

THEME 2B

Structuration du territoire pour répondre aux objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre

SUBVENTION 2009-2010

Octobre 2010

RAPPORT FINAL : SYNTHESE



Pilote : Jacques TELLER, Lepur-ULg

Chercheurs Lepur-ULg :

Sébastien DUJARDIN, France-Laure LABEEUW, Eric MELIN, François PIRART

TABLE DES MATIERES

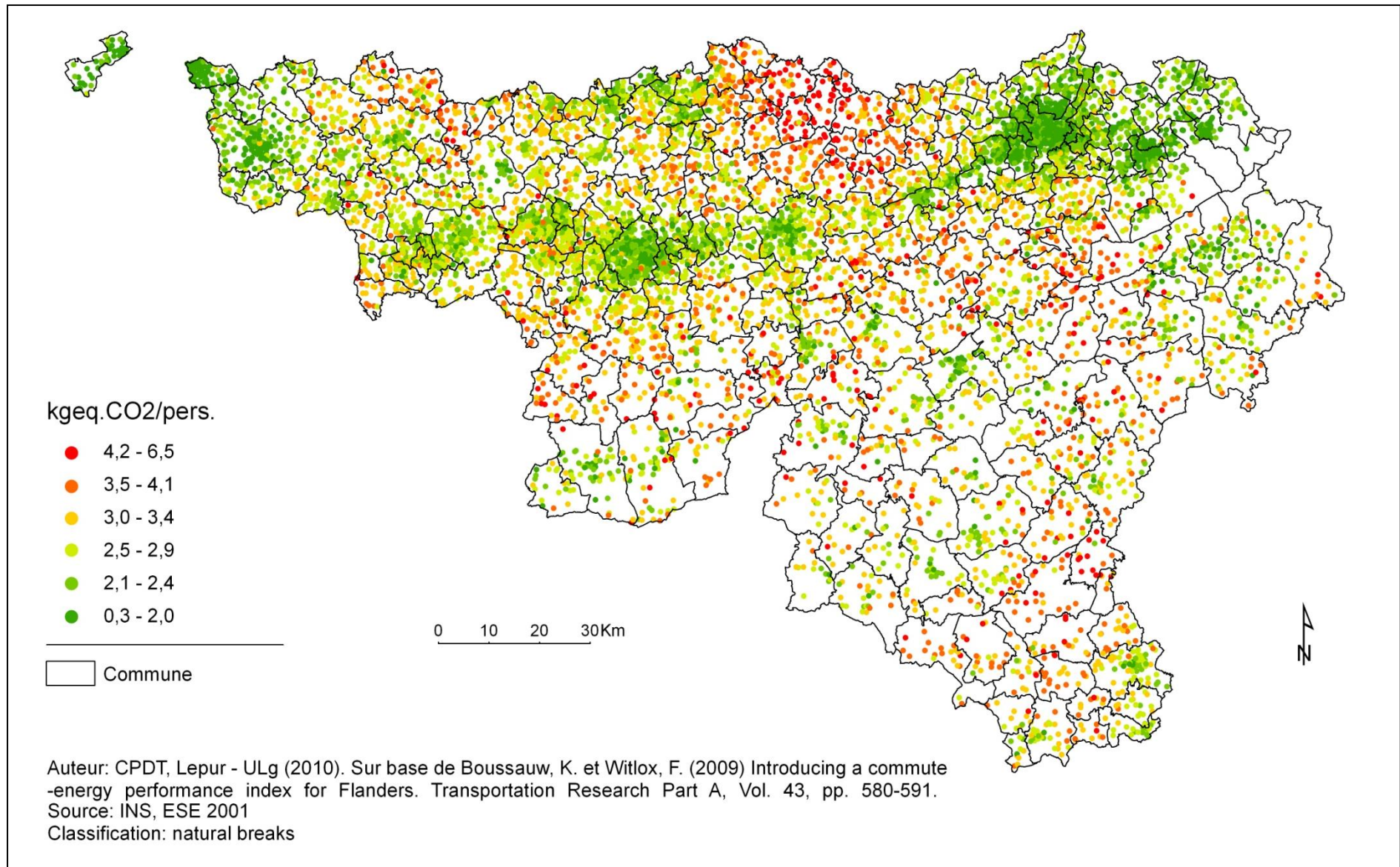
1. EMISSIONS DE CO₂ ET CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES LIÉES AUX DÉPLACEMENTS DOMICILE-TRAVAIL	3
1.1 CADASTRE DES ÉMISSIONS DE GES LIÉES AUX DÉPLACEMENTS DOMICILE-TRAVAIL EN WALLONIE.	3
1.1.1 <i>Evolution de l'indice entre 1991 – 2001</i>	7
1.1.2 <i>En bref.....</i>	10
1.2 VILLE COMPACTE ET GAINS ÉNERGÉTIQUES POTENTIELS : UNE POLITIQUE D'AMÉNAGEMENT RÉALISTE ?	11
1.2.1 <i>Evaluation ex-post des émissions de GES.....</i>	11
1.2.2 <i>En Bref.....</i>	16
2. EMISSIONS DE CO₂ ET CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES LIÉES AUX STOCK BÂTI RESIDENTIEL	17
2.1 MODÉLISATION DU PARC DE LOGEMENTS ET DE BÂTIMENTS.....	17
2.2 CARACTÉRISATION PHYSIQUE ET PERFORMANCE THERMIQUE DU STOCK RÉSIDENTIEL	19
2.2.1 <i>Morphologie des tissus bâtis</i>	21
2.2.2 <i>Performance des enveloppes des bâtiments</i>	22
2.2.3 <i>Système de production.....</i>	23
2.3 CADASTRE DES ÉMISSIONS DE GES ET CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DANS LE STOCK RÉSIDENTIEL.....	24
3. LEVIERS DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE POUR LA REDUCTION DES EMISSIONS DE GES EN WALLONIE	28

1. EMISSIONS DE CO₂ ET CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES LIÉES AUX DÉPLACEMENTS DOMICILE-TRAVAIL

1.1 CADASTRE DES ÉMISSIONS DE GES LIÉES AUX DÉPLACEMENTS DOMICILE-TRAVAIL EN WALLONIE

Quel est l'impact de la structure du territoire wallon sur les comportements de mobilité de ses habitants ? Quels en sont les conséquences en termes de dépenses énergétiques et d'émissions de CO₂ ? Pour appréhender ces questions, nous nous sommes penchés sur les déplacements domicile-travail. Deux raisons majeures sont à l'origine de ce choix. D'une part, le travail représente une activité dite « structurante » dans les emplois du temps des ménages (Hubert et Toint 2002, p169). Bon nombres d'activités tels que les achats, l'accompagnement, les loisirs, etc. ont tendance à s'organiser à partir de ces déplacements. D'autre part, les déplacements domicile-travail sont généralement les plus longs au cours d'une semaine (Hubert et Toint 2002) et donc potentiellement les plus émetteurs de GES. En Wallonie, ces déplacements constituent 38% des distances parcourues un jour ouvrable scolaire et 27,6% un jour moyen (IWEPS 2008).

Afin de dresser un diagnostic sur l'impact environnemental des travailleurs wallons, nous avons cherché à dresser un cadastre des émissions de GES liées à leurs déplacements. Ce dernier a pour but de mettre en évidence les zones dans lesquelles des comportements de mobilité fortement émetteur de GES sont observés, et inversement. Pour ce faire, nous nous sommes basés sur l'indice de performance énergétique des déplacements domicile-travail (*commute-energy performance index*) introduit par K. Boussauw et F. Witlox (2001). Il permet de rendre compte de l'impact énergétique du système de transport, et indirectement son impact environnemental, en relation avec sa structure spatiale (figure 1).

Figure 1. Emissions de GES moyennes des déplacements domicile-travail en Wallonie par secteur statistique (2001)

A l'échelle régionale, on constate de bonnes performances dans les communes les plus peuplées de Wallonie. C'est essentiellement dans le sillon Haine-Sambre-Meuse-Vesdre (de Mouscron à Eupen) que les déplacements domicile-travail sont les moins émetteurs de GES. La commune d'Eupen est la plus performante avec 1,550 kg eq.CO₂/pers. Le total des kilomètres moyens parcourus pour un déplacement ne dépasse pas les 14,1 km contre 24,0 km pour l'ensemble du territoire wallon. Parmi les 20 communes les plus performantes (cfr tableau 1), 7 appartiennent à l'agglomération liégeoise. La commune de Liège détient une part modale pour les transports en commun (bus et train) de 19,7% (contre 68,1% pour la voiture), ce qui est très élevé comparé à la moyenne wallonne (11,3 %). De faibles émissions par actif s'observent également dans les pôles secondaires du sud du sillon (communes de Marche-en-Famenne, Chimay, Arlon, Bastogne) et au sud-ouest de la périphérie bruxelloise (communes de Tubize, Nivelles, Braine-l'Alleud, Wavre). Les communes de Spa et Malmedy constituent des pôles importants du Nord Est de l'Ardenne et sont également performantes et proches de Verviers et de la Communauté Germanophone.

Les communes qui accusent les moins bonnes performances énergétiques sont généralement situées dans les espaces « périphériques » ou « ruraux », souvent moins peuplés, de la Wallonie. Parmi les 20 communes où les déplacements domicile-travail génèrent le plus d'émissions par travailleur, un premier regroupement de 12 communes fortement émettrices de GES s'observe en périphérie sud-est de Bruxelles à la limite entre le Brabant wallon, la province de Liège et celle de Namur. Dans ces communes, un très grand nombre d'habitants font de longues distances en voiture pour aller travailler. A Ramillies, les actifs parcourent en moyenne 40,8 km, et émettent en moyenne 4,396 kgeq.CO₂/pers.. La part modale des transports en commun y est faible (9,7%) comparé à celle de la voiture (88,0%) car aucune ligne de chemin de fer ne dessert ce territoire. Une autre région où se concentrent les communes peu performantes est le Condroz. Dans sa partie occidentale, Hastière, Froidchapelle, et Doische par exemple sont des communes pour lesquels les actifs émettent en moyenne plus de 3 kgeq.CO₂/pers. Dans la partie orientale, Havelange et Ouffet figurent également parmi les communes les plus émettrices. Plus à l'est, Manhay comptabilise 3,867 kgeq.CO₂/pers., ce qui confirme son rattachement à la zone résidentielle de migrants alternants de Liège dans l'actualisation des régions urbaines de Van Hecke (2001). La part modale de la voiture (91,4%) et les distances moyennes parcourues (33,6 km) dépassent largement la moyenne wallonne. Dans la province du Luxembourg, un ensemble de communes situées dans l'orbite de Luxembourg-Ville se démarquent clairement en termes d'émissions. Elles se situent généralement à une distance importante de la capitale Grand-Ducale ainsi que des petits pôles urbains du sud de l'Ardenne et de la Lorraine. Par exemple, les actifs de Fauvillers parcourent des distances encore plus importantes que ceux de Manhay (37,3km), malgré une part modale de la voiture similaire.

Tableau 1. Classement des communes wallonnes selon la performance des déplacements domicile-travail

Ordre croissant				Ordre décroissant			
	Commune	kWh/pers.	kgeq.CO2/ pers.		Commune	kWh/pers.	kgeq.CO2/ pers.
1	EUPEN	5,974	1,552	1	RAMILLIES	16,944	4,396
2	MOUSCRON	6,200	1,606	2	ORP-JAUCHE	16,930	4,390
3	DISON	6,751	1,748	3	FAUVILLERS	16,579	4,320
4	COMINES	6,776	1,757	4	LINCENT	16,367	4,221
5	HERSTAL	6,822	1,759	5	HELECINE	16,291	4,206
6	SAINT-NICOLAS	6,855	1,770	6	DAVERDISSE	15,409	4,017
7	VERVIERS	6,946	1,793	7	BURDINNE	15,317	3,982
8	LIMBOURG	6,953	1,803	8	WASSEIGES	15,106	3,921
9	LIEGE	7,084	1,816	9	LEGLISE	14,880	3,877
10	SERAING	7,163	1,849	10	MANHAY	14,827	3,867
11	WELKENRAEDT	7,141	1,852	11	INCOURT	14,705	3,828
12	BAELEN	7,315	1,903	12	JODOIGNE	14,653	3,803
13	BEYNE-HEUSAY	7,389	1,906	13	HANNUT	14,320	3,702
14	ANS	7,552	1,942	14	DOISCHE	14,234	3,702
15	KELMIS/LA CALAMINE	7,589	1,966	15	BEAUVECHAIN	14,208	3,698
16	PEPINSTER	7,685	1,988	16	BRAIVES	14,199	3,680
17	TOURNAI	7,746	1,996	17	HERON	13,894	3,610
18	SPA	7,718	2,005	18	FERRIERES	13,842	3,605
19	MALMEDY	7,733	2,015	19	HASTIERE	13,712	3,558
20	GRACE-HOLLOGNE	7,816	2,022	20	SILLY	13,692	3,530

1.1.1 Evolution de l'indice entre 1991 – 2001

Le calcul de l'indice pour la Wallonie en 1991 et 2001 montre que la tendance globale est à la hausse (cfr Tableau 2). L'indice est passé d'une moyenne de 2,1 à 2,5 kg de CO₂ équivalent par personne et par déplacement. Comparé à 1991, les navetteurs ont donc émis en moyenne 0,426 kgeq.CO₂/pers supplémentaires en 2001, soit une augmentation de 20,6%.

Tableau 2. Evolution de l'indice pour la Wallonie

	1991	2001	Evolution (2001 - 1991)	Evolution (%)
Total des répondants (Milliers de navetteurs)	798	966	168514	21,1
Total des distances parcourues (Mkm)	19,8	24,4	4,6	23,0
Moyenne des distances parcourues en voiture (km)	20,1	24,1	4,0	20,0
Moyenne des distances parcourues à moto ou en scooter (km)	13,2	12,1	-1,0	-8,0
Moyenne des distances parcourues en bus, tram ou métro (km)	12,9	14,4	1,5	11,4
Moyenne des distances parcourues en train (km)	47,7	50,7	3,1	6,4
Moyenne des distances parcourues en vélo (km)	5,6	4,7	-1,0	-17,2
Moyenne des distances parcourues a pied (km)	1,8	1,8	0,0	1,1
Moyenne des distances parcourues (tous modes confondu)	20,6	24,0	3,3	16,1
Part de navetteurs utilisant la voiture	76,7	80,2	3,5	4,6
Part de navetteurs utilisant la moto ou le scooter	0,4	1,9	1,5	354,1
Part de navetteurs utilisant le bus, tram ou métro	4,9	4,1	-0,8	-16,6
Part de navetteurs utilisant le train	7,8	7,2	-0,6	-8,1
Part de navetteurs utilisant le vélo	3,1	1,2	-1,9	-62,3
Part de navetteurs utilisant la marche à pied	7,0	5,4	-1,6	-23,1
Indice de performance des déplacements domicile-travail (kWh/pers.)	8,0	9,6	1,623	20,3
Indice de performance des déplacements domicile-travail (geq.CO ₂ /pers.)	2,1	2,5	0,426	20,6

Une comparaison des résultats obtenus pour 1991 et 2001 par ancienne commune met en évidence une augmentation et une diffusion spatiale généralisée sur l'ensemble du territoire Wallon des valeurs élevées d'émissions de GES liées aux déplacements domicile-travail (cfr figure 2 et 3). Entre 1991 et 2001, les zones émettrices de moins de 2,0 kg de CO₂ équivalent par personne et par trajet se sont réduites comme une peau de chagrin. En 1991, elles constituaient près du quart de la superficie du territoire wallon (3800 km² environs). En 2001, elles n'en constituaient plus que 800 km² environs. Avec les localités de Malmédy, Chimay et Momignies, seuls les pôles principaux du sillon wallon (Mouscron, Tournai, Charleroi, Namur, Liège, Verviers et Eupen) sont restés en dessous de ce seuil. A l'opposé, les zones émettant plus de 4,0 kg de CO₂ équivalent se sont multipliées et étendues en 2001. Les zones concernées sont toutes localisées dans l'orbite de grandes villes wallonnes peu émettrices évoquées ci-dessus ou de Bruxelles. De plus, elles sont généralement à au moins à une quarantaine de kilomètres de ces pôles. Elles se situent dans le sud de la province du Luxembourg, la périphérie sud-est de Bruxelles (à l'intersection entre la province Brabant Wallon, de Namur et de Liège), dans la région autour des communes de Froidchappelle, Philippeville et Beauraing, la région de Manhay et Stoumont ainsi que celle de Clavier. Les zones émettant plus de 3,0 kgeq.CO₂ représentent quasi la moitié de la superficie du territoire (7300 km² environs).

Figure 2. Emissions de GES des déplacements domicile-travail en Wallonie par ancienne commune (1991)

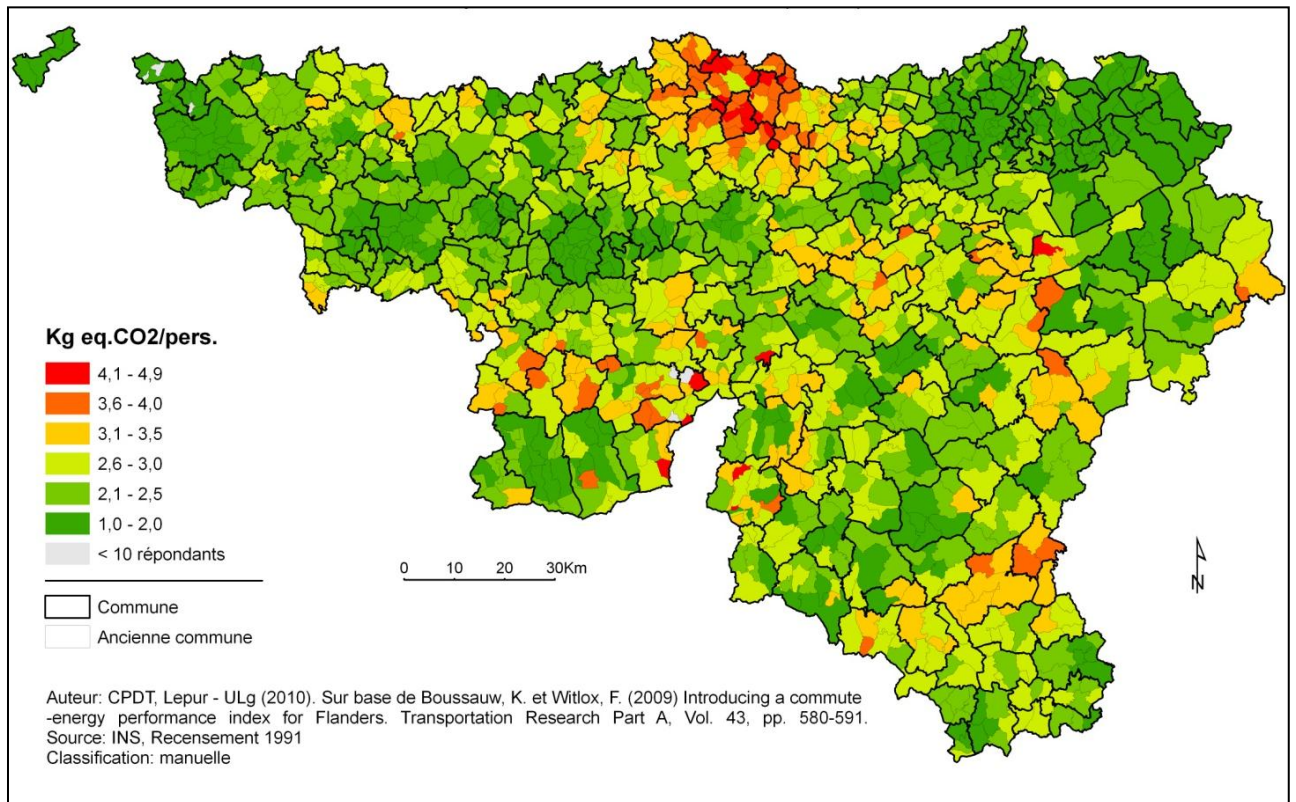


Figure 3. Emissions de GES des déplacements domicile-travail en Wallonie par ancienne commune (2001)

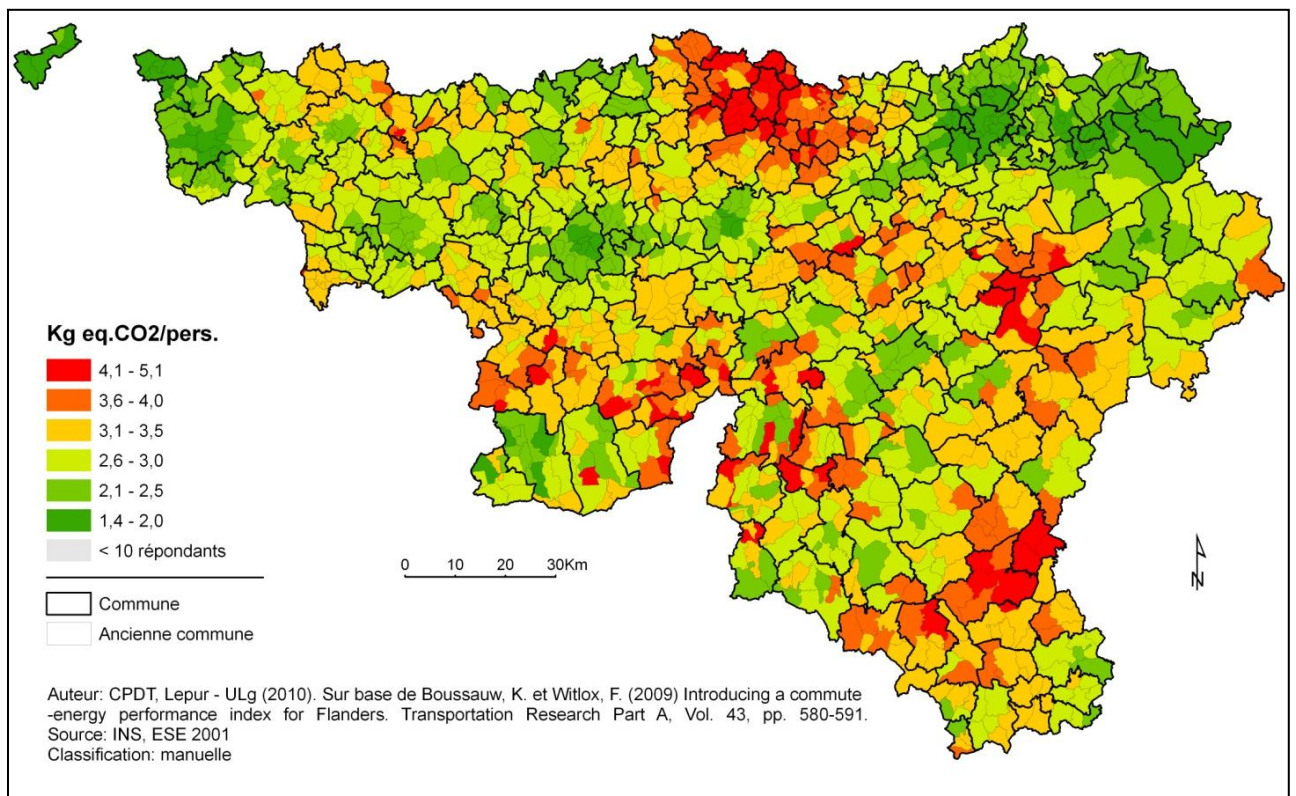
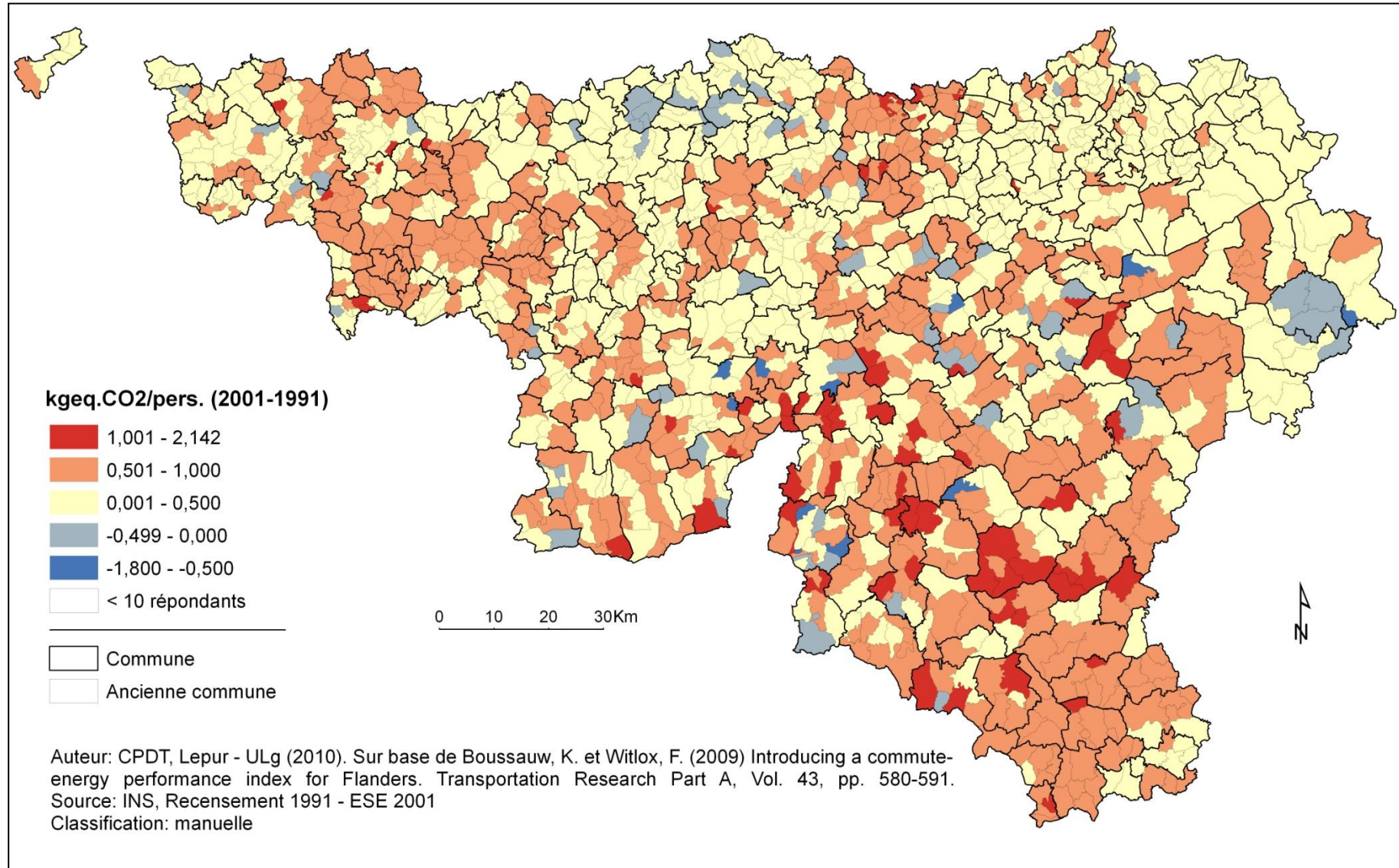


Figure 4. Evolution 1991-2001 des émissions de GES liées aux déplacements domicile-travail en Wallonie par commune

1.1.2 En bref

L'élaboration d'un cadastre des émissions de GES liées aux déplacements domicile-travail a permis de mettre en évidence les caractéristiques de la structure du territoire wallon responsables de la distribution spatiale actuelle des émissions de GES. Nous retiendrons les éléments suivants dont les analyses de régressions devront tenir compte dans l'identification des facteurs structurants permettant de réduire les émissions de GES :

1. Les comportements de mobilité des navetteurs résultent de dynamiques territoriales multi-scalaires qui doivent être approchées de manière complémentaires aux trois échelles étudiées (communes, anciennes communes et secteurs statistique).
2. L'occupation du sol (y compris la densité de population et d'emploi) et les infrastructures de mobilité apparaissent comme des facteurs explicatifs majeurs pour l'interprétation du cadastre des émissions de GES. Cependant, les caractéristiques socio-économiques peuvent elles aussi apporter une part d'explication aux émissions de GES des actifs wallons.
3. Entre 1991 et 2001, on observe en Wallonie une augmentation de la moyenne des distances parcourues pour les déplacements domicile-travail de 16%, ce qui entraîne une augmentation des émissions de GES par navetteur de 20%. Cette augmentation des émissions résulte également d'une augmentation généralisée de l'utilisation de la voiture au détriment des transports en communs (bus et trains) et plus encore de la marche à pied.
4. La moyenne des distances parcourues est un facteur explicatif prépondérant dans l'explication de l'évolution des consommations énergétiques et des émissions de GES. Notons également qu'à distance moyenne parcourue égale, le report modal permet sensiblement d'améliorer les performances environnementales des déplacements domicile travail.
5. La périurbanisation de l'emploi et de l'habitat et la métropolisation sont à la fois responsable de la diminution et de l'augmentation quasi généralisée de la performance environnementale des navetteurs wallons. Dans le sud Luxembourg, l'attractivité du Grand Duché du Luxembourg et le faible coût des terrains urbanisables dans cette partie de la Wallonie engendre de longues distances de déplacements. A l'opposé, le dynamisme économique du Brabant Wallon, profitant de la proximité de Bruxelles, a pour conséquence de diminuer localement, pour les résidents de quelques communes, les distances moyennes parcourues.
6. En termes de consommations et d'émissions totales, celles-ci ont tendance à se concentrer dans les zones fortement peuplées de la Wallonie (sillon wallon et Brabant wallon). Des mesures localisées dans ces zones permettraient d'obtenir des gains énergétiques nets rapidement car elles toucheraient un volume de population important. Notons cependant que les zones peu peuplées consomment généralement plus d'énergie par habitant et sont les plus vulnérables en cas d'un éventuel pic du pétrole (voir Thème 2A – Pic pétrolier).

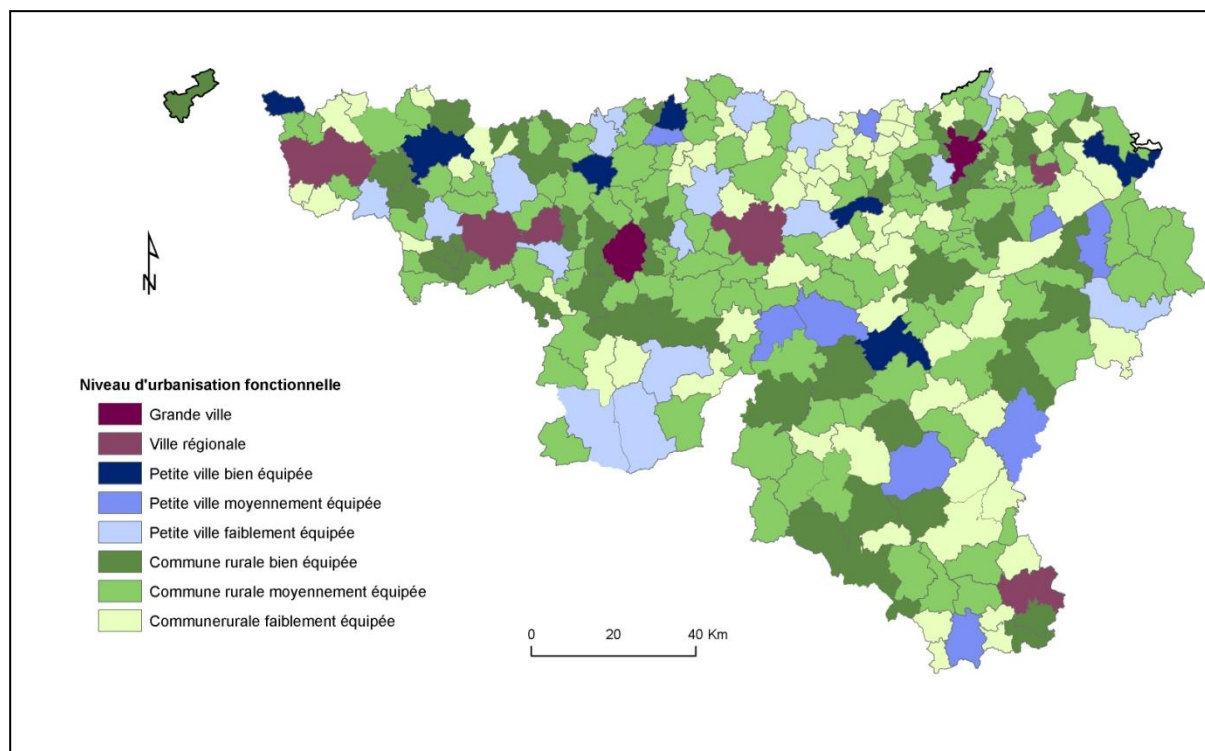
1.2 VILLE COMPACTE ET GAINS ÉNERGÉTIQUES POTENTIELS : UNE POLITIQUE D'AMÉNAGEMENT RÉALISTE ?

Au cœur des investigations sur la contribution de l'aménagement du territoire à la réduction des émissions de GES réside la question de la densité. Une ville compacte permet de contenir l'urbanisation, de favoriser les transports en commun, de limiter l'usage de la voiture, et donc de réduire les consommations de carburant et par conséquent les émissions de GES (Owens 1986). A ce sujet, les travaux des deux chercheurs australiens Newman P., Kenworthy J. (1989) apparaissent sans équivoque : densité des agglomérations et consommation de carburant pour les transports de personnes sont intimement liés. Cependant, que se serait-il passé si la périurbanisation de l'habitat n'avait pas eu lieu ? Quel sont les gains potentiels qu'une politique de la ville compacte aurait pu permettre de réaliser ? Dans cette section, nous nous sommes penchés sur la quantification des effets attendus d'une politique de ville compacte visant à réduire les consommations énergétiques liées à la mobilité des ménages.

Dans un premier temps, nous effectuons une analyse de type *ex post* à l'échelle régionale en se basant sur les travaux de M. Breheny (1995) en Angleterre ainsi que sur la hiérarchie des communes de Van Hecke (1998). L'objectif de cet exercice est de répondre à la question : quels sont les comportements de mobilité qui ont un impact environnemental limité ? Le principe général est donc de confronter les consommations « réelles » et les consommations « idéales » à différentes échelles afin de déterminer, *in fine*, les économies de CO2 qui auraient pu être réalisées. La première analyse, « évolution uniforme », estime les gains d'énergie dans l'hypothèse où la croissance démographique avait évolué de manière constante sur l'ensemble du territoire wallon. La deuxième, « taux le plus faible », évalue la consommation énergétique totale des déplacements domicile-travail en Wallonie si chacune des entités consommait autant d'énergie que l'entité la plus économe. Dans un deuxième temps, nous démontrons que l'analyse de M. Breheny selon le découpage régional d'E. Van Hecke ne tient pas compte des particularités locales qui, pourtant, recèlent des gains potentiels importants. Nous proposons un scénario plus réaliste en proposant une analyse locale à l'échelle des secteurs statistiques, puis des noyaux d'habitat.

1.2.1 Evaluation *ex-post* des émissions de GES

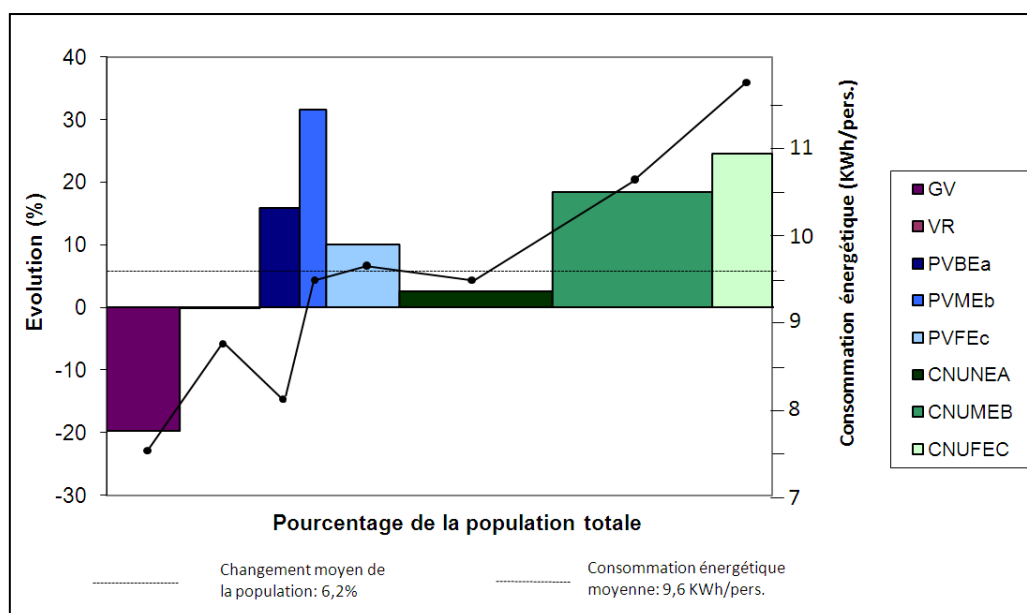
La démarche de M. Breheny (1995) adaptée pour la Wallonie consiste tout d'abord à découper le territoire wallon en sous-ensembles d'unités administratives caractérisées par une morphologie semblable. Pour effectuer ce zonage, nous avons choisi d'utiliser la hiérarchie des communes de Van Hecke (1991). Dans le cadre de cette analyse, on ne s'intéresse donc qu'aux comportements de mobilité moyens de ces vastes sous-ensembles et aux évolutions démographiques moyennes qu'elles ont connues.

Carte 1 - Hiérarchie des communes en Wallonie selon Van Hecke (1998)

Les consommations énergétiques selon le type de région urbaine sont ensuite calculées en se basant sur l'indice de performance énergétique de K. Boussauw et F. Witlox (2001) et notre calcul des consommations et des émissions spécifiques. Rappelons cependant que nos chiffres représentent des consommations énergétiques ou des émissions d'équivalent CO₂ moyennes pour un navetteur effectuant un trajet aller simple de son domicile vers son lieu de travail (cfr figure 2). Ensuite, les régions sont classées en fonction de leurs consommations et mise en relation avec l'évolution de la population entre 1970 et 2001.

Le croisement de la croissance de la population entre 1970 et 2001 avec les consommations énergétiques moyenne par navetteur met tout d'abord en lumière que les régions accusant les plus fortes croissances démographiques sont aussi caractérisées par de fortes consommations énergétiques liées aux longs déplacements en voiture. Les petites villes faiblement équipées et les communes rurales moyennement et faiblement équipées sont tout particulièrement touchées par ce phénomène. Soit périphériques aux agglomérations, soit rurales, ces communes accueillent des travailleurs parcourant des distances supérieures à la moyenne régionale (respectivement 24,5, 25,7 et 28,4 km contre 24,1 km pour la Wallonie) et utilisant en plus forte proportion qu'ailleurs la voiture (la part modale de la voiture atteint 86,2 pour les communes rurales faiblement équipées).

Figure 2 – Changement de la population entre 1970 et 2001 en Wallonie selon la hiérarchie des communes de Van Hecke (1998) et consommations énergétiques liées aux déplacements domicile-travail



Auteur : CPDT, Lepur – ULg. Calculé sur base de: INS 2001, 2010; AWAC 2010; IWEPS 2007; SRWT 2010 ; ICEDD 2009; Electrabel 2006, 2007; Van Hecke (1998)

L'analyse « taux le plus faible » permet d'évaluer les gains énergétiques potentiels dans l'hypothèse où les navetteurs adoptaient des comportements de mobilité faiblement émetteurs de GES.

a) Analyse régionale

Dans cette première analyse, les comportements de référence sont ceux correspondant à la moyenne des navetteurs des grandes villes de Liège et de Charleroi. Les distances parcourues en voiture y est moins élevé que la moyenne régionale. La part modale de la voiture y est réduite en faveur du bus et du métro.

L'indice diminue de 9,6 kWh/pers.-trajet à 7,5 kWh/pers.-trajet (cfr tableau 7), ce qui permet d'améliorer les performances énergétiques de 21,9%. En ce qui concerne la quantité totale d'énergie dépensées, des économies de 22,1% auraient pu être réalisées si les navetteurs s'étaient comportés comme dans les villes de Liège et Charleroi. Etant donné la faible performance des communes rurales, ce sont ces régions qui feraient les gains les plus importants (jusqu'à 36,7% d'économie pour les communes rurales faiblement équipées).

Tableau 7 : Estimation des gains énergétiques si toutes les régions avaient un taux de consommation égal à celui de la région au taux de consommation le plus faible¹

	1. Navetteurs en 2001	2. Consommation énergétique (kWh/pers-trajet)	3. Total de l'énergie consommée (kWh/trajet)	4. Taux de consommation le plus faible (kWh/pers-trajet)	5. Total de l'énergie consommée sur base du taux de consommation le plus faible (kWh/trajet)	6. Différence entre consommation réelle et la consommation la plus faible	7. Pourcentage de différence entre la consommation réelle et idéale
GV	100061,1	7,5	748640,0	7,5	748640,0	0,0	0,0
VR	124036,7	8,7	1074117,9	7,5	928021,2	-146096,7	-13,6
PVBEa	61986,0	8,1	502388,5	7,5	463768,4	-38620,1	-7,7
PVMEb	40351,4	9,5	381764,8	7,5	301902,4	-79862,3	-20,9
PVFEc	112059,7	9,7	1084825,3	7,5	838411,0	-246414,2	-22,7
CNUBEA	224970,6	9,5	2128724,6	7,5	1683190,5	-445534,1	-20,9
CNUMEB	263481,0	10,6	2786250,7	7,5	1971318,8	-814931,9	-29,2
CNUFEC	89618,7	11,8	1059896,0	7,5	670511,5	-389384,6	-36,7
Wallonie	1016565,3	9,6	9766607,8	-	7605763,854	-2160844,0	-22,1

Calculé sur base de: INS 2001; AWAC 2010; IWEPS 2007; SRWT 2010 ; ICEDD 2009; Electrabel 2006, 2007; Van Hecke (1998)

En termes d'émissions de CO₂ cela représente une économie de 288,9 kTeq.CO₂ par an², soit 5,6% de la quantité de GES émise par les le transport terrestre de voyageurs en 2007 (5157,5 kTeq.CO₂).

Rappelons que ce chiffre ne mesure que la périurbanisation des habitants et son impact par rapport aux déplacements domicile-travail uniquement. Les effets de la périurbanisation de l'emploi, du commerce, des lieux de loisirs et de certaines écoles et leurs impacts sur les autres motifs de déplacements, ne sont pas pris en compte dans l'analyse.

Dans la réalité, réaliser de tels gains d'énergie impliquerait de développer partout en Wallonie des infrastructures de transport au moins aussi performantes que celles de Liège et de Charleroi, de densifier fortement les zones urbanisées, et d'avoir une offre d'emploi suffisante que pour limiter le besoin des travailleurs de se déplacer. Une analyse locale est donc nécessaire afin de lever toutes ces contraintes quelque peu irréalistes.

¹ Les opérations effectuées dans chacune des colonnes sont les suivantes :

1. Population active occupée qui se déplace vers un lieu de travail fixe en 2001
2. Données issues du tableau illustré en figure 2
3. [Colonne 1] x [Colonne 2]
4. Consommation énergétique des navetteurs des grandes villes (minimum)
5. [Colonne 1] x [Colonne 4]
6. [Colonne 5] - [Colonne 3]
7. [Colonne 6] / [Colonne 3] *100

² 571,0 Teq.CO₂ * 2 (trajet aller-retour) * 253 (jours ouvrables en Wallonie – Hubert et Toint 2002)

b) Analyse locale

L'analyse taux le plus faible à l'échelle locale vise à proposer une hypothèse plus proche de la réalité afin d'évaluer les gains énergétiques potentiels liés aux déplacements domicile-travail. La logique est la suivante : que se serait-il passé si les travailleurs avaient adopté les comportements des navetteurs du quartier (ou du village) voisin moins consommateur en énergie le plus proche?

Pour effectuer l'analyse « taux le plus faible » à l'échelle locale, nous avons procédé à une classification des noyaux d'habitat en 10 classes de performance énergétique. Une fois les valeurs réparties par déciles (10 quantiles), l'objectif est de comparer, par classe de performance, l'indice de chaque secteur statistique avec son voisin plus performant le plus proche. Ainsi, le gain énergétique global peut être réévalué en comparant la situation réelle et la situation idéale.

L'analyse à l'échelle des noyaux d'habitat démontre des gains sensiblement meilleurs comparés à ceux observés dans le cas où la population active s'était comportée comme dans les grandes villes de Liège et de Charleroi (21,9%). L'indice de performance énergétique des déplacements domicile travail pourrait diminuer de 23% en Wallonie si les navetteurs adoptaient des comportements de mobilité similaires aux navetteurs des quartiers voisins effectuant des déplacements moins énergivores (cfr tableau 3). A l'échelle régionale toujours, cela impliquerait une diminution de l'utilisation de la voiture (-5,1%). Le bus connaîtrait une forte augmentation des usagers (+5,6%) mais pour des plus petites distances (-7,2km). A l'opposé, le train serait moins souvent utilisé (-2,3%) mais pour des plus grandes distances (+4,7 km). Il existe donc dans chaque commune des noyaux d'habitat où se concentrent de la population et de l'emploi local. Il s'agit de pôles urbains et, en milieu rural, de villages où se concentrent diverses fonctions comme l'administration communale, le commerce, les écoles, etc..

Tableau 3. Estimation des gains énergétiques si les navetteurs de chaque noyau d'habitat se comportaient comme ceux du noyau d'habitat voisin plus performant le plus proche

	Situation réelle	Situation idéale	Différence	Evolution (%)
Moyenne des distances parcourues en voiture (km)	26,4	21,0	-5,4	-20,5
Moyenne des distances parcourues à moto ou en scooter (km)	13,0	11,3	-1,7	-13,0
Moyenne des distances parcourus en bus, tram ou métro (km)	18,8	11,7	-7,2	-38,1
Moyenne des distances parcourues en train (km)	48,0	52,7	4,7	9,7
Moyenne des distances parcourues en vélo (km)	4,6	4,9	0,3	7,4
Moyenne des distances parcourues à pied (km)	1,8	1,9	0,1	6,1
Moyenne des distances parcourues (tous modes confondu)	26,4	20,7	-5,8	-21,8
Part de navetteurs utilisant la voiture	81,1	76,0	-5,1	-6,3
Part de navetteurs utilisant la moto ou le scooter	1,9	1,8	0,0	-1,1
Part de navetteurs utilisant le bus, tram ou métro	2,5	8,1	5,6	225,8
Part de navetteurs utilisant le train	8,7	6,4	-2,3	-26,2
Part de navetteurs utilisant le vélo	1,1	0,9	-0,1	-10,8
Part de navetteurs utilisant la marche à pied	4,7	6,6	1,9	41,0
Indice de performance des déplacements domicile-travail (kWh/pers.)	10,6	8,2	-2,4	-23,0
Indice de performance des déplacements domicile-travail (geq.CO2/pers.)	2,7	2,1	-0,6	-23,3
Densité (hab/ha)	9,3	15,3	6,0	64,9

Dans l'hypothèse où la densité joue un rôle prépondérant dans la réduction des consommations énergétiques, nous avons cherché à évaluer la manière dont évolue la densité brute de population entre la situation réelle et la situation idéale. Ainsi, pour chaque secteur noyaux d'habitat et pour l'ensemble de la Wallonie, nous avons calculé la superficie « idéale » dans laquelle aurait dû se trouver la population. En effectuant cette opération, la densité brute de population wallonne passe de 9,3 hab./ha à 15,3 hab./ha, soit une augmentation de la densité de 65,9% (1,6x la densité actuelle). De tels chiffres laissent présager qu'une politique de densification à l'échelle régionale est nécessaire afin de parvenir à des réductions d'émissions de GES significatives.

1.2.2 En Bref

Le présent chapitre avait pour but de quantifier les effets attendus d'une politique de ville compacte visant à réduire les consommations énergétiques, et donc les émissions de GES, liées des déplacements domicile-travail. Les principaux enseignements retenus sont les suivants :

1. Sur trente ans (1970 – 2001), on observe que les entités ayant une forte croissance de population (petites villes et communes rurales moyennement et faiblement équipées) accusent de fortes consommations énergétiques liées aux déplacements domicile-travail (de 9,7 à 11,8 kWh/pers.-trajet, soit 2,5 à 3,1 g eq.CO₂/pers.-trajet). Ensemble, ces communes au faible niveau d'urbanisation fonctionnelle représentaient en 2001 plus de la moitié du volume total de la population.
2. Par ailleurs, si toute la population active wallonne avait la possibilité de se déplacer, pour ses déplacements domicile-travail, comme dans les grandes villes de Liège et de Charleroi, plus d'un quart des émissions de CO₂ aurait pu être économisé. En termes d'émissions de CO₂, ces gains représentent une économie de 288,9 kT eq.CO₂ par an³. Cette analyse ne tient compte que de 27 % des distances parcourues de la population wallonne (IWEPS 2008), cela laisse présager d'avantage de gains pour les autres motifs de déplacements. L'échelle régionale de cette analyse ne permet cependant pas de mettre en évidence les gains potentiels à l'échelle locale.
3. A l'échelle des noyaux d'habitats, l'indice de performance énergétique des déplacements domicile travail pourrait diminuer de 23% en Wallonie si les navetteurs adoptaient des comportements de mobilité similaires aux navetteurs des quartiers voisins effectuant des déplacements moins énergivores. Cela impliquerait une diminution des distances moyennes parcourues. La part modale de la voiture serait fortement diminuée (-5,1%). Le bus connaîtrait une forte augmentation des usagers (+5,6%) mais ceux-ci parcourraient des plus petites distances (-7,2km). A l'opposé, le train serait moins souvent utilisé (-2,3%) mais pour des plus grandes distances (+4,7 km). Une intervention à l'échelle locale donnant la possibilité aux navetteurs de changer sensiblement leurs comportements de mobilité permettrait donc de contribuer de manière significative à la réduction des émissions de GES.
4. Finalement, dans l'hypothèse où la densité joue un rôle prépondérant dans la réduction des consommations énergétiques, la densité brute de population wallonne, calculée sur base du découpage des noyaux d'habitat, passerait de 9,3 hab./ha à 15,3 hab./ha. La densité augmenterait donc de 65,9%, soit 1,6x la densité actuelle. De tels chiffres laissent présager qu'une politique de densification à l'échelle régionale est nécessaire afin de parvenir à des réductions d'émissions de GES significatives.

³ 571,0 Teq.CO₂ * 2 (trajet aller-retour) * 253 (jours ouvrables en Wallonie – Hubert et Toint 2002)

2. EMISSIONS DE CO₂ ET CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES LIÉES AU STOCK BÂTI RESIDENTIEL

Pour le secteur résidentiel en Région Wallonne, les émissions globales sont essentiellement dues aux consommations d'énergie nécessaire à la régulation thermique des logements. Afin d'obtenir les émissions spécifiques pour le chauffage du secteur résidentiel en Wallonie, les consommations énergétiques moyennes sont calculées en croisant les besoins énergétiques conventionnels et les modes de production d'énergie.

La question de la réduction des émissions de GES dans le secteur résidentiel doit se comprendre comme la somme d'actions sur un ensemble de paramètres très différents. Plusieurs facteurs entrent en jeu dans l'évaluation des émissions des GES :

- La performance thermique des constructions.
- La morphologie et notamment la compacité du tissu
- Les équipements et les énergies utilisées
- Les apports internes et le comportement des habitants.
- Les apports passifs liés aux climats et à l'insolation.

Le choix d'une méthodologie bottom-up pour l'évaluation des émissions de GES en région wallonne pose la question des sources à notre disposition. Une évaluation fine et suivie de l'état des lieux énergétiques du stock bâti, qu'il soit résidentiel ou non, nécessaire à une évaluation future des impacts d'une politique de rénovation ou de structuration territoriale nouvelle, doit être soutenue par une volonté de production de données scientifiques à l'échelle de la région wallonne. Il est sans aucun doute pertinent que les modes de production de ces données soient partagés avec les autres régions. La mise en œuvre récente des étiquetages PEB (performances énergétiques de bâtiment) peut s'avérer une occasion d'élaborer un inventaire normalisé du bâti, basé sur un nombre croissant « d'individus ». Un minimum d'information doit dans ce sens être récolté. Nous renvoyons ici au bilan proposé par K.Wittchen⁴ pour l'amélioration des bases de données en vue de l'application des exigences européennes et d'étiquetage des performances des bâtiments.

Dans une première section, est exposée la construction du modèle relatif à la dynamique du parc de logements. Celui-ci souligne l'intérêt d'une connaissance approfondie du stock existant. La deuxième section est consacrée à la caractérisation physique du stock résidentiel et aux performances énergétiques des bâtiments. La troisième reprend les principaux résultats issus du cadastre des émissions de GES et des consommations énergétiques du secteur résidentiel.

2.1 MODÉLISATION DU PARC DE LOGEMENTS ET DE BÂTIMENTS

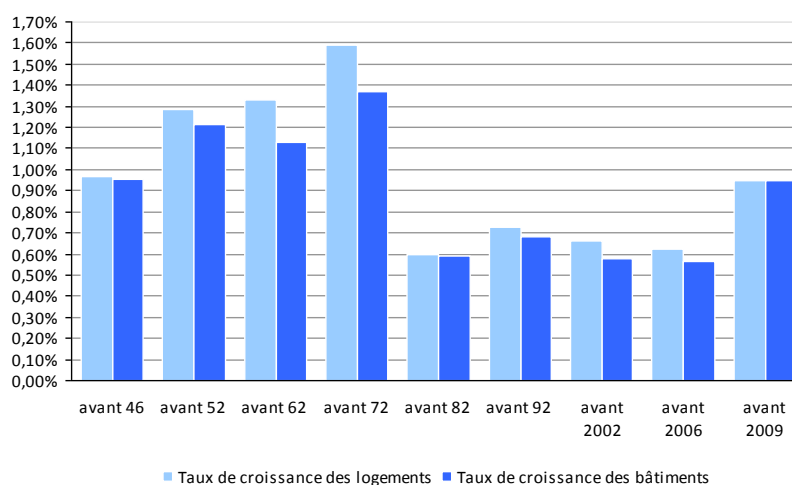
Nous abordons les données et hypothèses sur les mouvements dans le parc. Les bases de données convoquées sont d'une part les informations de l'IWEPS transmises par la confédération wallonne de la construction (2010), sur la dynamique de construction neuve dans le secteur résidentiel, et d'autre part les statistiques de l'INS basées sur le cadastre (2009).

La donnée principale de la dynamique du parc est celle de son taux de croissance annuel.

⁴ Kim B. Wittchen (2006) Heating energy savings in dwellings, Sbi, Danish Building Research Institute, Denmark

Sur la base des données régionales nous avons mené une première estimation du taux d'accroissement moyen du parc de logement, pour les effectifs de 2001. Le résultat serait de 0,71 % par an sur la période 1991-2001. Ce taux d'accroissement du parc de logement a ensuite été affiné. Une analyse de plus large spectre historique a été menée sur la base des données du cadastre 2008 (Figure 5). On observe une forte cassure dans la dynamique d'accroissement du parc analysé sur l'ensemble du 20^{ème} siècle. Après le boom économique des trente glorieuses, et la crise énergétique des années septante, le taux d'accroissement du parc de logement chute de plus de 50 % (1,60 % en 1971 et 0,60 % en 1981), pour se stabiliser autour des 0,65 % jusqu'à 2005. Sur une dynamique identique que pour le stock de bâtiments, on note une augmentation du taux d'accroissement du parc de logements entre 2006 et 2009, où il atteint 0,95 %.

Figure 5. Taux d'accroissement du parc de logement et du stock de bâtiment depuis 1945.



Source : INS – Documentation patrimoniale, 2009

L'écart entre le taux de croissance du stock de bâtiments et celui des logements se creuse entre 1952 et 1972. Cette tendance peut être expliquée par deux phénomènes : soit la division de nombreuses maisons unifamiliales urbaines en plusieurs logements, soit une construction neuve marquée par des bâtiments collectifs. Dans les trente dernières années, le taux d'accroissement du stock de bâtiments et de logements évolue de manière semblable avec peu d'écart, ce qui souligne la permanence de l'hégémonie de la maison unifamiliale dans le patrimoine wallon.

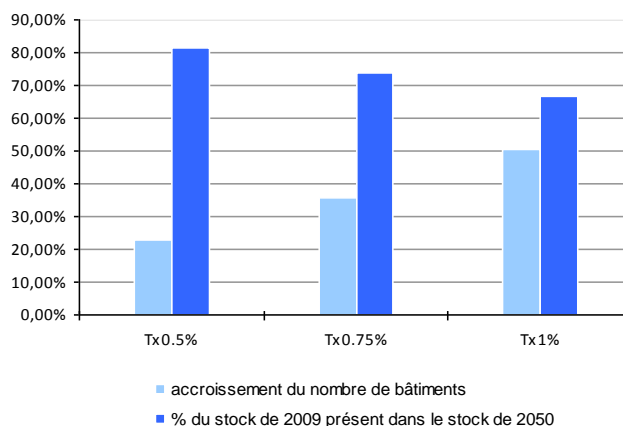
Le taux moyen d'accroissement du parc de logements sur les trente dernières années et jusqu'à 2006 est de 0,65 %. Si nous étendons notre analyse jusqu'à aujourd'hui et compte tenu de l'augmentation du rythme de production de logements ces 4 dernières années, celui-ci atteint 0,71 %. Pour les bâtiments, sur les mêmes périodes ce taux d'accroissement varie de 0,60 % à 0,67 %.

Pour les effectifs de 2001, le taux de sortie estimé T(S) est de 0,12 %. Ce taux est assez faible. Il représente le taux de renouvellement du parc, c'est-à-dire la part de logements anciens qui est remplacée par de la construction neuve : 15 % de la construction neuve contribue ainsi au renouvellement du parc ; les 85 % restants assurent la croissance du parc.

Cette analyse de la dynamique du stock nous permet d'élaborer des hypothèses quant à la part du stock des bâtiments existants en 2009 dans le stock projeté de 2050. Cette projection est basée sur trois hypothèses pour le taux d'accroissement du stock de bâtiment entre 2009 et 2050 : 0,5 %, 0,75 % et 1 % (Figure 6).

L'hypothèse des 1 % de croissance annuelle du stock est une projection très optimiste. En effet, ces taux n'ont été mesurés en Wallonie qu'entre les années 50 et 70. Depuis lors nous sommes à un taux assez stable approchant les 0,70 %. A l'inverse l'hypothèse d'un taux d'accroissement 0,5 % par an est pessimiste.

Figure 6. Accroissement du parc de logement entre 2009 et 2050, suivant les 3 hypothèses de taux d'accroissement, et proportion du stock de bâtiment déjà construits dans le stock projeté de 2050.



Source INS – Documentation patrimoniale, 2008

Avec l'hypothèse basse, le volume de bâtiment accusera une augmentation de 22,69 % et jusqu'à 50,38 % pour l'hypothèse haute.

Ce qu'il semble important de souligner ici c'est que, dans la première hypothèse (Tx 0,5 %), les bâtiments d'ores et déjà construits représenteront un peu plus de 80 % du stock de 2050. Ce chiffre se tasse à 73,7 % pour un taux de renouvellement de 0,75 % et 66,5 % pour un taux de renouvellement de 1 %. Ces estimations intègrent le taux de renouvellement du stock de bâtiments existants en appliquant une hypothèse identique au taux de renouvellement des logements, soit 0,12 %. On mesure ici nettement le poids considérable du stock existant même à une projection à horizon quarante ans.

Avec la poursuite d'une croissance réduite entre 0,5 et 1 % du stock, il est fort prévisible que les trois quarts des logements bâtis en 2050 soient déjà existants aujourd'hui. L'équipe de recherche s'est donc focalisée sur une définition précise d'un état des lieux thermiques des édifices en dissociant les paramètres liés à la réalité constructive (performances des enveloppes) et morphologique du stock résidentiel et à son équipement énergétique.

2.2 CARACTÉRISATION PHYSIQUE ET PERFORMANCE THERMIQUE DU STOCK RÉSIDENTIEL

Nous avons choisi ici de dissocier les paramètres liés à la réalité constructive et morphologique du stock bâti résidentiel à ceux liés à son équipement énergétique. En effet, nous considérons qu'il s'agit ici de deux leviers distincts de réduction des émissions GES, et leur analyse doit se faire de manière dissociée. Nous avons donc décidé de mettre en avant les indicateurs morphologiques en analysant dans un premier temps les besoins nécessaires à la régulation thermique des logements. On construit ensuite les variables dont on présuppose l'influence sur ces besoins en Wallonie. Les consommations énergétiques et les émissions de GES, dépendent du croisement des besoins de régulation thermique et d'un système de production, de vecteurs d'énergie. Nous n'intégrons pas les comportements des occupants.

Les besoins conventionnels des bâtiments en énergie de chauffage par mètre carré chauffé par an sont fonction du comportement thermique des bâtiments, qui s'établit sur la base de plusieurs paramètres physiques internes et externes.

Les besoins sont estimés sur la base d'une modélisation de l'enveloppe de l'ensemble des bâtiments de la Région Wallonne, élaborée à partir de données cadastrales et de photogrammétrie aérienne. Cette modélisation repose sur une segmentation du parc en cinq classes d'âges, considérées comme constructivement homogènes et dont les caractéristiques physiques ont été définies sur la base des données issues de l'Enquête qualité logement de 2006 interprétées à partir de connaissances historiques et techniques spécifiques de l'équipe de recherche. Les informations sur l'âge des systèmes et les vecteurs énergétiques utilisés pour le chauffage sont issues de l'enquête qualité logement de 2006 et spécifiées suivant l'âge des logements.

La datation des constructions permet de renseigner une partie des paramètres nécessaires à la modélisation du stock en vue de l'évaluation des émissions de GES. Chaque époque est caractérisée par des modes constructifs, des matériaux dominants, des types et taux de vitrages spécifiques : autant de paramètres structurants dans l'analyse des performances thermiques. Chaque classe d'âge a été bornée en fonction, d'une part, de l'évolution des traditions constructives et, d'autre part, de l'évolution des réglementations thermiques. C'est la raison pour laquelle les classes retenues ne sont pas homogènes et diffèrent des classes d'âges de l'enquête socio-économique de 2001 ou de l'enquête qualité logement de 2006. 5 périodes de construction significatives sont déterminées : « avant 1945 », « 1946-1970 » « de 1971 à 1985 », « de 1986 à 1996 », « 1997-2009 ».

Une fois les critères de segmentation historique du parc défini, nous avons analysé le poids relatif de chaque classe dans le stock. Suivant les données cadastrales de 2009, le parc de logements wallons apparaît comme particulièrement ancien : plus de 50 % des logements datent d'avant 1945, 86,6 % des logements sont antérieurs à la mise en application de la première réglementation thermique (1985), 91,7 % à la seconde (1996).

Tableau 4. Répartition du nombre de logements par classe d'âge en Wallonie.

Périodes constructives	Nombre de logements par période (2009)	Pourcentage de logements par période	Nombre de logements cumulés	Pourcentage de logements cumulés
Avant 1945	786547	52,10 %	786547	52,10 %
1945-1970	280543	18,58 %	1067090	70,69 %
1971-1985	232092	15,37 %	1299182	86,06 %
1985-1996	89254	5,91 %	1388436	91,97 %
1997-2009	121149	8,03 %	1509585	100,00 %

Source : Données extraites de la matrice cadastrale de 2009

La répartition spatiale des logements en fonction de leur époque de construction n'est pas homogène sur l'ensemble de la région. Elle est fortement liée aux différents processus d'urbanisation de la région. La répartition des logements suivant leurs âges de construction souligne des vulnérabilités intra-régionales fortement spatialisées. Les zones historiquement bâties de longue date demeurent encore aujourd'hui avec un stock résidentiel très ancien, ce qui traduit une relative absence du renouvellement des tissus urbanisés sur eux-mêmes et phénomène caractéristique d'urbanisation en juxtaposition.

2.2.1 Morphologie des tissus bâtis

La typologie du parc est susceptible d'influencer les émissions de GES. Le parc résidentiel wallon est composé à plus de 80 % de maisons unifamiliales. Nous avons cherché à savoir la proportion logements suivant leur époque de construction pour chaque typologie (bâtiments unifamiliaux, bâtiments divisés, immeubles collectifs). L'exploitation des statistiques issues du traitement de l'échantillonnage de l'enquête qualité logement de 2006 (EQL) permet de caractériser l'époque constructive suivant les classes d'âge choisies. Si nous considérons cet échantillonnage représentatif, près de 90 % du stock des maisons individuelles est antérieur à la mise en œuvre de la première réglementation thermique (1985), 50 % datant d'avant 1945, 95 % du stock des bâtiments divisés est également antérieur à toute réglementation, et 70 % date d'avant 1945. Enfin, 85 % du stock des immeubles collectifs est antérieur à la première réglementation, cependant seulement 27 % du stock date d'avant 1945.

La morphologie et notamment la compacité du tissu influe positivement sur les émissions de GES en réduisant la surface de déperdition entre le volume protégé et l'air extérieur. L'ESE de 2001, l'enquête logement et les données fournies par le cadastre ne permettent la distinction qu'entre bâtiments isolés, semi-mitoyens ou mitoyens. De plus, l'information est, au mieux, agrégée à l'échelle des secteurs statistiques, ce qui rend l'application de notre méthodologie bottom-up impossible. Il a donc été nécessaire de mesurer le taux de mitoyenneté réel pour le stock bâti que nous étudions. Ce calcul s'est fait sur base des données du PICC.

Ainsi, plus de 40 % de l'ensemble du stock se révèle être des bâtiments isolés, près de 30 % du stock présente un pourcentage de mitoyenneté compris entre 20 et 35 %, ce qui peut correspondre à des bâtiments semi-mitoyens et enfin près de 25 % du stock présente un taux de mitoyenneté de plus de 50 % ce qui peut correspondre à des bâtiments mitoyens de deux côtés.

L'analyse du taux de mitoyenneté par classe d'âge révèle une très forte représentation des trois dernières périodes constructives dans le volume des bâtiments implantés de manière isolée : 64 % des bâtiments construits entre 1971 et 1985, 86 % des bâtiments construits entre 1986 et 1996 et enfin 82 % de ceux construits après 1996. L'implantation en bâti isolé est susceptible d'avoir de lourdes conséquences en termes de consommation énergétique sur les bâtiments peu performants thermiquement. C'est le cas ici des bâtiments construits avant la mise en œuvre de la réglementation thermique de 1984.

L'implantation en ordre dispersé n'est pas une caractéristique récente en région wallonne, bien qu'elle semble s'être généralisée depuis 1986. On observe ainsi une représentation de près de 30 % des bâtiments construits avant 1945 dans le volume global des bâtiments implantés de manière isolée et de plus de 40 % pour les bâtiments construits avant 1971.

Les bâtiments anciens (antérieurs à 1971) sont les plus fréquemment représentés dans toutes les classes de mitoyenneté de plus de 15 %, ce qui semble confirmer l'hypothèse initiale selon laquelle la morphologie des tissus anciens serait en mesure de compenser potentiellement les performances thermiques a priori plus faibles de leur enveloppe bâtie.

2.2.2 Performance des enveloppes des bâtiments

Afin de mener à bien une caractérisation des performances thermiques constructives du stock, nous avons élaboré des typologies constructives pour chacune des 5 classes d'âges. La caractérisation de ces archétypes est réalisée suivant la caractérisation de 4 éléments structurels (mur extérieur, vitrage, toiture, plancher). Deux paramètres supplémentaires sont intégrés : le taux de vitrage et le taux de renouvellement de l'air. Ces éléments interviennent classiquement dans l'évaluation PEB. A l'intérieur de chaque classe d'âge, les bâtiments sont considérés comme homogènes. La composition des parois de chaque archétype ne découle pas seulement des modes constructifs initiaux. Une tentative de modélisation des besoins énergétiques du parc ne pourrait être pertinente sans l'intégration des variables de transformations et d'amélioration du stock. Les paramètres d'isolation de chaque type de paroi (murs, vitrages, toitures, planchers) sont intégrés pleinement à cet état des lieux constructifs du stock bâti wallon.

La pénétration des processus de rénovation, bien que soutenues par une politique de prime à la rénovation, demeure faible. Ainsi pour le parc antérieur à 1945, soit plus de 50 % du stock, les travaux d'amélioration semblent s'être concentrés sur les vitrages : près de 60 % des vitrages sont isolants, alors que seulement 9 % des murs et 22 % des toitures sont isolés. Après trente ans de prime à la rénovation en région wallonne, ces résultats soulignent une grande inertie du stock ancien en termes d'amélioration énergétique. Les résistances peuvent être expliquées éventuellement par une inadaptation de temps d'investissement vis-à-vis des cycles socio-économiques des ménages ou par la difficulté de mener une rénovation lourde sur des bâtiments occupés.

Pour dépasser ce phénomène, nous émettons l'hypothèse d'un possible abandon du bâtiment individuel comme cible préférentielle des politiques de rénovation. Une réflexion sur des programmes et donc des processus de financement, réfléchis non pas à l'échelle de l'objet mais à l'échelle des quartiers semblent une voie pertinente d'évolution. En termes de résultats, il semblerait également opportun de mener une évaluation de la pertinence du soutien au processus de rénovation par rapport au processus de substitution.

Sur la base des typologies constructives, il est possible d'évaluer théoriquement les coefficients de déperdition (U) de chaque paroi constituant l'enveloppe des 5 archétypes. En termes de méthodologie, nous avons choisi de modéliser pour chacune des parois, une paroi composite théorique. A chaque matériau correspond une performance de transmission énergétique pour un m^2 et pour chaque degré de différence entre la température extérieure et la température de consigne intérieure..

Tableau 5. Coefficient de transmission thermique des parois (U) suivant la classe d'âge des constructions⁵

Année de construction	U. MUR (W/m ² .k)	U. VITRE (W/m ² .k)	U. TOITURE (W/m ² .k)	U. PLANCHER (W/m ² .k)	Taux renouvellement d'air (V/h)	% Vitrage
<1945	2,2	3,3	1,6	1,9	1	24
1945-1970	1,4	3,3	1,4	1,5	1	27
1971-1985	0,8	3	1,0	2,4	0,9	25
1986-1996	0,5	2,6	0,9	0,7*	0,9	25
1997-2006	0,5	2,4	0,7	0,7*	0,7	26

Source : base de donnée EQL 2006 et étude Autre, PUCA

⁵ Note : Les données des Coefficients U Plancher suivie d'un (*) sont issues des normes applicables. Les données issues du traitement de l'EQL apparaissant trop optimistes et basée sur un nombre réduit de répondants : respectivement 0,44 W/m².k pour la période 1986-1996 et 0,41 W/m².k pour la période 1997-2006.

Les performances énergétiques de chacune des parois verticales ou horizontales, opaques ou vitrées, sont les résultantes des performances moyennes des parois composites théoriques de chaque archétype. Si l'on considère uniquement les déperditions par l'enveloppe, les niveaux moyens de ces déperditions par m² de façade sont relativement élevés. Les immeubles anciens ont plus de déperditions théoriques dues à leur enveloppe en raison de l'absence d'isolation. Il faut toutefois noter que pour les périodes anciennes, le haut niveau de déperdition des façades peut être compensé par une plus faible surface d'enveloppe déperditive due à un fort taux de mitoyenneté.

Quand on compare les performances de déperdition de chaque paroi de chaque archétype avec les exigences de la norme actuellement en vigueur applicable aux bâtiments à rénover (Travaux de rénovation simple (selon l'art. 548) et Changement d'affectation), la vulnérabilité de certains archétypes est soulignée. Ainsi, l'isolation des vitrages représente un des importants points faibles des trois premières classes d'âge et ce, malgré les dynamiques de rénovation. Ceci s'explique par l'écart type important de performance entre les vitrages simples et les doubles-vitrages (plus du double). Les performances des murs extérieurs des bâtiments construits avant 1971 sont également loin de correspondre à la norme. La mauvaise isolation des murs est problématique pour les deux premières classes d'âges car une isolation de ces parois n'est pas forcément aisée à diffusée. Les freins sont essentiellement non techniques, nous pouvons citer ici la résistance des communes et des occupants à la modification esthétique des bâtiments, soit pour des raisons de patrimonialisation, soit dans l'optique de ne pas fragiliser une certaine cohérence architecturale héritée. Sur ces segments une attention particulière à la réduction de l'aire de déperdition de ces bâtiments peut s'avérer être une piste d'amélioration plus efficace.

Aucun archétype ne semble répondre aux exigences de la norme en vigueur en ce qui concerne l'isolation des toitures. En ce qui concerne la performance des sols ce sont les bâtiments construits entre 1971 et 1985 qui sont le plus pénalisés, avec des performances 4 fois plus mauvaises que la norme, d'après les renseignements issus de l'Enquête qualité logements.

2.2.3 Système de production

L'exploitation des données de l'échantillonnage de l'enquête qualité logement, permet également d'identifier les principales énergies utilisées pour le chauffage des résidences principales, selon l'âge du logement. Pour chacune des classes d'âge pour le chauffage, la répartition des différentes sources d'énergie place le mazout en première place (entre 37 et 40 % des logements de chaque classe), suivi du gaz naturel (entre 33 et 35 % des logements) puis du bois (entre 10 et 14 %) et enfin l'électricité. L'électricité est présente pour toutes les 4 premières classes d'âge entre 8 et 10 %, ce qui dénote d'un processus de rénovation pour les logements les plus anciens, 15 % des logements se chauffent à l'électrique après 1996.

Notons que les principaux leviers envisageables dans la suite de l'étude pour l'évolution des équipements énergétiques du parc existant résident dans :

- l'amélioration des rendements des équipements.
- le taux de remplacement des équipements à l'identique, à un rythme calé sur leur durée de vie (en supposant une équipartition des chaudières en raison de leur âge) ;
- l'application d'une matrice de substitution des équipements non renouvelés à l'identique, vers les sources moins carbonées.

Rappelons ici que le rendement choisi dans cette première année de recherche, pour chacun des systèmes de chauffage, est un facteur fixe de 0,75, issue des normes par défaut.

2.3 CADASTRE DES ÉMISSIONS DE GES ET CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DANS LE STOCK RÉSIDENTIEL

Pour le secteur résidentiel, les émissions globales sont essentiellement dues aux usages énergétiques suivants : le chauffage des locaux ; la production de l'eau chaude sanitaire (ECS), la cuisson, les usages spécifiques de l'électricité, la demande pouvant être désagrégée selon qu'elle relève de l'éclairage ou des appareils électroménagers.

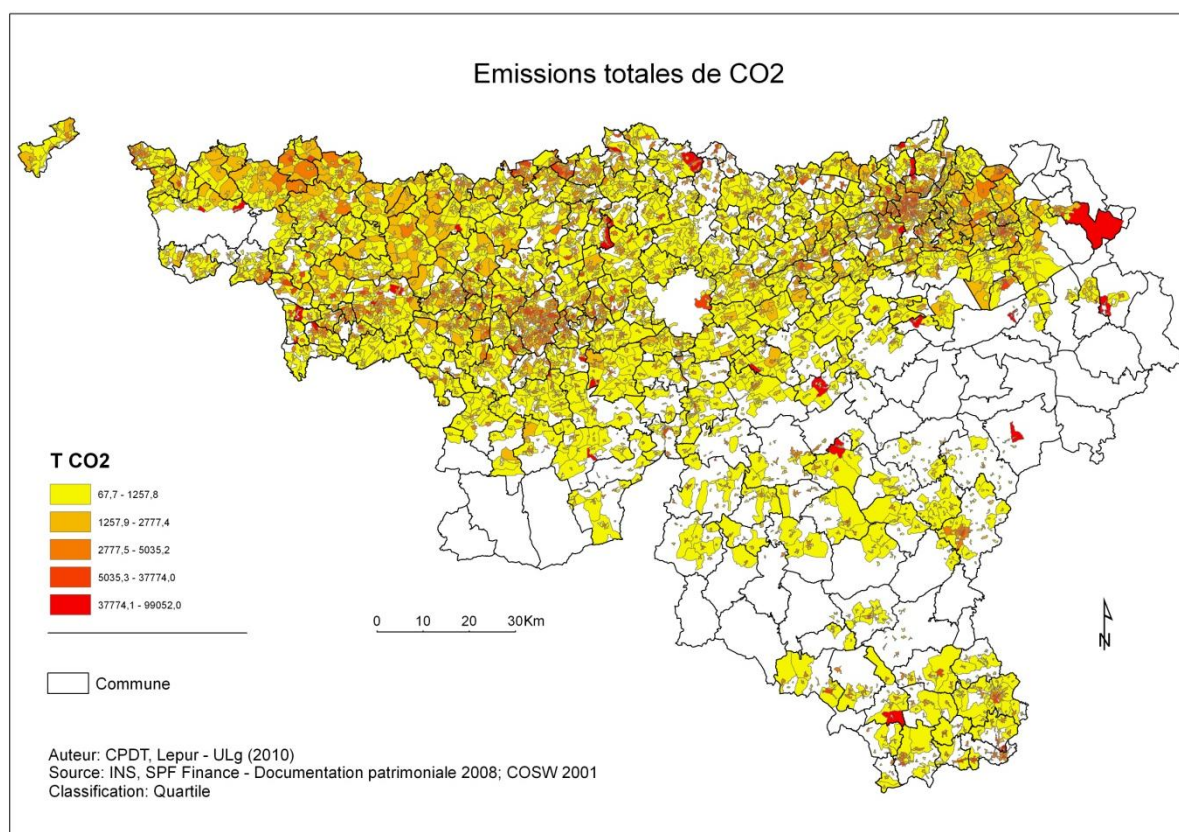
Nous nous intéressons en particulier aux consommations liées au confort thermique (chauffage et ECS), qui représentent une très large part du total. Chaque vecteur énergétique contribue de manière différente aux émissions de GES.

Les calculs sont effectués à l'échelle des secteurs statistiques couverts par le PICC puis agrégés à l'échelle des anciennes communes.

La validation du modèle n'a pas encore été réalisée. Cette validation devra s'appuyer sur une étude précise afin de préciser, entre autres, les paramètres suivants : température interne de consigne, facteur d'ombrage, pourcentage de vitrage, période de chauffe.

Deux perspectives sont envisageables pour informer cette validation : l'élaboration d'une étude par échantillonnage à l'échelle de la région wallonne et une comparaison avec des études segmentaires déjà existantes. Nous évaluons que cette validation pourrait être réalisée à échéance de trois mois.

Figure 7. Cartographie des consommations énergétiques finales totales par an, par anciennes communes, région wallonne, couverture du PICC.



Source : INS, PICC, Documentation patrimoniale 2008

Avec les données en notre possession aujourd'hui, on calcule une consommation moyenne de 350 kWh/m².an pour l'ensemble du stock couvert par le PICC.

Cette valeur temporaire est nettement supérieure à la moyenne calculée sur base des chiffres de l'ICEDD, soit 286 kWh/m².an en 2008 (voir du rapport de recherche 1.4.2.1).

La différence entre les deux valeurs est liée d'une part à des considérations méthodologiques (approche bottom-up versus top-down). D'autre part, nous considérons de manière abusive que l'ensemble du stock de logements est chauffé pendant toute la période de jour. Cette hypothèse, bien que non réelle, est indispensable à une spatialisation. Enfin, l'écart entre les deux résultats peut aussi être lié aux phénomènes climatiques : les degrés jours pour 2008 étaient assez faibles par rapport à ceux enregistrés en 2009 (2084 en DJ 15/15 à Uccle contre 1829 en 2008, soit une variation avoisinant les 10 %).

Il faut souligner ici que les besoins énergétiques du stock sont directement liés à la surface de plancher chauffé. Deux méthodes ont été testées pour ajuster les consommations calculées, aux m² de plancher de l'ESE soit 121 millions de m². Dans le premier cas, on applique une transformation linéaire à tous les secteurs statistiques, sur base du rapport entre les m² de plancher de l'ESE et les m² de plancher du PICC. Dans le second cas, on applique une transformation en fonction du rapport qu'on observe à l'échelle des secteurs statistiques. C'est cette deuxième méthode qui a été retenue au final. Elle apparaît en effet plus pertinente en termes de spatialisation. Au global (consommation globale pour l'ensemble des secteurs statistiques) la différence entre les deux méthodes est minime (moins de 1 %).

Au niveau du stock, la moyenne des consommations énergétiques se répartit de la manière suivante selon l'âge des bâtiments :

Tableau 6. IPE des bâtiments par classe d'âge. Consommations énergétiques finales unitaires moyennes par mètre carré suivant l'âge du bâti.

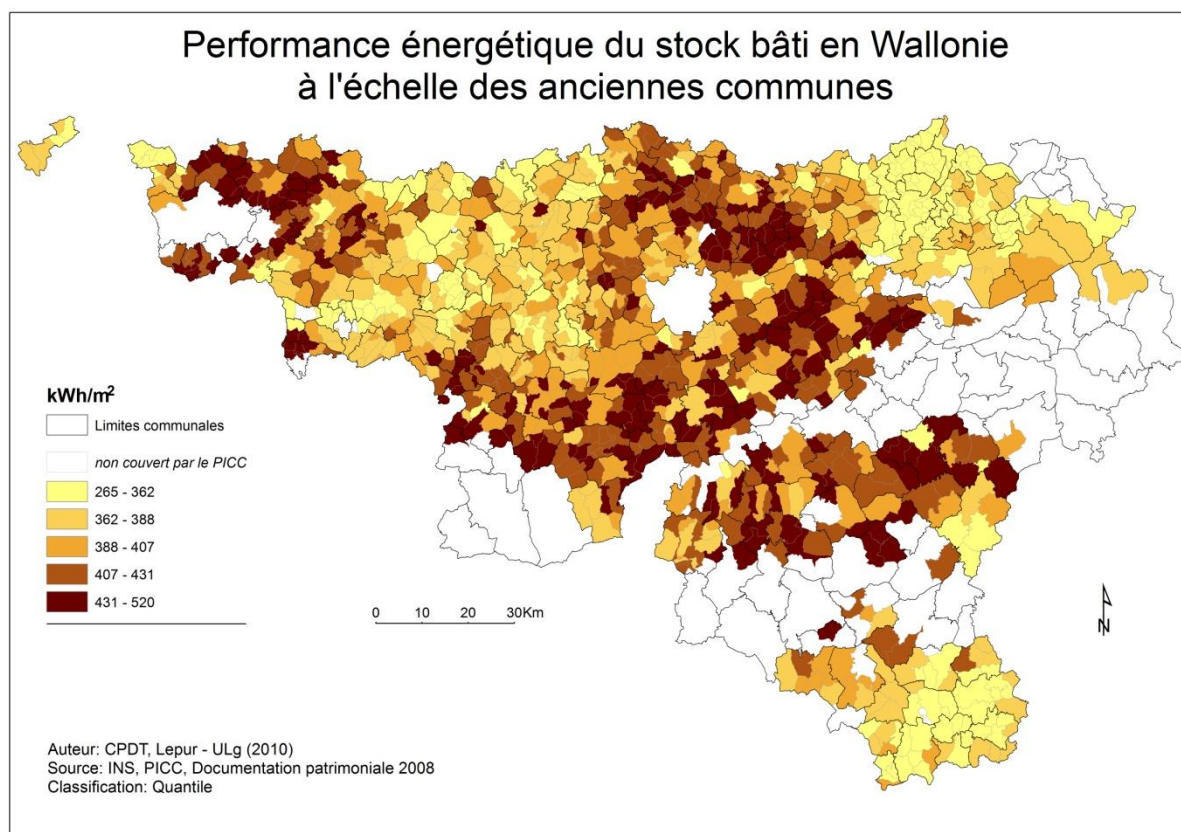
	Moyenne (kWh/m ²)	Ecart Type (kWh/m ²)
<1945	407,8	163,4
1945-1970	343,7	81,9
1971-1985	328,5	90,7
1986-1996	203,8	35,8
>1996	172,3	40,2

Source : INS, PICC, Documentation patrimoniale 2008

On voit que la moyenne décroît avec l'âge, mais que cette décroissance masque une forte variation, en particulier pour le stock avant 1945. L'écart type observé pour cette classe d'âge est le plus important : 163 kWh/m². Cet écart type est lié aux différences de performances entre les bâtiments avant 1945 mitoyens (en milieu urbain) et non mitoyens (dispersés). La valeur moyenne pour l'ensemble du stock (365 kWh/m²) se rapproche de celle du stock avant 1945 en raison de la masse de bâtiments avant 1945 qui composent ce stock (plus de 50 %).

La carte des besoins de chauffage par mètre carré par an en Région Wallonne aurait été strictement similaire à celle ci-dessous de l'indice de performance énergétique en kWh par mètre carré par an. Nous avons appliqué en effet uniquement un coefficient fixe de rendement des systèmes de chauffage quelque soit l'âge du bâti ou le vecteur énergétique utilisé. Il s'agit de plus de consommations finales.

Figure 8. Cartographie des performances énergétiques finales par an par m² chauffé, par ancienne commune, région wallonne, couverture du PICC.



Source : INS, PICC, Documentation patrimoniale 2008

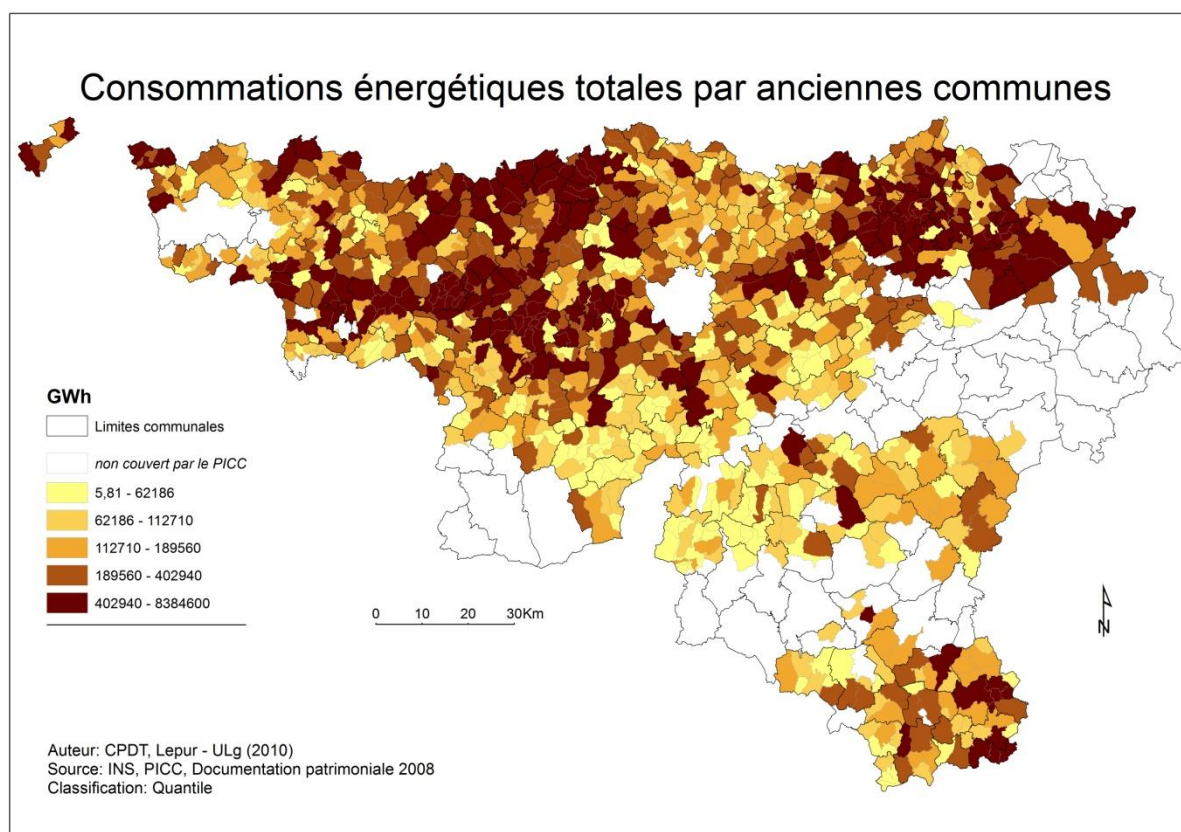
Les résultats ci-dessus cartographiés sont donc uniquement influencés par les variables liées à la qualité de l'enveloppe des bâtiments, à la morphologie urbaine et à la localisation. Les calculs sont ici effectués à l'échelle des secteurs statistiques couverts par le PICC puis agrégés à l'échelle des anciennes communes.

On observe nettement une forte variation de l'indice des performances énergétiques du stock bâti suivant les différentes sous régions de la Wallonie. Les centres urbains ressortent ici avec un bon indice IPE malgré l'ancienneté du stock. Ces bons résultats peuvent être imputés à la grande compacité des bâtiments et au fort taux de mitoyenneté. Au sud du sillon Sambre et Meuse et au nord du Luxembourg, les performances sont moins bonnes. Pour la première zone, ces résultats peuvent être expliqués en partie par l'ancienneté du bâti et le faible taux de mitoyenneté. Pour la seconde, l'âge moins élevé du stock ne semble pas compenser l'impact de la dispersion des bâtiments. Dans les deux cas, le climat est un facteur fortement impactant : les températures extérieures sont plus rudes que dans le reste de la région. Le Hainaut affiche de grandes variations dans les indices de performances énergétiques.

Il faut souligner que le fait d'agréger les données à l'échelle des anciennes communes, pour une lecture cartographique facilitée, gomme de façon significative l'hétérogénéité des situations locales.

Si l'on analyse maintenant les résultats des consommations finales totales, la carte s'en trouve inversée : les pôles urbains affichent de fortes consommations principalement explicables par la concentration importante du volume de surfaces à chauffer. Cette concentration et les bons indices IPE dont elles bénéficient font de ces zones, des sites potentiellement intéressants pour le développement des réseaux de chaleur. La partie ouest du Brabant wallon, qui présente un bon indice IPE (stock bâti récent, densification en court), affiche des consommations finales globales élevées. Celles-ci sont principalement dues à la grande quantité de surfaces chauffées.

Figure 9. Cartographie des consommations énergétiques finales totales par an, par anciennes communes, région wallonne, couverture du PICC.



Source : INS, PICC, Documentation patrimoniale 2008

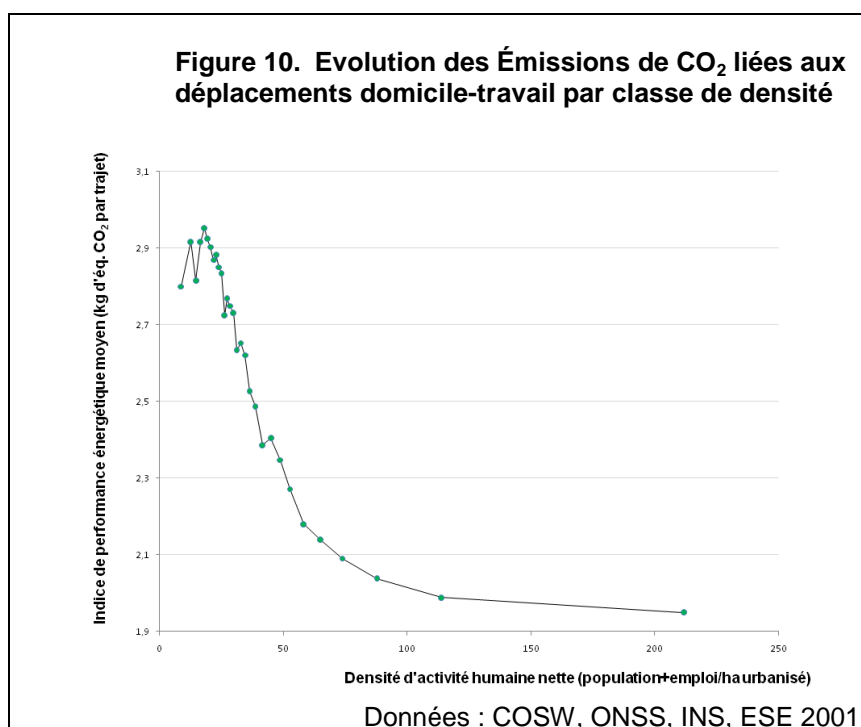
A l'influence de la quantité de surface à chauffer s'ajoute l'influence de la qualité thermique des bâtiments. Ces dernières semblent de nature à être fortement pondérée, notamment pour les bâtiments faiblement performants énergétiquement par la morphologie des ensembles bâtis.

3. LEVIERS DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE POUR LA REDUCTION DES EMISSIONS DE GES EN WALLONIE

Cette section avait pour but de définir les variables territoriales et socio-économiques prises en compte dans notre recherche et d'étudier les liens existants entre celles-ci et les consommations énergétiques issues des déplacements domicile-travail et du bâti résidentiel.

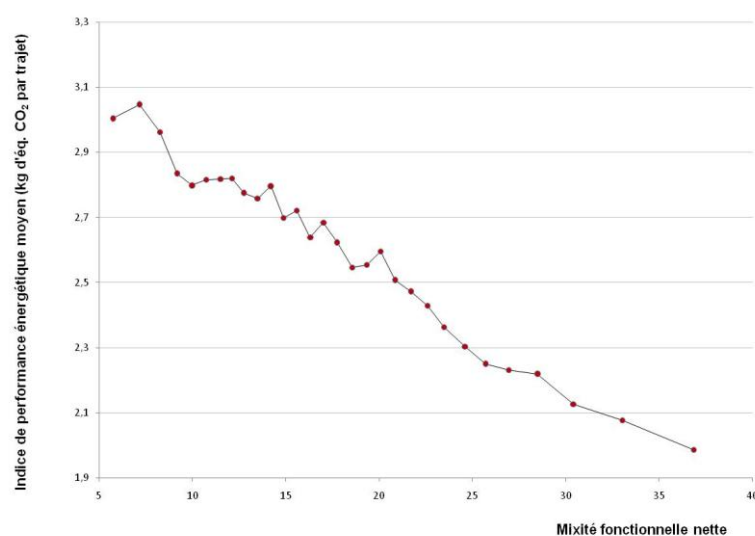
Les analyses de corrélation ont montré que les déterminants des comportements de mobilité (distances parcourues, parts modales), et donc que l'indice de performance énergétique, covarient de manière significative avec certaines variables territoriales clefs. Nous pouvons résumer ces premiers résultats comme suit :

- la **densité**, et plus particulièrement la densité d'activité humaine nette, est inversement corrélée avec les consommations énergétiques, les distances moyennes parcourues et la part modale de l'automobile;



- la **mixité fonctionnelle**, calculée sur base des occupations du sol au COSW, affiche un coefficient de corrélation plus élevé que la densité avec l'IPE;
- la **mixité** et la **densité** sont toujours corrélées positivement avec les parts modales des bus, des trams, et du métro (figure 11);
- la **mixité**, mesurée par le rapport emplois/population active, est particulièrement bien corrélée avec l'augmentation de la part modale de la marche à pied;
- l'**offre d'emploi**, calculée dans un rayon de **10 km**, est la variable affichant le meilleur coefficient de corrélation négatif avec les distances moyennes parcourues;
- l'**offre d'emploi** locale, calculée dans un rayon d'**1 km**, explique particulièrement bien les parts modales de la marche à pied.
- l'indice d'**accessibilité au bus** est particulièrement bien corrélé aux parts modales observées. Ceci souligne l'importance de la forte proximité des arrêts et de la fréquence de passage des bus à ceux-ci;
- l'indice d'**accessibilité au train** est le seul qui arrive à expliquer les parts modales du train de manière significative;

Figure 11. Évolution des émissions de CO₂ liées aux déplacements domicile-travail par classe de mixité fonctionnelle nette (calculée sur base de la diversité des occupations du sol au COSW)

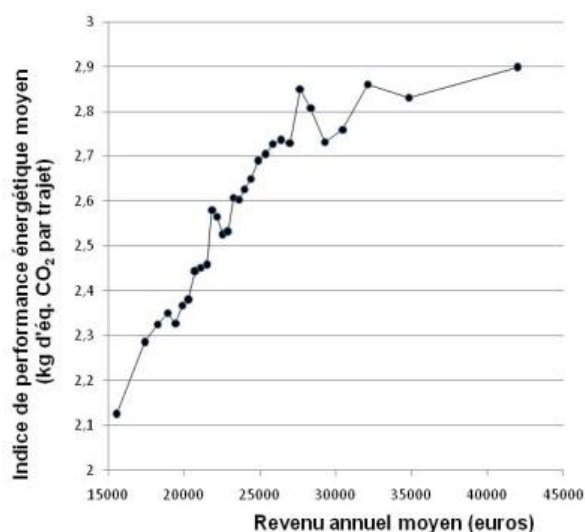


Données : COSW, ONSS, INS, ESE 2001

Cette recherche met l'accent sur la nécessité de prendre les variables socio-démographiques en compte dans les analyses statistiques, car elles forment les comportements de mobilité. Les composantes socio-démographiques (revenus, motorisation, âge, composition des ménages, etc.) doivent être intégrées comme variables dites « de contrôle ». Comme leur nom l'indique, ces variables permettent de contrôler les influences autres que celles de la forme urbaine (Pouyanne, 2004). Nos analyses de corrélation ont donc permis de souligner que :

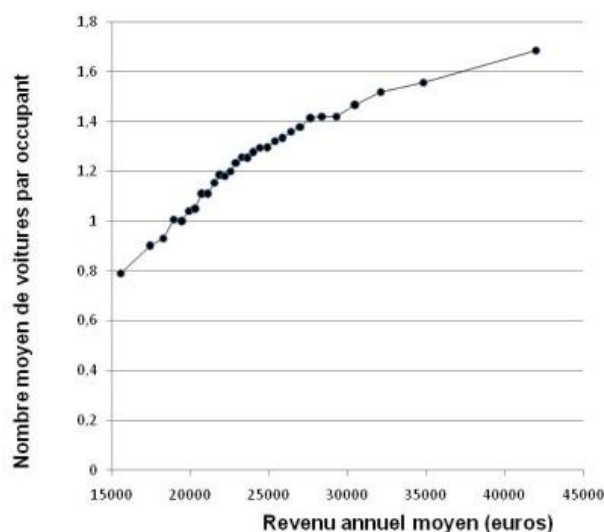
- la **taille** des ménages est importante. Au plus la taille d'un ménage augmente, au plus les distances parcourues et la part modale de la voiture ont tendances à être grandes;
- la **motorisation** est déterminante. Les consommations énergétique entretiennent une corrélation positive avec le nombre de voiture par occupant;
- le **revenu**, qui conditionne notamment l'accès à la voiture individuelle, est également positivement corrélé avec les consommations énergétiques;

Figure 12. Evolution de l'IPE par rapport aux revenus



Sources : ONSS, ESE 2001

Figure 13. Evolution de l'IPE par rapport aux revenus



Sources : ONSS, ESE 2001

De manière similaire aux résultats issus du chapitre mobilité de cette recherche, la densité urbaine et la mixité fonctionnelle sont elles aussi fortement corrélées aux performances énergétiques du bâti.

La détermination des relations de **causalité**, à travers une analyse de régression multivariée, devront dans les prochains mois se baser sur les résultats des corrélations résumés ci-dessus.

Finalement, les premiers croisements entre les performances énergétiques des déplacements domicile-travail et du bu bâti ont permis de mettre en évidence la bonne performance énergétique du milieu « urbain » comparé au milieu « rural » (au sens de la hiérarchie des communes de Van Hecke 1998).

Figure 14. Croisement des performances énergétiques des déplacements domicile-travail et du bâti selon la hiérarchie des communes de Van Hecke



GV= Grande ville ; VR = Ville régionale; PVBE = Petite ville bien équipée ; PVME = Petite ville moyennement équipée ; PVFE = Petite ville faiblement équipée ; CNUBE = Commune non urbaine bien équipée ; CNUME = Commune non urbaine moyennement équipée ; CNUFE = Commune non urbaine faiblement équipée

Sources : Van Hecke, ESE 2001, Documentation Patrimoniales 2010

Ces premières conclusions portent à dire que densité et mixité doivent dans le futur rester au centre de nos investigations pour évaluer les leviers majeurs de l'aménagement du territoire permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre liées aux déplacements domicile-travail et au bâti.