quartiers composés de bâtiments individuels de type « 4 façades ». Sur la totalité du cycle de vie du bâtiment, et en termes purement énergétiques, isoler à des standards élevés reste toutefois une stratégie très efficace. Les notions de mitoyenneté et de compacité sont donc une nouvelle fois déterminantes, ici pour limiter la quantité de matériaux à produire et à mettre en oeuvre.

3.3.2. La densification par du logement individuel

Le second type de scénarios investigué concerne la densification du quartier existant par du logement de même gabarit. L'impact énergétique de quatre scénarios est investigué. Le premier scénario (SC1, Figure 2) consiste simplement à remplir les parcelles inoccupées du quartier. Ce premier scénario reste acquis dans les suivants. Le deuxième scénario (SC2) consiste à densifier le quartier par la construction de nouvelles habitations de même typologie (« 4 façades ») et de même gabarit en fond des parcelles existantes. Les scénarios 3 (SC3) et 4 (SC4) proposent une densification en front discontinu et en front continu, par des constructions intercalaires entre les maisons existantes. Les nouvelles constructions respectent la réglementation PEB en vigueur. Les bâtiments existants conservent leur niveau d'isolation. Dans le scénario SC4, les fenêtres localisées sur les pignons des maisons existantes sont reportées sur les façades principales et les toitures pour garder les mêmes superficies vitrées. La superficie des nouvelles constructions est de 120 à 180 m². Les espaces verts collectifs du quartier n'ont pas été urbanisés.

Le Tableau 3 présente, pour chacun des scénarios de densification proposés, les gains énergétiques à l'échelle du quartier et les pertes d'ensoleillement en façade et sur les toitures. En complément, les gains de terrain vierge et de réseau potentiellement économisés sont évalués. Cette évaluation est réalisée dans l'hypothèse où les bâtiments implantés pour densifier le quartier existant permettent d'éviter la construction d'un nouveau quartier périurbain peu dense (taille moyenne d'une parcelle = 900m²) en continuité du quartier existant.

Des gains énergétiques potentiels significatifs peuvent être obtenus dans les deuxième et troisième scénarios de densification proposés où les besoins en chauffage du quartier sont réduits de 17,4% et 12,9% respectivement. Ces gains proviennent de la construction de nouveaux logements bien isolés (standard PEB 2012) même si les nouveaux bâtiments restent de type « 4 façades ». Les scénarios de densification proposés permettent de limiter les pertes d'ensoleillement sur les façades des bâtiments existants. L'ensoleillement reçu par les toitures n'est pas impacté car la densification est réalisée par des gabarits similaires aux gabarits existants et implantés à une distance suffisante les uns des autres.

Le scénario 4 combine les effets positifs de la densification par des logements bien isolés et ceux d'une plus grande mitoyenneté. Si la mitoyenneté permet de diminuer les besoins en chauffage, elle permet aussi, et surtout, des économies de matières (et donc aussi de coûts) non négligeables car les exigences en termes d'isolation de parois peuvent être obtenues avec moins d'isolant.

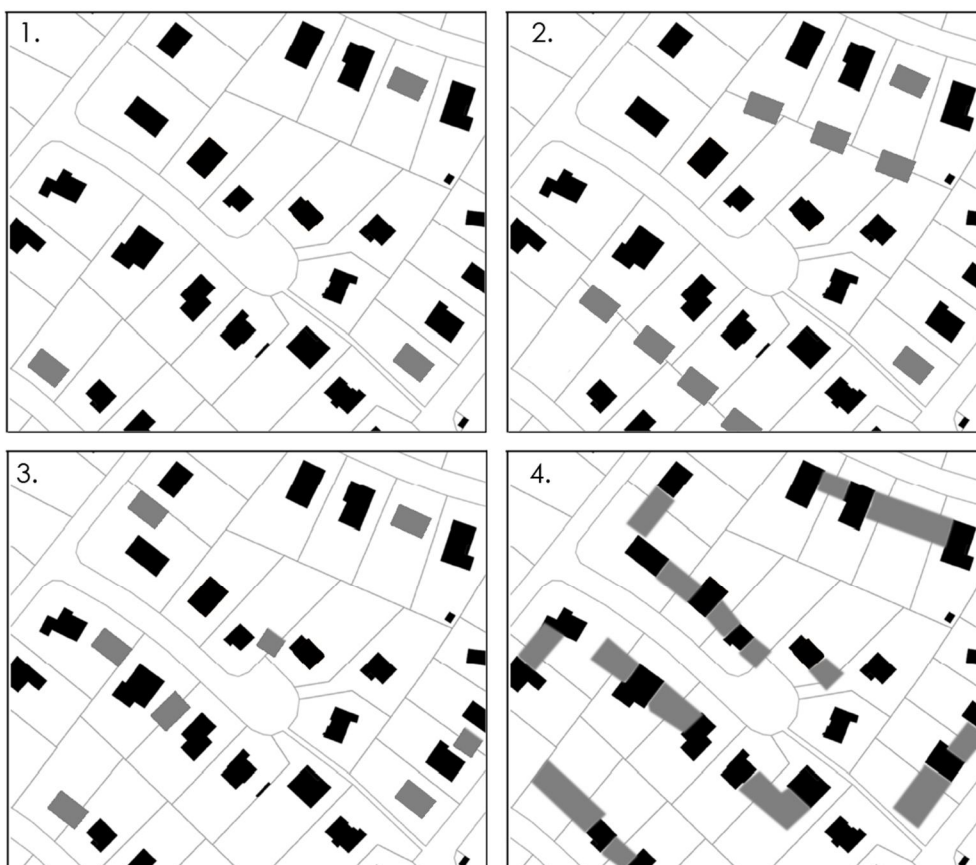


Figure 2 : Quatre scénarios de densification (zoom sur une partie du quartier) : 1. Remplissage des dents creuses (SC1), 2. Densification en fond de parcelles (SC2), 3. Densification en front discontinu (SC3) et 4. Densification en front continu (SC4).

Tableau 3 : Réduction potentielle des besoins de chauffage, pour 4 scénarios de densification (SC1 = remplissage des dents creuses, SC2 = construction en fond de parcelles, SC3 = densification en front discontinu, SC4 = densification en front continu), apports solaires moyens sur les toitures et les façades et gains potentiels en termes de superficie de terrains et de longueur de réseaux économisés.

	ACTUEL	SC1	SC2	SC3	SC4
Besoins de chauffage, kWh/m ² .an	146,9	139,4	121,3	128,0	102,2
Réduction / actuel, %	-	- 5,2%	- 17,4%	-12,9%	- 30,4%
Apports solaires sur les toitures, kWh/m ² .an	1005	1005	1005	1005	1005
Apports solaires sur les façades, kWh/m ² .an	398,6	398,6	398,2	394,6	382,6
Réduction / actuel, %	-	-	- 0,1%	- 1,0%	- 4,0%
Densité, logements par hectare	7,6	8,0	9,6	9,3	12,6
Gains de terrain, hectare	-	2,07	9,27	8,10	23,4
Gains en réseau, mètres		184	824	720	2080

L'intérêt de l'approche développée est de montrer que densifier les quartiers existants permet non seulement d'engendrer des gains énergétiques significatifs, en particulier si la mitoyenneté est associée à la compacité et à la densité, mais aussi de mettre en évidence le potentiel de terrains vierges et de réseaux économisés par une telle approche.

La densification des quartiers existants n'est pas pour autant recommandée partout. Les développements de la Section 4 visent à mettre en évidence l'importance de critères de localisation (distance à un noyau existant bien équipé, desserte en transport en commun, potentiel pour les modes doux, etc.) et leur impact important sur les consommations d'énergie pour les déplacements des personnes. Remarquons aussi que même si la densité du quartier augmente (de 7,6 à 12,6 logements par hectare), elle reste trop faible que pour envisager l'organisation d'un système de chauffage collectif ou l'amélioration de la desserte en transports en commun.

3.3.3 La démolition / reconstruction

Le dernier type de scénarios de renouvellement des quartiers périurbains qui pourrait être investigué concerne, de façon plus théorique, la démolition de quartiers existants et leur reconstruction. Les développements précédents ont mis en évidence que plusieurs leviers sont disponibles pour améliorer les performances énergétiques des quartiers, en ce qui concerne les besoins de chauffage des bâtiments : l'isolation, la mitoyenneté, la compacité et dans une moindre mesure l'orientation des bâtiments.

Deux scénarios de reconstruction du quartier traité ont été formalisés et évalués, en gardant constante la surface de plancher du quartier existant. Le premier scénario propose une reconstruction de 15 barres de logements (12m x 60 m) de gabarit R+3 implantés selon une orientation nord-sud. Le second scénario propose une reconstruction de 10 îlots de maisons individuelles mitoyennes de gabarit R+1. Les nouvelles constructions respectent les exigences PEB en vigueur en 2012. Ces deux types de scénarios permettent de réduire de façon considérable les besoins de chauffage du quartier, par comparaison avec la situation initiale (Tableau 4). Des gains supplémentaires sont également mis en évidence, par rapport à la rénovation énergétique de l'ensemble des bâtiments du quartier existant au standard PEB 2012.

Tableau 4 : Besoins de chauffage (kWh/m².an) du quartier en l'état actuel (« 4 façades »), dans l'optique d'une rénovation des bâtiments existants au standard PEB et pour deux scénarios de reconstruction (en « barres » et en « îlots »).

	Etat actuel	Rénovation PEB 2012	Reconstruction en « barres »	Reconstruction en « îlots »
Besoins de chauffage	147 kWh/m ² .an	98 kWh/m ² .an	53 kWh/m ² .an	57 kWh/m ² .an

Outre ces gains énergétiques, la reconstruction du quartier sous des formes plus compactes permet de réduire l'emprise au sol dédiée à des occupations privatives. Le solde de terrain pourrait alors être valorisé pour poursuivre la reconstruction d'un quartier plus dense et / ou développer des espaces publics collectifs, des équipements publics, des services, etc. et ainsi augmenter également la mixité fonctionnelle à l'échelle du quartier. Remarquons une fois de plus que ces considérations restent théoriques et que l'intervention dans des quartiers existants doit faire l'objet d'analyses poussées de façon à identifier les potentialités du site, les besoins précis en logements à l'échelle de la commune, les types de logements et d'accession à favoriser en lien notamment avec les mutations socio-démographiques (diminution de la taille des ménages, etc.), la nécessité de développer d'autres fonctions que du logement, etc. La localisation, en particulier, doit être étudiée, considérant que densifier ou démolir / reconstruire n'est souhaitable que dans les quartiers les mieux localisés, c'est-à-dire ceux qui offrent le plus de potentiel pour réduire les distances parcourues et la dépendance à la voiture. La diversité architecturale et la qualité urbanistique des espaces bâtis et non bâtis sont également indissociables de la conception d'un nouveau quartier ou de l'intervention dans un quartier existant.

L'analyse brute des résultats des analyses en cycle de vie des bâtiments peut rapidement mener à la conclusion que la démolition des quartiers existants, suivie de leur reconstruction est la solution la plus efficace, en termes purement énergétiques, puisque la phase d'utilisation est, de loin, la plus consommatrice. Comme nous venons de le montrer, ces gains énergétiques sont encore plus importants en phase d'utilisation si, en complément d'un bon niveau d'isolation, la reconstruction des quartiers promeut des formes urbaines plus compactes. Cette relation causale reste toutefois fort simplifiée et il semble nécessaire de repositionner la question de la démolition / reconstruction des quartiers dans un cadre plus large incluant différents aspects (impact des chantiers, déménagement des habitants pendant le chantier, « gentrification », etc.). La démolition à grande échelle reste ainsi difficilement envisageable. Au contraire, la densification des quartiers existants est une piste de renouvellement pertinente. Les quartiers périurbains, même densifiés, bénéficient en particulier de deux atouts qui devraient être exploités : l'isolation des parois des bâtiments existants peut être réalisée de façon relative simple (par remplissage de la coulisse ou par l'extérieur pour les murs, par exemple) et le potentiel solaire est important car les masques et obstructions restent très limités.

4. Structure du territoire et consommations d'énergie pour les déplacements : où intervenir ?

La Section 3 a montré l'intérêt de différentes stratégies de renouvellement périurbain appliquées au bâti, à l'échelle des quartiers. Ces scénarios ne peuvent toutefois pas être recommandés, indépendamment de la localisation des quartiers et en particulier de l'impact de cette localisation en termes de génération de mobilité (distance parcourues, mode de transport, etc.). A cet effet, les indices de performance des déplacements domicile-travail et des déplacements scolaires, présentés dans la Section 2, ont été généralisés et cartographiés sur l'ensemble du territoire wallon de façon à identifier les liens entre structure du territoire (définie comme la conjonction de trois éléments : (1) la localisation des services, emplois, commerces, etc., (2) la distribution spatiale de la population selon son lieu de résidence et (3) les infrastructures) et consommations d'énergie pour ces deux types de déplacements.

La Figure 3 présente l'indice de performance des déplacements domicile-travail, cartographié pour la Wallonie, à l'échelle de l'ancienne commune. Les deux agglomérations principales de la Wallonie, Liège et Charleroi, présentent les indices de performance pour les déplacements domicile-travail les plus faibles. Les autres agglomérations densément peuplées, situées le long de l'ancien bassin industriel se distinguent également par des indices de performance relativement faibles. Certaines communes frontalières de l'est (proximité de l'Allemagne) ou du nord-ouest (proximité de la Flandre) présentent également un indice de performance assez faible pour les déplacements domicile-travail mais des effets « frontières », liés à la barrière de la langue, pourraient intervenir.

Les communes qui présentent les indices de performance les plus élevés sont localisées dans la périphérie sud-est de Bruxelles, qu'elles soient situées dans les provinces de Brabant wallon, de Liège ou de Namur, et dans le sud-Luxembourg, à proximité du Grand-Duché du Luxembourg, à l'exception d'Arlon. Ce sont en général des communes à caractère résidentiel qui entretiennent des liens forts respectivement avec l'aire métropolitaine de Bruxelles et celle de Luxembourg-Ville en raison de la forte concentration d'emplois qui caractérisent ces deux régions. Les prix fonciers et immobiliers de Bruxelles et Luxembourg sont toutefois élevés et forcent souvent les travailleurs à s'installer dans des communes moins chères, et donc plus éloignées, ce qui se traduit par une augmentation des distances parcourues pour les déplacements domicile-travail et par une augmentation de l'indice de performance. De plus, ces zones résidentielles peu denses sont souvent mal desservies en transport en commun, ce qui se traduit par une augmentation des parts modales de la voiture.

En dehors des agglomérations principales, des noyaux secondaires se distinguent également par un faible indice de performance pour les déplacements domicile-travail. Il s'agit notamment d'un ensemble de petites villes situées dans le sud de la Wallonie (par exemple, Chimay, Marche, Spa, Arlon). On peut également observer ce phénomène autour de Nivelles, dans le Brabant wallon. Ces noyaux secondaires

suffisamment denses sont situés hors de la zone d'influence des agglomérations principales et permettent aux habitants de trouver de l'emploi localement.

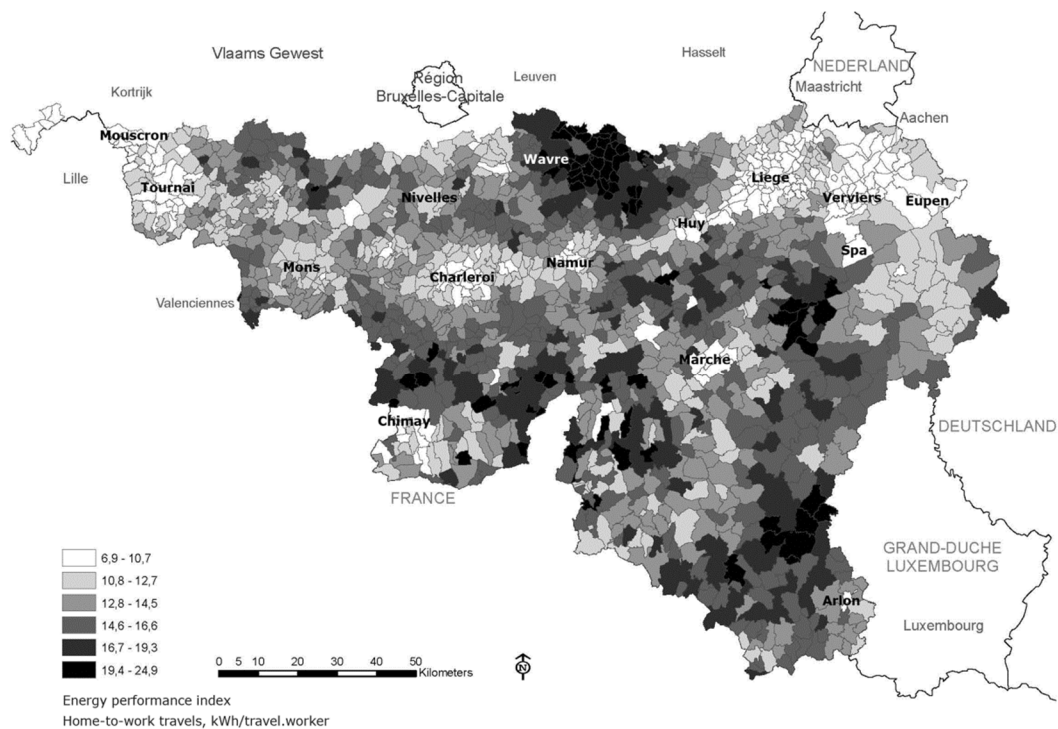


Figure 3 : Indice de performance des déplacements domicile-travail, à l'échelle de l'ancienne commune, données ESE 2001.

Deux phénomènes distincts peuvent ainsi être mis en évidence : la « concentration des emplois » dans les agglomérations wallonnes et les métropoles voisines ainsi que la « recomposition territoriale » autour de pôles secondaires dans des zones situées hors de l'influence des agglomérations. La « concentration des emplois » dans les métropoles et grandes villes (Bruxelles et Luxembourg en particulier) combinée aux prix immobiliers et fonciers élevés dans leur voisinage immédiat engendre des distances à parcourir élevées dans les zones résidentielles situées autour de ces pôles principaux. L'aire d'influence de ces pôles peut atteindre 40 à 50 kilomètres. Dans le cas de la « recomposition territoriale », la périurbanisation des ménages s'est accompagnée d'une reconcentration locale d'emplois, récemment ou plus anciennement. Ce phénomène permet à la population de trouver de l'emploi localement et donc de réduire les distances entre le domicile et le lieu de travail et l'indice de performance relatif aux déplacements domicile-travail. Si la « concentration d'emplois » dans les pôles principaux a engendré une déconnexion importante entre le lieu de résidence et le lieu de travail, et donc une dépendance accrue à la voiture individuelle, la « recomposition territoriale » tend, quant à elle, à structurer de nouveaux territoires de proximité.

La distance parcourue entre l'origine et la destination, et donc la mixité des quartiers qui favorise des distances plus réduites entre les activités, est le paramètre qui impacte le plus les consommations d'énergie relatives aux déplacements domicile-

travail. Au contraire, le mode de transport utilisé n'a qu'une influence relativement faible compte tenu de la relation qui existe entre distance parcourue et mode de transport pour les déplacements domicile-travail.

L'influence de caractéristiques locales (variables indépendantes, X_i) a ensuite été investiguée pour expliquer la variation de l'indice de performance des déplacements domicile-travail (variable dépendante, Y). Les variables indépendantes relatives à la structure du territoire ont été identifiées sur base des résultats précédents et des observations qualitatives dressées lors de l'analyse des cartes de répartition de l'indice de performance des déplacements domicile-travail. Les variables relatives à la structure du territoire sélectionnées sont (Modèle 1) :

- La densité nette de population.
- La mixité fonctionnelle.
- L'accessibilité à l'emploi (10 kilomètres).

Les variables utilisées ont été soumises à une transformation logarithmique à cause de la déviation observée par rapport à une distribution normale. Le Tableau 5 (Modèle 1) présente les résultats des régressions linéaires multiples. Les variables sélectionnées expliquent 40% de la variation de l'indice de performance des déplacements domicile-travail. La concentration d'emplois dans un rayon de 10 kilomètres autour du lieu de résidence, en particulier, est une variable explicative forte. La mixité fonctionnelle a un pouvoir explicatif plus important que la densité. Ces résultats confirment et valident les observations plus qualitatives réalisées lors de l'observation des cartes de distribution spatiale de l'indice de performance des déplacements domicile-travail. La part modale de la voiture (Modèle 2) et des variables de type socio-économique (Modèle 3) ont ensuite été ajoutées au modèle. Le coefficient de détermination R^2 n'est que légèrement augmenté et c'est toujours le nombre d'emplois localisés à moins de 10 kilomètres du lieu de résidence qui a le pouvoir explicatif le plus fort.

Tableau 5 : Résultats des analyses de régressions linéaires multiples.

	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3
R^2	0,401*	0,431*	0,457*
(Constante)	1,471*	1,123*	0,884*
Densité	-0,099*	-0,074*	-0,056*
Mixité	-0,296*	-0,202*	-0,173*
Emploi 10km	-0,379*	-0,385*	-0,421*
Part modale auto		0,204*	0,201*
Niveau d'éducation			0,168*

* $p < 0, 05$

Les variables de type socio-économique (niveau d'éducation, revenu moyen et nombre de voitures par ménage) considérées comme seules variables indépendantes n'expliquent que 22,9% de la variance de l'indice de performance des déplacements domicile-travail.

La part de la variance de l'indice de performance des déplacements domicile-travail non couverte par les modèles proposés peut s'expliquer par deux éléments : (1) les variables utilisées peuvent ne pas être suffisamment précises et ne pas intégrer toute la complexité de la réalité et (2) des facteurs liés aux comportements humains et aux arbitrages que réalisent les ménages au cas par cas interviennent et ne sont pas considérés dans les modèles proposés.

Le même type d'analyse a été mené pour les déplacements scolaires. D'une façon générale, les déplacements scolaires sont nettement moins consommateurs que les déplacements domicile-travail grâce à des distances parcourues plus faibles et à un meilleur recours aux modes actifs (marche à pied et vélo) et aux transports en commun (le bus pour le secondaire et le train pour le supérieur). Il apparaît que les consommations d'énergie pour ces types de déplacements doivent être étudiées séparément selon le niveau de scolarité considéré (maternel et primaire, secondaire ou supérieur) car chacun présente des spécificités propres en termes de comportements de mobilité (distance, mode de transport, etc.). La concentration des établissements d'enseignement supérieur dans quelques pôles spécifiques (en particulier Louvain-La-Neuve, Liège et Mons) entraîne des consommations d'énergie accrues pour les déplacements à cause des distances parcourues plus importantes. La forte décentralisation des établissements maternels et primaires sur l'ensemble du territoire mène à des consommations d'énergie très faibles sur l'ensemble du territoire et autorise un recours accru à la marche à pied et au vélo. La localisation préférentielle des écoles secondaires dans les communes densément peuplées de l'ancien sillon industriel et dans certains noyaux secondaires mènent à des observations similaires à celles dressées pour les déplacements domicile-travail en ce qui concerne la répartition spatiale de l'indice de performance. Si les parts modales de la marche à pied, du vélo et des transports en commun sont plus élevées que pour les déplacements domicile-travail, l'usage de la voiture individuelle reste largement prédominant, même pour les déplacements de courte distance.

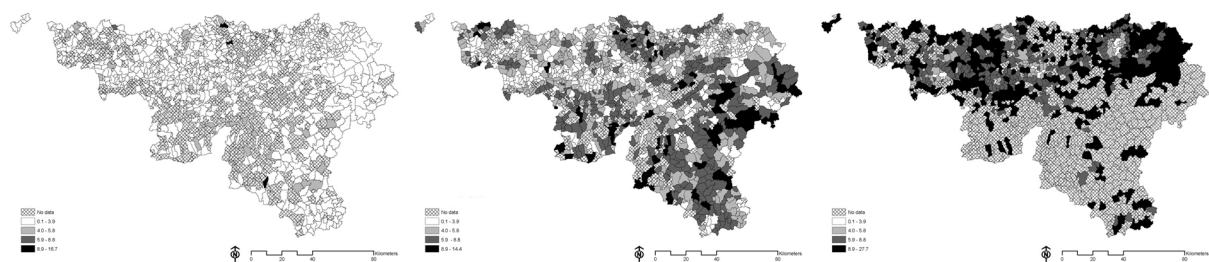


Figure 4 : Indice de performance des déplacements scolaires, à l'échelle de l'ancienne commune, données ESE 2001 pour l'enseignement maternel et primaire (à gauche), secondaire (au centre) et supérieur (à droite).

Des analyses de régression linéaire multiple ont été menées pour identifier les facteurs explicatifs les plus influents. Les variables sélectionnées (Tableau 6) ont un effet significatif sur la variation de l'indice de performance des déplacements scolaires pour le secondaire et le supérieur. Dans le cas du secondaire, c'est la part

modale des modes doux (marche à pied et vélo) qui a le pouvoir explicatif le plus important. Les écoles secondaires sont en effet relativement bien réparties sur le territoire et l'offre est homogène, ce qui limite les distances à parcourir et favorise le recours aux modes actifs, les étudiants du secondaire disposant de suffisamment d'autonomie par rapport à ceux du primaire. Dans le cas de l'enseignement supérieur, la plus grande part de la variabilité de l'indice de performance des déplacements scolaires est expliquée par la densité de population, ce type d'établissement étant préférentiellement localisé dans des centres urbains.

Tableau 6 : Résultats des régressions linéaires multiples pour les trois niveaux de scolarité.

	Maternel et primaire	Secondaire	Supérieur
	R ² = 0,268*	R ² = 0,635*	R ² = 0,519*
	β	β	β
Constante	1,264*	1,500*	-0,534*
Densité de population (ln)	-0,152*	-0,347*	-0,668*
Parts des modes doux (ln)	-0,498*	-0,500*	-0,412*
Accessibilité scolaire (ln)	-0,008	-0,229*	-0,160*
Revenus (ln)	-0,074	-0,074	0,130*

* $p < 0,05$

Le modèle développé ne permet pas d'expliquer la variation de l'indice de performance des déplacements scolaires pour le maternel et le primaire (R² = 0,268). Le facteur relatif à l'accessibilité scolaire, en particulier, est très faible ce qui pourrait signifier que le rayon de cinq kilomètres autour du lieu de résidence n'est pas approprié dans le cas des déplacements scolaires vers des écoles maternelles et primaires. Toutefois, les données utilisées ne permettent pas de descendre sous ce seuil de cinq kilomètres. Les comportements de mobilité pour les déplacements scolaires vers les écoles maternelles et primaires dépendent ainsi certainement plus de considérations d'ordre socio-économique et d'arbitrages ou de choix personnels des ménages que de variables relatives à la structure du territoire.

En termes d'évolution (Figure 5), on remarque une augmentation généralisée et significative des consommations d'énergie, tant pour les déplacements domicile-travail que pour les déplacements scolaires, entre les deux années de référence traitées (1991 et 2001), en particulier dans le sud de la province de Luxembourg. L'indice de performance n'augmente que légèrement, voire diminue localement, dans les nouveaux territoires de proximité dont il était question précédemment.

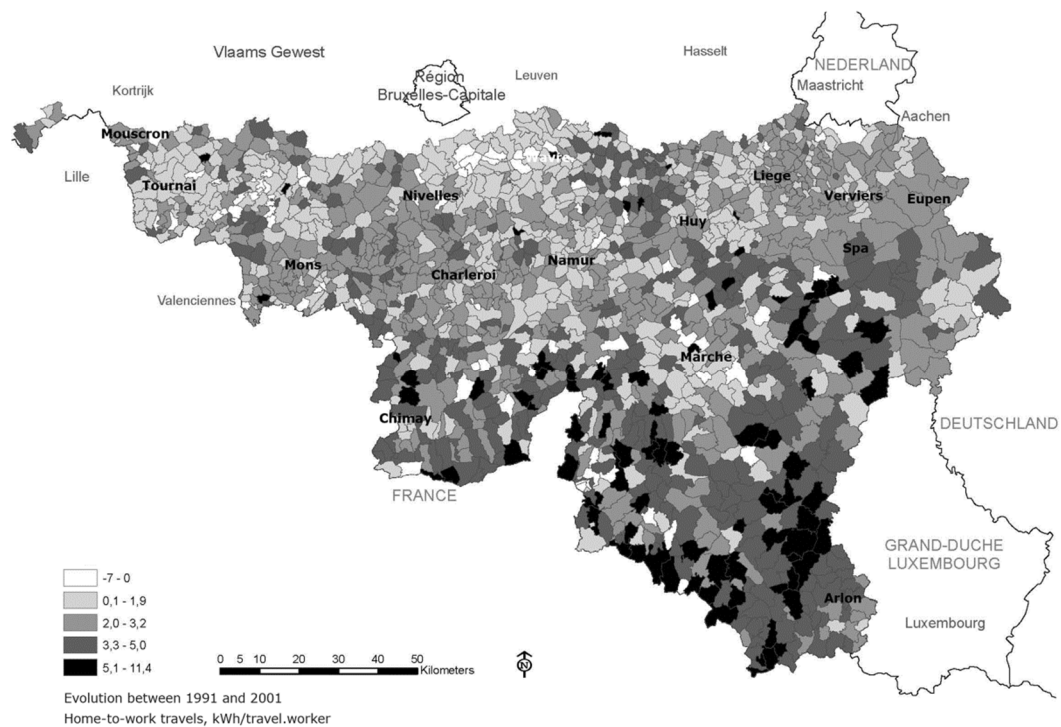


Figure 5 : Evolution de l'indice de performance des déplacements domicile-travail entre 1991 et 2001.

5. Discussions : reproductibilité et vulgarisation

5.1. Reproductibilité et limitations

Cet article a montré l'intérêt d'aborder conjointement les consommations d'énergie relatives aux bâtiments et aux déplacements des personnes, à l'échelle du quartier, ainsi que l'importance de la localisation des activités sur le territoire. Une attention particulière a été portée à la reproductibilité de la méthode développée. Si les résultats proposés ne peuvent être généralisés, en l'état, à d'autres territoires compte tenu des nombreuses caractéristiques spécifiques de l'étalement urbain en Wallonie, la méthode d'évaluation développée et ses composants sont aisément reproductibles à d'autres quartiers périurbains ou à d'autres types de quartiers, par l'adaptation des paramètres locaux tels que le climat pour la partie relative aux besoins de chauffage des quartiers ou la consommation des véhicules et le taux de remplissage des transports en commun pour la partie relative aux déplacements.

La reproductibilité des développements proposés aux quartiers urbains et ruraux wallons fait actuellement l'objet du projet de recherches SOLEN (Solutions for Low Energy Neighbourhoods) financé dans le cadre du programme mobilisateur ERable de la Wallonie. Il s'agit concrètement d'affiner l'instrumentation présentée dans cet article et d'adapter certains paramètres à l'étude des quartiers urbains et des quartiers ruraux. La classification typologique des bâtiments et la base de données comprenant les résultats des simulations thermiques dynamiques des bâtiments seront, à cet effet, complétées et enrichies. Il est également souhaitable, à terme, de compléter ces deux outils par des données relatives aux bâtiments non-résidentiels, qu'il s'agisse de bâtiments de bureaux, d'écoles ou autres.

Si les questions abordées dans cet article sont importantes à l'échelle de la Wallonie, elles devraient également être étudiées dans un cadre plus large puisque l'étalement urbain tend aujourd'hui à se généraliser à de nombreux pays d'Europe de l'est (Pologne) et du sud (Espagne et Italie) ainsi qu'aux pays émergents, Chine et Inde en tête. Il serait ainsi intéressant d'effectuer des comparaisons avec des territoires similaires (France) et totalement différents (Chine) pour tester la stabilité des résultats proposés, notamment en ce qui concerne la hiérarchisation des paramètres explicatifs.

Enfin, comme tout travail scientifique, notre recherche connaît assurément un certain nombre de limites. Les résultats proposés doivent ainsi toujours être étudiés en lien avec les hypothèses qui ont été posées pour circonscrire l'objet de la recherche dans des bornes bien identifiées. La recherche a participé à produire une meilleure connaissance des liens entre structure du territoire périurbain et consommations d'énergie pour le chauffage des quartiers et le déplacement des personnes (déplacements domicile-travail et déplacements scolaires). Elle ouvre la voie à des approfondissements qui permettront d'en élargir les limites. Nous pensons en particulier à l'étude des chaînes de déplacements, qui deviennent de plus en plus complexes et à la prise en compte d'autres motifs de déplacements que le travail et l'école. L'impact du comportement des occupants constitue également une piste intéressante.

5.2. Vulgarisation scientifique

La valorisation des résultats d'une recherche scientifique de trois ans et la vulgarisation de ses résultats vers tous les acteurs du territoire, y compris les citoyens, nous paraît indispensable pour favoriser une transition des territoires périurbains vers un modèle plus économe en énergie et en ressources. La sensibilisation et l'information des citoyens en matière énergétique font partie intégrante d'une démarche de développement durable. La méthode développée a ainsi été mobilisée pour produire un outil interactif d'évaluation énergétique des quartiers périurbains qui prend en compte à la fois les besoins en chauffage des bâtiments, à l'échelle du quartier, et les déplacements des habitants. Cet outil, réalisé en collaboration avec l'équipe de recherches Architecture et climat de l'Université catholique de Louvain en ce qui concerne la base de données « bâtiments », est disponible en ligne (www.safe-energie.be). Cet outil doit permettre à différentes catégories d'utilisateurs d'évaluer les consommations énergétiques de leurs logements et déplacements, à les comparer et à identifier, sur cette base, les actions les plus efficaces à mener pour en améliorer l'efficacité énergétique. Dix-huit fiches pratiques qui traitent de l'étalement urbain, de l'efficacité énergétique des bâtiments et des quartiers périurbains et de la mobilité durable complètent cet outil. L'interface graphique et la convivialité de l'outil ont particulièrement été étudiées pour permettre son utilisation par un grand nombre de personnes.

6. Conclusions : Le renouvellement périurbain, un concept à opérationnaliser

Les développements théoriques et les principaux résultats synthétisés dans cet article participent à une meilleure connaissance des quartiers périurbains wallons, appréhendés sous l'angle des consommations d'énergie des bâtiments et des déplacements ainsi que des liens entre structure du territoire et énergie. Sur cette base, diverses pistes d'actions plus pragmatiques peuvent être esquissées en vue de favoriser l'opérationnalisation d'un « renouvellement périurbain » moins énergivore. Il convient de garder à l'esprit deux contraintes fortes majeures : la grande inertie du stock bâti existant, particulièrement en ce qui concerne les possibilités de mutation des quartiers les plus mal localisés, et la difficulté d'évolution des cadres réglementaires et juridiques existants. Dans la même veine, le succès du modèle périurbain peu dense renvoie également à l'inadéquation entre le cadre urbain existant et les attentes d'une partie de la population. Prôner la ville dense comme seule et unique solution d'évolution de nos territoires n'est ni réalisable ni souhaitable, si on part du principe que tout citoyen a la liberté de choisir son cadre de vie. Nous pensons donc, en dehors de toute idéologie intellectuelle, que le renouvellement périurbain ne peut être rencontré que si les attentes des habitants qui ont choisi ce modèle d'habitat, l'attachement des ménages à la maison individuelle et la valeur accordée à l'accession à la propriété sont pris en considération. En d'autres termes, il convient de trouver un point d'équilibre entre la volonté individuelle de bénéficier d'un environnement peu dense, l'intérêt collectif qui impose de minimiser notre impact environnemental, tant en termes de consommations d'énergie que de ressources, et les coûts économiques et sociaux à charge de la collectivité.

Les développements présentés dans cet article ont mis en évidence l'intérêt, en termes énergétiques, de différents scénarios de renouvellement des quartiers et l'importance de la localisation, et en particulier en ce qui concerne la génération de mobilité qu'elle induit.

En termes opérationnels, contraindre les nouveaux développements (un des objectifs définis dans le cadre de l'actualisation du SDER concerne la nécessité de produire quelques 350.000 logements à l'horizon 2040, dont 280.000 seront localisés dans des « territoires centraux ») dans les zones déjà urbanisées et bien localisées (faible indice de performance des déplacements et/ou fort potentiel d'évolution notamment par le développement d'un transport public structurant ou la présence d'un ensemble suffisant d'équipements et services à proximité) semble primordial. La densification des quartiers périurbains par comblement des dents creuses, construction en fond de parcelles, en intérieur d'îlot ou à front de voiries offre un potentiel important d'évolution de nos territoires. Le gisement foncier potentiellement mobilisable dans les quartiers existants est considérable et on peut raisonnablement envisager que revenir, par ce biais, à des parcelles individuelles de 500 à 600m² (soit environ 50% de la moyenne actuelle) devrait permettre de rencontrer les objectifs précédemment établis. Le « périurbain » conserverait ainsi ses « atouts » (faible densité, environnement vert, etc.) mais son impact énergétique serait minimisé.

Deux voies pourraient être envisagées dans ce sens : la « filière individuelle » et la « filière publique ». La « filière individuelle » consiste à laisser aux propriétaires la liberté de diviser leur parcelle et/ou leur habitation pour y développer un ou des nouveaux logements. C'est la filière investiguée, en Ile-de-France, dans le cadre du projet BIMBY (Built in My Back Yard). Cette filière impose une adaptation du cadre réglementaire existant de façon à favoriser ces opérations ponctuelles, à les coordonner au sein d'un même quartier et à s'assurer de l'adéquation des nouvelles formes produites en termes d'isolation, de compacité et de mitoyenneté. Favoriser ce mode d'action impose également de pouvoir le refuser dans les cas où la densification n'est pas souhaitable, notamment si la localisation du quartier impose une dépendance importante à la voiture individuelle. La seconde voie, la « filière publique », impose une attitude plus proactive des pouvoirs publics et une évolution des modes de production du cadre bâti et de ses acteurs. Elle pourrait être mobilisée là où le gisement foncier est important. Nous pensons en particulier aux intérieurs d'îlots de superficie suffisante pour y développer un fragment de quartier homogène. Contrairement à la « filière individuelle », ces terrains à fort potentiel devraient respecter des critères plus stricts en termes de densité et de compacité des formes produites. Le développement de ces zones peut également être favorable aux quartiers périurbains qui les bordent si des services, emplois, commerces et équipements complémentaires à l'offre existante y sont développés. Mener des politiques publiques qui favorisent cette recomposition, spontanée ou orientée, de pôles plurifonctionnels qui, comme nous l'avons montré, permettent de diminuer localement les consommations d'énergie relatives aux déplacements, est une ligne directrice à privilégier, en complémentarité avec des politiques visant la revitalisation des centres-villes. Cela pourrait également participer à repenser l'organisation d'une desserte en transports en commun plus efficace et l'approvisionnement énergétique par des systèmes collectifs.

La rénovation énergétique des logements est également une piste d'action à privilégier, idéalement à l'échelle des quartiers. Relativement facile à implémenter dans les bâtiments périurbains en théorie, l'isolation des parois, pourtant largement médiatisée et encouragée via des primes individuelles, reste toutefois relativement peu pratiquée en pratique, en particulier par les ménages les plus précarisés. Le faible taux de pénétration de ces politiques d'isolation individuelle plaide en la faveur de politiques réfléchies et financées à une échelle plus large, via notamment des initiatives citoyennes de type « achats groupés ».

Enfin, en matière d'aménagement du territoire et de mobilité, favoriser une meilleure mixité fonctionnelle à l'échelle des quartiers de vie est une stratégie à promouvoir pour réduire les distances à parcourir entre les différents lieux que fréquente un ménage (résidence, travail, école, etc.) et encourager un report modal accru vers les modes doux. L'analyse des cartes de consommations énergétiques relatives aux déplacements domicile-travail et aux déplacements scolaires vers les écoles secondaires renvoie ainsi à la notion d'un « territoire polycentrique » caractérisé par un rapprochement des lieux d'origine et de destination des déplacements à l'échelle de bassins de vie. Il serait ainsi plus favorable aux déplacements de courte distance que l'étalement urbain monofonctionnel ou même que le modèle de la ville compacte

dans laquelle restent concentrés les emplois alors que les populations s'en éloignent. Ces résultats mettent en évidence la complexité de la problématique de l'aménagement territorial durable et modèrent la pertinence, voire l'inadéquation, de politiques unilatéralement fondées sur l'idée de la ville compacte.

Une application pratique de ces résultats de recherche pourrait se traduire par les lignes directrices suivantes. A l'échelle régionale, il conviendrait de travailler par bassins de vie et d'organiser les politiques de transport en commun à cette échelle, de promouvoir une concentration décentralisée des établissements d'enseignement supérieur et des lieux d'emplois, notamment dans le sud de la Wallonie. En ce qui concerne les établissements primaires, le maintien du maillage fin actuel pose question. Il permet de maintenir des consommations réduites localement mais alimente aussi la périurbanisation des ménages. Cette déconcentration a aussi un coût public important qu'il convient de prendre en compte. A l'échelle urbaine, un des enjeux majeurs est de favoriser les modes actifs pour les courtes distances via l'aménagement des espaces publics et des cheminements, la sécurité routière et la sécurité des personnes, l'organisation de systèmes de ramassage scolaire, etc. Favoriser la concentration des populations, en particulier les nouveaux ménages, dans des noyaux d'habitats mixtes et localiser les lieux d'emplois et les écoles supérieures à proximité des gares œuvrent aussi à diminuer les déplacements individuels motorisés.

En conclusion, outre l'efficacité énergétique des bâtiments et des quartiers, c'est surtout l'efficacité énergétique de l'urbanisation qui semble primordiale. L'aménagement du territoire doit créer des conditions favorables pour orienter les activités et les investissements au bon endroit et pour favoriser des formes urbaines plus efficaces, notamment en termes de densité et de mitoyenneté, de façon à minimiser leur impact énergétique. Enfin, rappelons que l'urbanisme reste intrinsèquement lié aux caractéristiques propres de chaque projet, de chaque quartier et que les lignes directrices qui peuvent être tirées de notre travail doivent, au cas par cas, faire l'objet d'arbitrages pour les adapter au mieux aux réalités du terrain, en particulier en ce qui concerne l'implantation de nouveaux logements ou de nouvelles fonctions dans les quartiers existants ou la production de nouveaux quartiers.

Remerciements

Cet article présente quelques résultats d'une thèse de doctorat en Sciences de l'Ingénieur (Marique, 2012) réalisée par A.-F. Marique, sous la direction du Prof. S. Reiter (LEMA, Université de Liège). La thèse a été réalisée dans le cadre du projet de recherches SAFE (Suburban Areas Favoring Energy efficiency, Programme Mobilisateur EnergyWall 2009-2012). Les méthodologies et résultats de SAFE sont actuellement étendus aux quartiers urbains et ruraux dans le cadre du projet de recherches SOLEN (Programme Mobilisateur ERable, 2012-2014).

Bibliographie

- Bochet, B., (2007). Débat ville étalée - ville compacte : la réponse des projets lausannois. *Revue économique et sociale* 4: 1-13.
- da Silva, A. N. R., Costa, G. C. F., & Brondino, N. C. M., (2007). Urban sprawl and energy use for transportation in the largest Brazilian cities. *Energy for Sustainable Development* 11(3): 44-50.
- European Environment Agency, (2006). *Urban sprawl in Europe - The ignored challenge*. (Vol. 10, pp. 60), European Environment Agency, Luxembourg.
- Halleux, J.-M, Rixhon, G, Lambotte, J.-M, & Merenne-Schoumaker, B. (2007). Les navettes scolaires en Belgique : situation en 2001 et évolution 1991-2001. *Statistics Belgium Working Paper*, (16).
- Holden, E., & Norland, I. T., (2005). Three challenges for the compact city as a sustainable urban form: household consumption of energy and transport in eight residential areas in the greater oslo. *Urban Studies* 42(12): 2145-2166.
- Jenks, R., & Burgess, P., (2002). *Compact cities: sustainable urban forms for developing countries*, Spon Press, London.
- Maizia, M., Sèze, C., Berge, S., Teller, J., Reiter, S., & Ménard, R., (2009). Energy requirements of characteristic urban blocks. Paper presented at the CISBAT 2009 - Renewables in a changing climate, from nano to urban scale, Lausanne, Switzerland.
- Marique, A.-F. (2012). *Méthodologie d'évaluation énergétique des quartiers périurbains. Perspectives pour le renouvellement périurbain wallon*. Thèse de doctorat en Science de l'Ingénieur non publiée. Université de Liège.
- Marique, A.-F., & Reiter, S., (2012a). A method for evaluating transport energy consumption in suburban areas. *Environmental Impact Assessment Review* 33(1): 1-6.
- Marique, A.-F., & Reiter, S., (2012b). A Method to Evaluate the Energy Consumption of Suburban Neighbourhood. *HVAC&R Research* 18(1-2): 88-99.
- Marique, A.-F., Dujardin, S., Teller, J., & Reiter, S., (2013a). School commuting: the relationship between energy consumption and urban form. *Journal of Transport Geography* 26:1-11.
- Marique, A.-F., Dujardin, S., Teller, J., & Reiter, S., (2013b). Urban sprawl, commuting and travel energy consumption. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers* 166:1-13.
- Newman, P., & Kenworthy, J. (1989). *Cities and automobile dependence: a sourcebook*, Gower, Aldershot and Brookfield, Victoria.
- Newman, P., & Kenworthy, J., (1999). *Sustainability and cities: overcoming automobile dependence*, Island Press, Washington DC.
- Stemmers, K., (2003). Energy and the city: density, buildings and transport. *Energy and Buildings* 35(1): 3-14.
- Van Hecke, E., & Savenberg, S., (2002). Suburbanisation et développement durable. *Espace, populations, sociétés* 2002(1-2) : 25-36.
- Verhetsel, A. (Ed.), Van Hecke, E. (Ed.), Thomas, I. (Ed.), Merenne-Schoumaker, B. (Ed.), Beelen, M., Halleux, J.-M., Lambotte, J.-M., & Rixhon, G. (2009). *Le mouvement pendulaire en Belgique : les déplacements domicile-travail, les déplacements domicile-école*. Enquête Socio-économique 2001. Monographies, n°10. Bruxelles, Belgique: SPF Economie, PME, Classes moyennes et Energie.