

DÉPERDITION THERMIQUE DES TOITS ET MODES D'HABITAT DES MÉNAGES

Une analyse de la zone urbaine de Charleroi

Par Sébastien Pradella, Marko Kryvobokov, Fatma Lemdani (Centre d'Etudes en Habitat Durable)¹

En collaboration avec Marie Loix, Anne Timmermans, Françoise Jadoul (Espace Environnement)

Juin 2015

L'isolation thermique médiocre des maisons et appartements entraîne des pertes énergétiques qui sont une source d'inconfort et d'appauvrissement des ménages qui y logent. Le toit est un des points de déperditions énergétiques les plus importants d'une habitation.

*Cette note a bénéficié de l'opportunité inédite de croiser, sur la zone urbaine de Charleroi (soit Charleroi, Farciennes, Châtelet, Courcelles et Fontaine-l'Évêque), une première base de données portant sur la mesure de la déperdition thermique des toits grâce à une thermographie aérienne réalisée par **Espace Environnement (asbl)** en mars 2014 dans le cadre du projet européen « Interreg IVB Livinggreen » et une seconde base de données portant sur le mode d'habitat et les caractéristiques de ménages logés (soit l'Enquête wallonne sur la Qualité de l'Habitat 2012-2013).*

Grâce à cet échantillon, les proportions de logements affichant une déperdition thermique « forte » ou « faible » ont été ventilées selon des variables socio-économiques relatives aux occupants (statut d'occupation, composition familiale et âge ou situation professionnelle du chef de ménage, etc.) ou des variables relatives aux choix résidentiels (forme, âge, taille de l'habitat et mode de chauffage).

L'approche visant à mettre en relation la déperdition thermique des logements avec les facteurs socio-économiques (profil et choix résidentiels des ménages) est concluante, dans la zone urbaine de Charleroi, pour affirmer que le traitement des problèmes de faible performance énergétique des logements impose également de tenir compte des contraintes sociales et économiques des ménages.



SYNTHÈSE

¹ Les auteurs remercient vivement les participants – experts, professionnels et chercheurs – à la séance du 23 avril 2015 du cycle de séminaire « Innovations de la recherche en habitat durable » pour leurs précieux commentaires et les explications suggérées qui ont permis d'alimenter cette note de recherche.

1. Introduction

L'isolation de la structure du bâti résidentiel est en enjeu majeur en Wallonie où plus de la moitié des bâtiments résidentiels ont été érigés avant 1946 (DGSIE, Statistiques cadastrales). En dépit des politiques et des efforts, ces dernières années, des ménages pour réaménager des composantes importantes de la construction du logement (ou « retrofitting ») le parc immobilier résidentiel conserve une partie non négligeable de logements présentant des performances médiocres en matière d'isolation thermique.

Outre l'insalubrité des habitations qu'elle peut engendrer sur le long terme, l'isolation thermique médiocre des maisons et appartements entraîne des pertes énergétiques qui sont une source d'inconfort et d'appauvrissement des ménages qui y logent. La manière dont se cumulent les failles ou, à l'inverse, les gains d'isolation thermique des habitations au sein du parc immobilier est un phénomène complexe.

A l'échelle d'un bâtiment, l'analyse des interactions entre les éléments d'isolation thermique des bâtiments fait habituellement l'objet d'un diagnostic par les experts techniques de la construction. Or, l'isolation thermique des logements n'est pas qu'un problème technique ; toutes les caractéristiques du mode d'habiter des ménages favorise ou non l'amélioration de la performance énergétique du bâtiment. Les préférences, les statuts d'occupation, les modes de chauffage ou de consommation des énergies choisis par les habitants influencent la performance thermique globale des habitations. Une évidence doit être rappelée : la déperdition d'énergie se produit d'abord et avant tout lorsque le logement est occupé par un ménage. Par ailleurs, il ne faut pas ignorer que l'isolation thermique peut imposer des adaptations importantes de comportements des occupants sous peine de produire des effets indésirés (Oliva, Courgey, 2010)².

Vivre dans des logements présentant des pertes thermiques plus ou moins importantes est le résultat de plusieurs facteurs comportementaux (sensation de froid, attitude économe, etc.) ou structurels (situation socio-économique, etc.) caractérisant les ménages. Analyser ces facteurs requiert une mobilisation conjointe de données socio-économiques et de données techniques.

Sur le plan méthodologique, la réponse à cette interrogation est d'autant plus difficilement appréhendable qu'une grande quantité de variables doivent être observées simultanément. Il y a ainsi très rarement une quantification disponible, pour une région ou une ville, sur l'ensemble des mesures thermiques des bâtiments résidentiels associées à des données sur les comportements et les caractéristiques des ménages occupants.

Cette note de recherche a pour objectif d'observer les principales interactions entre les modes d'habitat, les conditions socio-économiques des ménages logés et la déperdition

² Par exemple, « l'effet thermos » désigne la situation où la température intérieure augmente rapidement en raison de faibles étanchéités à l'air extérieur. Une isolation thermique améliorée s'accompagne généralement d'un renforcement de l'étanchéité du bâtiment et, en conséquence, peu ou plus du tout perméables à la vapeur d'eau. Les occupants sont alors souvent confrontés à une gestion complexe du chauffage et de la ventilation de leur logement. L'effet thermos a pour conséquences : augmentation de la concentration en teneurs nocives dont le CO² et de l'humidité dans l'air. En été, il provoque des surchauffes importantes et inconfortables.

thermique des toits. Elle n'offre pas une analyse causale proprement dite de la déperdition thermique importante ou faible des toits. Tout au plus, il s'agit de mesurer les configurations entre le mode d'habitat et le degré de déperdition thermique des toits. Plutôt qu'une analyse des micro-comportements, la note vise à repérer statistiquement les grands types de situations de performance thermique pour l'ensemble du parc immobilier résidentiel en tenant compte des caractéristiques de la population des ménages qui y habitent.

Pour ce faire, cette note a bénéficié de l'opportunité inédite de croiser, sur la zone urbaine de Charleroi, une première base de données portant sur la mesure de la déperdition thermique des toits par la réalisation d'une thermographie aérienne (voir Encadré 1) et une seconde base de données portant sur le mode d'habitat et les caractéristiques de ménages logés (soit l'Enquête sur la Qualité de l'Habitat 2012-2013, voir Encadré 2). Les mesures précises effectuées sur la déperdition d'énergie ont été réalisées par **Espace Environnement (asbl)**, partenaire du projet européen intitulé « Interreg IVB Livinggreen », portant sur la rénovation durable du patrimoine bâti existant. **Espace Environnement (asbl)** a fait réaliser en mars 2014 la thermographie aérienne de tous les bâtiments compris dans la zone composée des communes de Charleroi, Farciennes, Châtelet, Courcelles et Fontaine-l'Évêque. Les informations relatives aux modes d'habitat et aux caractéristiques (forme, type, âge, état de salubrité observé) des logements proviennent quant à elles de l'Enquête sur la Qualité de l'Habitat (EQH) en Wallonie 2012-2013 sur un échantillon représentatif de plus de 6.000 logements.

Dans la première section, les données sont présentées et commentées par rapport à leur représentativité. La seconde section porte plus spécifiquement sur la relation entre les formes d'habitat et la déperdition thermique des logements. La dernière section s'intéresse à l'interaction entre le profil des ménages avec la déperdition thermique mesurée à la surface des toits.

Encadré 1 – Thermographie aérienne sur la zone urbaine de Charleroi 2014

La thermographie aérienne est une technologie qui permet de donner une indication sur les déperditions thermiques des objets en appliquant des caméras infrarouges. Comme résultat, cette technologie innovante permet de rendre visible les déperditions des objets avec un thermogramme et à une échelle de couleurs, qui peuvent servir à produire des cartes. La thermographie aérienne est souvent appliquée aux bâtiments pour analyser les déperditions thermiques par leurs toits. Une déperdition thermique élevée peut signifier deux choses : soit le bâtiment est mal isolé, soit le bâtiment est trop chauffé. Des images aériennes sont réalisées normalement en hiver, quand il n'y a pas de verdure, pour mettre en évidence les défauts d'isolation thermique des toitures.

Les partenaires associés au projet de la thermographie aérienne sur la zone urbaine de Charleroi sont les communes concernées, la Maison de l'énergie, la Maison de l'habitat durable ainsi que le Guichet de l'Energie de Charleroi. Cette thermographie a été effectuée le 5 mars 2014 au soir en utilisant un avion. Les caméras infrarouges étaient reliées à un ordinateur permettant une visualisation et un enregistrement des données en temps réel. Une carte avec une échelle de couleurs composée de six classes de la déperdition thermique des toits (*excessive, très forte, forte, modérée, faible et non perceptible ou nulle*) représentent les résultats. Parce que la thermographie infrarouge ne permet pas de mesurer de température sur les surfaces métalliques (à basse émissivité), les toitures en zinc, tôle, acier ou bardeau bitumineux sont apparus en classe *non*

perceptible ou nulle. Dans la base de données des résultats de la thermographie aérienne il y a plus de 124.000 observations de toits.

Encadré 2 – Enquête sur la Qualité de l'Habitat en Wallonie 2012-2013

L'Enquête sur la Qualité de l'Habitat en Wallonie 2012-2013 a été commandée par le Service Public de Wallonie (DGO4) et pilotée et analysée par le Centre d'Etudes en Habitat Durable. Cette enquête continue les précédentes éditions réalisées par l'Institut national de Logement (1961-1962 ; 1971-1972 ; 1981-1982) ainsi que par la Région Wallonne (1994-1995 ; 2006-2007). L'objectif principal de cette enquête est de décrire l'état du parc des logements en Wallonie, d'évaluer le poids du logement dans le budget des ménages, de connaître les consommations énergétiques. Cette enquête est un outil d'aide à la décision du gouvernement wallon.

L'enquête a été conduite sur le terrain par la société TNS DiMarso entre novembre 2012 et juillet 2013 auprès d'un échantillon représentatif des ménages wallons habitant dans un logement particulier. La stratégie d'échantillonnage a été opérée en termes de revenus par zone géographique et de degré d'urbanisation. Les questionnaires ont été réalisés dans le logement de chacun des ménages, en face-à-face, soit auprès de 6.018 ménages.

L'enquête aborde les caractéristiques générales du bâtiment (type, âge, état de la structure intérieure et extérieure), celles du logement (description des différentes pièces d'habitation : superficie, humidité, chauffage, etc.) ainsi que la description du ménage (les informations socio-démographiques et le profil des membres du ménage).

2. Les données

Si les données techniques tirées de la thermographie aérienne couvrent l'ensemble des bâtiments dans les 5 communes visées par cette expérience (nous désignerons dans la suite du texte ces communes par « zone urbaine de Charleroi » par commodité), les données socio-économiques tirés de l'enquête sur la qualité de l'habitat correspondant à la zone ainsi déterminée portent quant à elles sur un échantillon. Le recoupement des deux bases de données précitées aboutit à un échantillon consolidé de 488 observations. Il est à noter que la distribution de l'échantillon entre les communes de la zone étudiée est *grosso modo* proportionnelle à la taille des communes (69,1% des observations à Charleroi et le solde se répartit dans les communes périphériques). Le taux de sondage obtenu par l'échantillon consolidé est de 0,4% (sur une population de 130.432 logements classiques occupés, CENSUS 2011). La marge d'erreur se situe à un niveau acceptable de 4,43% pour une proportion de 50%.

Nous choisissons d'apprécier la représentativité de l'échantillon obtenu principalement par rapport à la répartition des déperditions d'énergie mesurées sur les toits des bâtiments de la zone urbaine de Charleroi. Ce critère est la variable principale à analyser pour cette étude³ (Tableau 1). Comme cela est fréquemment observé, l'échantillon n'est ni complètement représentatif ni complètement biaisé. Il conserve une distribution proche de celle de l'ensemble de la population de bâtiments ayant fait l'objet de la thermographie aérienne. Il ressort du tableau ci-dessous que l'échantillon conserve une distribution

³ D'autres critères de représentativité sont soit non pertinents en regard de la problématique de cette note de recherche, soit invérifiables en raison de l'absence de recensement complet actualisé sur l'ensemble de la population concernée.

globalement similaire à la classification de l'ensemble du parc de la zone urbaine de Charleroi. Après l'exécution des tests statistiques requis, il n'y a pas de différences statistiques significatives (au niveau de 5%) entre l'échantillon et la population retenue, à l'exception de la catégorie des logements avec une déperdition thermique excessive. Celle-ci est surreprésentée dans l'échantillon obtenu par recoupement des bases de données.

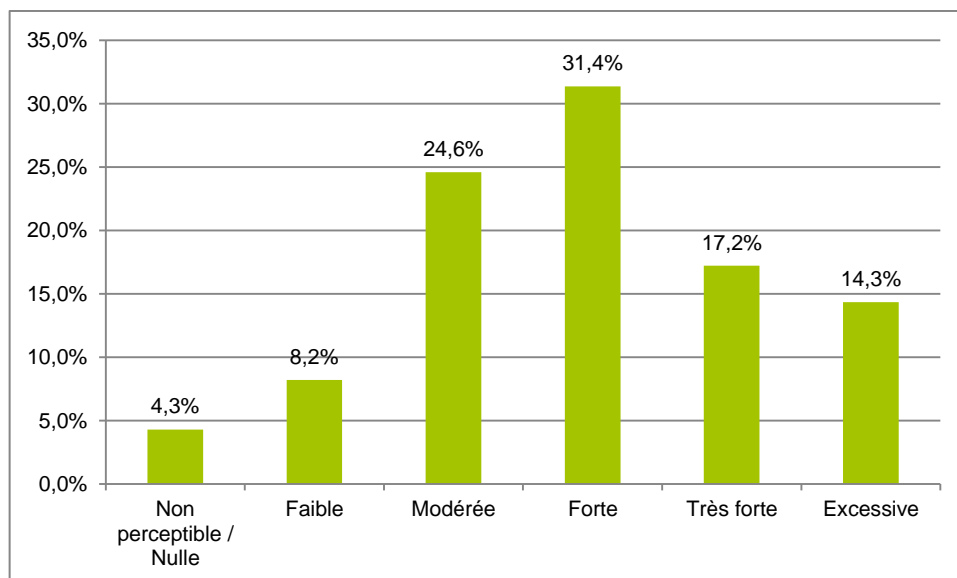
Tableau 1 – Distributions de la déperdition thermique pour l'échantillon et la population

Déperdition thermique moyenne	Echantillon		Population	
	Nombre d'observations	% d'observations	Nombre d'observations	% d'observations
Non-perceptible/nulle	21	4,3%	6988	5,6%
Faible	40	8,2%	13511	10,9%
Modérée	120	24,6%	32987	26,6%
Forte	153	31,4%	37309	30,0%
Très forte	84	17,2%	22474	18,1%
Excessive	70	14,3%	10915	8,8%
Total	488	100,0%	124184	100,0%

La distribution de l'échantillon obtenu par recoupement des bases de données en termes de catégories de déperdition thermique mesurée sur les toits présente une allure satisfaisante proche d'une courbe de Gauss (

Graphique 1).

Graphique 1 – Distribution de la déperdition thermique des bâtiments résidentiels repris dans l'échantillon



Champ : ensemble des logements repris dans l'échantillon obtenu (N : 488)

La déperdition thermique des toits est mesurée par une échelle ordinale de six catégories. Vu la taille limitée de notre échantillon d'étude, le fait de conserver cette échelle en six catégories conduit à ce que les tableaux croisés soient inexploitablement statistiquement en raison d'un effectif infime par cellule. En d'autres termes, il en résulte une impossibilité d'affirmer valablement l'existence d'une différence statistique. C'est pourquoi nous utiliserons deux grandes catégories regroupées qui réduisent certes la nuance apportée dans la mesure de déperdition thermique mais autorisent valablement les croisements statistiques. Ainsi, la déperdition thermique est mesurée, pour toute la suite de l'analyse, par deux catégories regroupées :

- la « déperdition faible » regroupant les modalités « non-perceptible/nulle », « faible » et « modérée » ;
- la « déperdition forte » : les modalités « forte », « très forte » ou « excessive ».

En comparant les distributions de l'échantillon et de la population mère (Tableau 2), il est à noter que la catégorie regroupée « déperdition forte » de l'échantillon est plus importante (+6% d'écart). Cela signifie que le regroupement en deux catégories entraîne une surreprésentation des logements avec une forte déperdition d'énergie dans l'échantillon d'étude obtenu par recoupement. Pour lever tout risque d'invalidation potentielle des constats formulés sur le groupe surreprésenté de logements, les conclusions des analyses statistiques seront ici uniquement formulées si la différence observée est suffisamment marquée à tel point que la surreprésentation des catégories de forte déperdition thermique ne puisse pas changer le résultat même si la proportion ou le paramètre considéré de la population devait être différent.

De manière plus précise que les catégories, signalons que la température moyenne à la surface des toits relevée sur l'échantillon (12,0° C) est très proche de la température moyenne relevée sur l'ensemble de la population (11,8° C). Ceci indique une représentativité acceptable de l'échantillon.

Tableau 2 – Distribution de « déperdition forte » et « déperdition faible » pour l'échantillon et la population.

	Echantillon		Population	
	Nombre d'observations	% d'observations	Nombre d'observations	% d'observations
Déperdition forte	307	62,9%	70.698	56,9%
Déperdition faible	181	37,1%	53.486	43,1%
Total	488	100,0%	124.184	100,0%

De manière complémentaire, l'échantillon obtenu est plutôt représentatif par rapport à la typologie du parc. Au sein de l'échantillon, il y a 359 maisons et 128 appartements, soit respectivement 73,3% et 26,3%. On retrouve une proportion majoritaire de logements en maisons individuelles, ce qui est conforme aux statistiques cadastrales.

Notons que l'échantillon contient des appartements qui sont tous bel et bien situés dans le bâtiment thermographié à laquelle se rapporte une valeur de déperdition thermique mais, en revanche, tous ne se trouvent pas au dernier étage soit en contact direct avec le toit⁴.

⁴ L'enquête sur la qualité de l'habitat a également échantillonné des appartements qui étaient situés à différents étages au sein de leur immeuble collectif.

Parmi les appartements contenus dans l'échantillon, 54 (soit 42%) se trouvent au dernier étage, donc en contact direct avec le toit. Afin de ne pas biaiser la représentativité de l'échantillon et permettre une analyse, les autres appartements qui ne sont pas situés au dernier étage ne sont pas exclus de la base. Cette solution n'a pas d'impact par rapport à l'interprétation des croisements réalisés et elle permet surtout de conserver un échantillon de taille suffisante. Plusieurs raisons confortent ce choix :

- 1) La performance énergétique d'un immeuble collectif est principalement calculée sur l'ensemble de la structure du bâtiment. La performance de chaque appartement au sein de l'immeuble est donc liée à celle du bâtiment, notamment le toit, et ce quel que soit l'étage. Ajoutons que les planchers intermédiaires sont rarement isolés thermiquement. L'appartement en étage intermédiaires est également impacté par les déperditions thermiques de l'enveloppe globale de l'immeuble.
- 2) A l'intérieur des immeubles collectifs, il y a peu de variation qualitative des logements qui s'y trouvent. Il est rare de voir se côtoyer un appartement de classe énergétique A avec un autre de classe F dans le même immeuble. En d'autres termes, l'appartement sondé en étage intermédiaire donne une assez bonne image de la situation au dernier étage également. La plupart du temps, les variations à l'intérieur d'un immeuble portent sur les équipements sanitaires, électriques, etc.
- 3) De même, les immeubles à appartements sont relativement homogènes sur le plan des catégories sociales qui s'y côtoient (d'où la préoccupation pour la mixité sociale).

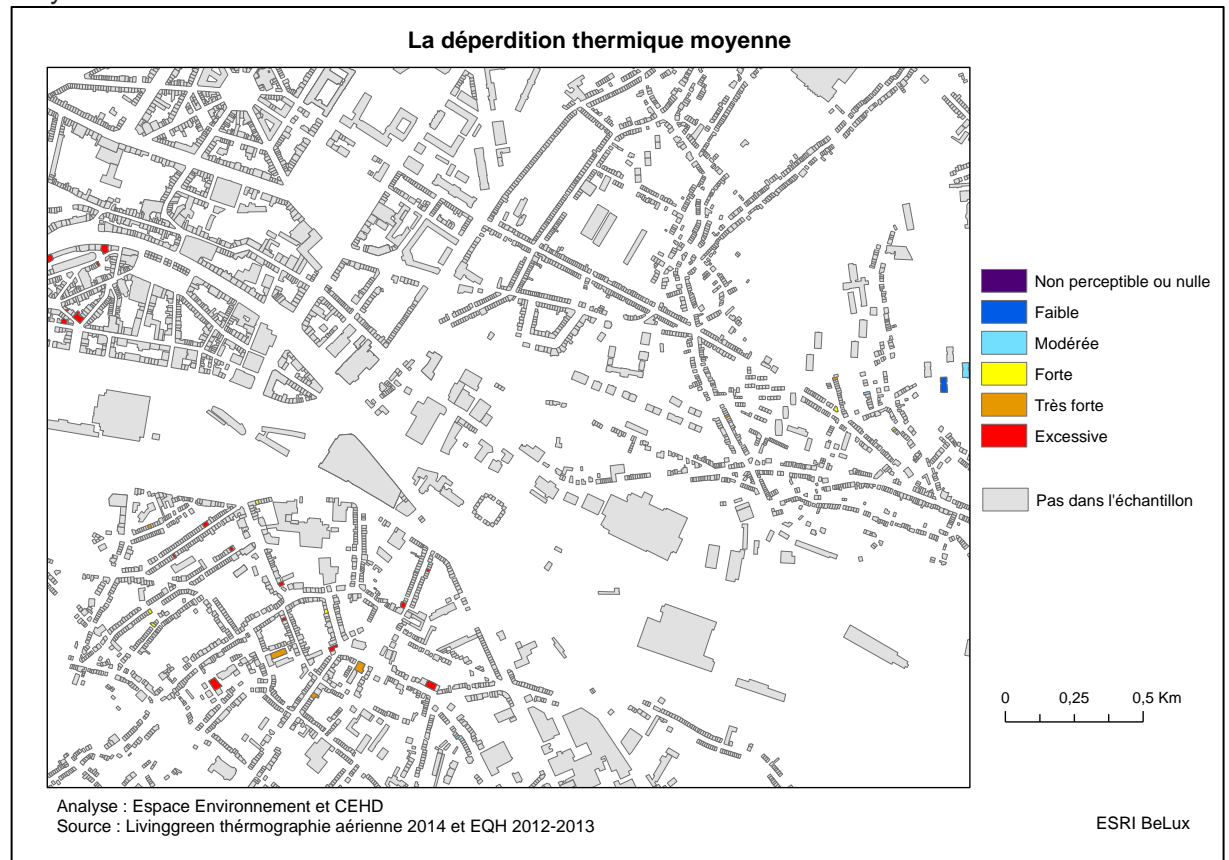
Par rapport au statut de propriété (Tableau 3) de logement, l'échantillon est plutôt représentatif. Les proportions de propriétaires, de locataires du secteur privé et de locataires du logement social de l'échantillon sont statistiquement indifférentes de celles relevées par rapport au parc de logements occupés dans les communes concernées, selon les données de CENSUS 2011 et du recensement du parc des SLSP 2011.

Tableau 3 – Statut d'occupation du logement

	Echantillon		Population	
	Nombre d'observations	% d'observations	Nombre d'observations	% d'observations
Propriétaires	275	56,6%	73.994	57,4%
Locataires – Sect. particulier	164	33,7%	40.724	31,6%
Locataires – Sect. soc./pub.	47	9,7%	14.161	11,0%
Total	486	100,0%	128.879	100,0%

La Carte 1 offre une représentation de la diffusion très large des logements qui se trouvent dans l'échantillon obtenu pour un fragment (pour des raisons de lisibilité) correspondant seulement au centre de Charleroi. Ainsi, on peut observer que l'échantillon est bien dispersé au niveau géographique à l'intérieur de la zone étudiée.

Carte 1 – Fragment de l'échantillon des logements avec leur déperdition thermique moyenne



Enfin, avant d'entamer l'analyse proprement dite de la déperdition thermique des toits sous l'angle des modes d'habitat des ménages qui est au cœur de cette note de recherche, il faut apporter quelques précisions techniques complémentaires relatives aux toits des habitations repris dans l'échantillon. La base de données de l'enquête sur la qualité de l'habitat contient quelques informations techniques sur les toits thermographiés. Au sein de l'échantillon, deux logements sur trois n'ayant pas d'isolation du toit affichent une déperdition thermique forte et bien mesurée par la thermographie (Tableau 4). Le fait de ne pas constater une part de 100% de ces observations avec une déperdition thermique forte s'explique par une raison principale : le tiers de logements sans toits isolés mais avec une déperdition thermique faible tient aux comportements d'auto-restriction pour se chauffer des occupants ou d'équipements précaires en matière de chauffage de ces logements.

Dans la même manière, on note que plus d'un logement dont le toit est isolé (partiellement ou totalement) sur deux, présente également une déperdition forte. Cela s'explique par deux raisons simples. D'une part, l'isolation peut s'avérer non performante ou insuffisante : l'épaisseur de l'isolant peut ne pas être suffisante ou être trop ancienne ; les problèmes de poses restent courants notamment lorsqu'elle est effectuée par le particulier. D'autre part, le relevé de cette mesure n'a pas été fait au moyen de mesures – puisque ce n'était pas l'objectif d'une enquête statistique d'ampleur régionale – mais sur la base de visites d'enquêteurs statistiques qui ont pu relever, comme indiqué, des isolations partielles. Celles-ci présentent, pour rappel, une efficacité bien moindre.

Tableau 4 – Pourcentage de logement avec la déperdition thermique « forte » et « faible » ainsi que la température moyenne selon l'isolation de la toiture

	Isolée partiellement ou sur toute sa surface	Pas isolée
Déperdition forte	56,4%	66,6%
Déperdition faible	43,6%	33,4%
Température moyenne, °C	11,7	12,0
N	206	198

3. La déperdition thermique des toits et les formes d'habitat choisies par les ménages

Les choix – plus ou moins contraints – des ménages en termes de formes et de modes d'habitat ont une relation avec la déperdition thermique constatée à la surface des toits. Vivre en immeuble collectif est-il associé à un meilleur effort partagé d'isolation thermique ou, à l'opposé, empêche-t-il toute maîtrise de cette dernière ? Consommer et chauffer de grandes surfaces pour se loger signifie-t-il aussi courir le risque de plus de pertes thermiques ? Pour rappel, la présente note n'a pas pour vocation à dresser une analyse complète des causalités multiples (d'ordre socio-économiques) qui contribuent aux pertes d'énergie thermique du secteur résidentiel mais à observer statistiquement les relations prises séparément entre la déperdition de chaleur et les variables relatives aux formes d'habitat (type, âge, surface occupée, mode de chauffage) pour lesquelles optent les ménages.

Soulignons enfin que cette étude ne porte pas sur un relevé détaillé des capacités d'utilisation des techniques de gestion de l'énergie au sein du logement (thermostat, ventilation naturelle, évacuation de l'humidité ambiante, etc.). L'intérêt d'une telle analyse est incontestable mais elle est rare et coûteuse à réaliser. Dans cette veine, la présente note de recherche vise – pour le moins – à mettre en évidence les plus grands facteurs comportementaux ou structurels du ménage, qui renvoient le plus souvent aussi aux contraintes d'utilisation des occupants. Du point de vu de la technique statistique, de très nombreux croisements multiples de variables pour approfondir l'analyse ne sont malheureusement pas possibles en raison, entre autres, des faibles effectifs qui seraient obtenus dans les tableaux ainsi ventilés.

3.1. La déperdition thermique et le type de logement

Les ménages choisissant de vivre dans des immeubles à appartements et partageant ainsi un toit commun sont-ils moins fréquemment confrontés à des déperditions thermiques de la toiture que ceux-ci vivant dans des maisons individuelles sous leur toit propre ? Ou, au contraire, les immeubles à appartements ne privent-ils pas chaque ménage du moyen de contrôler les déperditions thermiques du toit ? De même, l'individualisation de l'habitat en maison ne rend-t-il pas la maîtrise difficile de l'isolation d'une multitude de toits séparés ?

Le Tableau 5 indique que la déperdition thermique forte frappe sept appartements sur dix contre trois maisons sur cinq. Presqu'un demi degré (0,4° C) d'écart est mesuré en moyenne entre les immeubles collectifs et les maisons. La surreprésentation des habitations à forte déperdition dans l'échantillon n'est pas susceptible de contredire ce constat tant pour les appartements que les maisons.

Le mode d'habitat en appartement ne semble pas favoriser une meilleure isolation de l'isolation du bâti. La gestion collective de l'immeuble entre copropriétaires est sans doute à l'origine de la maîtrise moins forte des déperditions thermiques alors que l'action sur toit partagé par plusieurs logements permettrait un impact à plus grande échelle. Cela confirme l'importance, mise en avant par de nombreux professionnels du secteur, des dimensions sociales et économiques du processus de rénovation énergétique des logements, qui ne peuvent pas se réduire à des simples opérations techniques. D'ores et déjà connu des professionnels, ce constat peut être chiffré grâce au recoupement réalisé des deux bases de données mentionnées sur la thermographie et la qualité de l'habitat.

Tableau 5 – Pourcentage de logements avec la déperdition thermique « forte » et « faible » ainsi que la température moyenne selon le type de logement

	Tout l'échantillon	Maisons	Appartements
Déperdition forte	62,9%	60,4%	70,3%
Déperdition faible	37,1%	39,6%	29,7%
Température moyenne, °C	12,0	11,9	12,3
N	488	359	128

3.2. La déperdition thermique et l'âge du logement

L'âge de la construction résidentielle reflète le degré d'utilisations des techniques d'isolation thermique du toit, des murs et des sols. Dans le même temps, le rythme de renouvellement ou d'obsolescence du parc résidentiel dépend des choix résidentiels des ménages qui se portent sur des logements plus anciens, soit parce que l'acquisition de biens anciens est abordable financièrement, soit par préférence pour des logements d'époque ancienne offrant plus de superficie notamment.

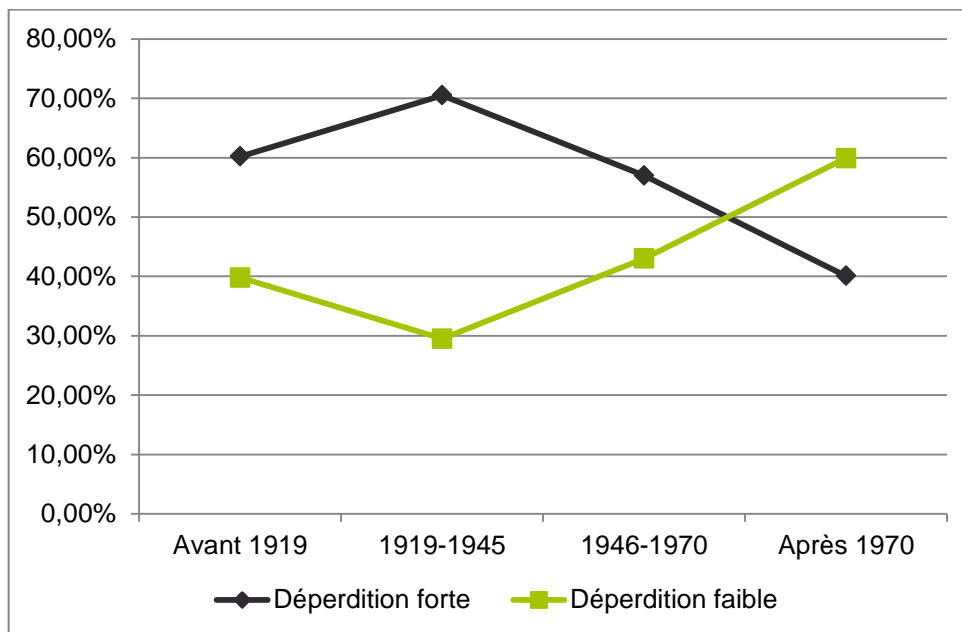
En se localisant dans des logements plus anciens, les ménages sont plus souvent confrontés à la déperdition thermique de leurs toits. A la lecture du Tableau 6, au minimum trois logements sur cinq avant 1970 affichent une déperdition forte. La surreprésentation de l'échantillon de cette dernière catégorie ne saurait potentiellement inverser les tendances marquées. Une part, non négligeable, des occupants de logements datant d'avant 1970 effectuent des rénovations isolant le toit. Les logements neufs de moins de 45 ans sont majoritairement marqués par une faible déperdition thermique. Ce sont les logements construits durant l'entre-deux-guerres qui présentent le plus fréquemment une forte déperdition thermique du toit. Les logements avant 1919 qui parviennent jusqu'à la période actuelle présentent des caractéristiques ayant fait l'objet d'investissements de rénovation ou ne subsiste aujourd'hui que la part des bâtiments les plus remarquables architecturalement et qualitativement. Cela se traduit par une proportion un peu moindre de logements avec une déperdition thermique forte.

Tableau 6 – Pourcentage de logement avec la déperdition thermique « forte » et « faible » ainsi que la température moyenne selon l'époque de construction du logement⁵

	Avant 1919	1919-1945	1946-1970	Après 1970
Déperdition forte	60,2%	70,5%	57,0%	40,1%
Déperdition faible	39,8%	29,5%	43,0%	59,9%
Température moyenne, °C	11,9	12,2	11,9	11,4
N	78	122	100	70

Le Graphique 2 montre la relation existante entre la déperdition thermique des toits des bâtiments résidentiels et l'âge de la construction. La part minoritaire des logements les plus vieux qui échappent à ce constat sont ceux qui ont été rénovés ou dont les occupants éprouvent des difficultés à chauffer leur logement (raison pour laquelle une déperdition faible ou nulle a pu être relevée).

Graphique 2 – Pourcentage de logements avec une déperdition thermique forte ou faible selon l'âge du logement.



3.3. La déperdition thermique et la taille des logements

Plus les ménages choisissent d'occuper des logements de grande taille, plus l'enveloppe du bâti et du toit dont il faut maîtriser les déperditions thermiques est importante. Pour le ménage, l'adéquation de la taille du logement à ses besoins réels permet partiellement de mieux maîtriser les déperditions thermiques. La grande taille d'un logement peut signifier la situation économique confortable du ménage, capable également de financer son

⁵ Sur l'enquête EQH, il y a l'information sur les travaux de rénovations de logements au cours des trois dernières années, mais l'effectif de logements rénovés est faible pour des croisements avec les attributs thermiques.

isolation, tout comme elle peut correspondre à de vieux logements inadaptés en termes de taille et que les ménages occupent « faute de mieux ». Rappelons que la taille de l'échantillon fait obstacle à des croisements de ces multiples critères simultanément.

La mesure de la déperdition thermique des toits avec la taille du logement doit être interprétée attentivement. En effet, l'ingénierie de l'isolation thermique des bâtiments enseigne que les moindres surfaces de toiture des petits logements se refroidissent plus rapidement au contact de l'air extérieur. Dans ce cas, la déperdition thermique y est plus rapidement difficile à mesurer ; ce qui tend à la sous-estimer. En ce qui concerne les plus grandes surfaces de toiture des logements plus spacieux, la chaleur à l'intérieur du logement s'échappe moins rapidement.

Ainsi, pour les grands logements (de plus de 100 m²) du parc immobilier de la zone urbaine de Charleroi, plus d'un sur deux présente une déperdition forte (Tableau 7). Toutefois, l'écart observé pourrait être potentiellement réduit en raison de la surreprésentation des logements à forte déperdition repris dans l'échantillon. Dans le parc résidentiel, autant de grands logements de médiocres qualités que des grands logements avec une bonne performance semblent se côtoyer.

Les petits logements sont bien plus fréquemment confrontés à la forte déperdition thermique des toits que les grands logements. Près de trois quarts des petits logements (moins de 71 m²) sont très significativement impactés par une déperdition thermique forte des toits. En dépit d'une taille plus petite, la qualité générale de ces habitations est très souvent médiocre et se conjuguent avec des ménages occupants dont les ressources financières ou le statut juridique d'occupation réduisent vraisemblablement la capacité à effectuer les travaux d'isolation du toit. On observe que le segment qualitativement inférieur du marché résidentiel est ainsi plus souvent marqué par des déperditions thermiques fortes. L'intuition de départ de cette note semble se vérifier : les situations de fortes déperditions thermiques vécues dans les habitations paraissent être influencées par la conjonction de plusieurs éléments caractéristiques du mode d'habitat. Des analyses causales sont bien sûr nécessaires pour les spécifier davantage mais elles ne sont pas techniquement traitables dans le cadre de cet échantillon.

Tableau 7 – Pourcentage de logement avec la déperdition thermique « forte » et « faible » ainsi que la température moyenne selon la taille du logement

	Moins de 71 m ²	71-100 m ²	101-150 m ²	Plus de 151 m ²
Déperdition forte	72,4%	63,3%	57,4%	54,7%*
Déperdition faible	27,6%	36,7%	42,6%	45,3%*
Température moyenne, °C	12,2	12,0	11,8	11,7
N	127	155	164	42

* – nombre d'observations est inférieur à 30

3.4. La déperdition thermique et l'humidité du logement

L'humidité du logement est une caractéristique des conditions et du mode d'occupation du logement par le ménage. L'humidité est provoqué conjointement par des composantes structurelles dégradées du bâti (fuite par le toit, fissures, remonté d'eau par capillarité, etc.) et par des comportements – souvent contraints – des ménages (mauvaise

élimination de la vapeur d'eau produite par les activités de la cuisine, hygiène corporelle, lessive, etc.).

A la différence de la taille et du type de logement, l'humidité est tant un facteur qu'une conséquence de la déperdition thermique mesurée à la surface des toits des habitations. En effet, au fil du temps, la présence d'humidité induit très souvent un effort de chauffage supplémentaire des ménages occupants, ce qui nourrit les déperditions thermiques mesurée à la surface des toits. De même, elle crée des dégradations au bâti, à l'origine ensuite de source d'humidité pour les occupants (c'est-à-dire les ponts thermiques⁶).

Le Tableau 8 indique assez clairement une relation entre l'humidité répandue dans plusieurs pièces du logement et la fréquence de la déperdition thermique forte mesurée des toits des logements. Ainsi, sept logements sur dix ayant plus de 20% des pièces intérieures frappées par l'humidité sont en forte déperdition thermique du toit. La déperdition thermique mesurée signifie qu'un effort de chauffage est produit par le ménage. Cet effort est loin de composer l'humidité générée tant par les comportements liés à l'occupation que par l'enveloppe dégradé du bâtiment. Notons que trois logements sur cinq n'ayant pas de signes d'humidité – au moment de l'enquête – présentent néanmoins une forte déperdition thermique. Les logements sans signes d'humidité représentent trois quarts de l'échantillon. Ces logements, avec le même mode d'occupation, risquent d'entamer un processus de dégradation (avec humidité) si aucune amélioration n'est apportée à l'isolation. Enfin, 29,1% des logements n'ont ni humidité ni déperdition thermique importante.

Tableau 8 – Pourcentage de logement avec la déperdition thermique « forte » et « faible » ainsi que la température moyenne selon le pourcentage de pièces du logement touchées par l'humidité

	Pas de pièces humides	Présence d'humidité dans maximum 10% des pièces	Présence d'humidité dans 11% à 20% des pièces	Présence d'humidité dans plus de 20% des pièces
Déperdition forte	61,3%	63,4%*	68,9%	71,5%*
Déperdition faible	38,7%	36,6%*	31,1%*	28,5%*
Température moyenne, °C	12,0	11,9	11,9	12,1
N	367	41	45	35

* – nombre d'observations est inférieur à 30

⁶ Un *pont thermique* est une faiblesse ponctuelle ou linéaire de l'étanchéité de l'enveloppe de la maison (murs, toits, zones de jonction entre les matériaux, ...) qui laisse passer la chaleur de façon privilégiée. Cela crée un *pont thermique* ou une *ligne froide* dans la structure où la vapeur d'eau a tendance à se condenser (<http://sante-habitat.be/infos-polluants/polluants-physiques/humidite>). La conséquence la plus considérable d'un *pont thermique* est la déperdition calorifique ; plus un bâtiment est isolé, plus les ponts thermiques prennent une part conséquente dans la transmission de la chaleur à travers ses parois externes.

3.5. La déperdition et le système de chauffage du logement

Le système de chauffage permet de produire la chaleur qui est mesurée en déperdition thermique ou non (s'il y a isolation) à la surface du toit de l'habitation. Le mode de chauffage et son utilisation sont des caractéristiques du mode d'occupation du ménage. Nous retenons ici de manière très basique la distinction entre les logements qui possèdent un chauffage central (pas nécessairement tous performants) et ceux qui ne disposent que d'un chauffage local (poêle, etc.). Le premier offre une capacité de chauffe et de confort meilleure que le second. Quatre configurations se présentent.

Lorsqu'un chauffage local unique à l'intérieur de l'habitation se conjugue avec une déperdition thermique forte, il crée un inconfort et un gaspillage pour le ménage occupant. Cette situation concerne près de sept logements sur dix, parmi ceux disposant uniquement d'un chauffage local (Tableau 9). Pour les 30,4% restant, la déperdition thermique faible témoigne plus sûrement d'une faible capacité du chauffage local – ou d'une autorestriction de l'occupant – qui génère un inconfort. Au sein de l'échantillon, 16,8% des logements sont concernés par ce mode de chauffage peu performant.

Lorsqu'un système de chauffage central – quelle que soit l'énergie – présent dans le logement se conjugue avec une déperdition forte, le ménage rencontre probablement un inconfort moindre mais un réel gaspillage de ses ressources énergétiques. Un peu plus de trois logements sur cinq équipés d'un chauffage central fait l'expérience de perte thermique au niveau du toit. La surreprésentation des logements avec forte déperdition n'est pas susceptible d'infirmier ce constat. Deux logements sur cinq équipés d'un chauffage central affichent une déperdition thermique faible de leurs toits. Au sein du parc résidentiel de la zone de Charleroi, ces logements avec une déperdition thermique faible et un système de chauffage central représentent 38,6%. Ce sont les cas offrant le meilleur confort et la meilleure performance aux ménages occupants.

Tableau 9 – Pourcentage de logement avec la déperdition thermique « forte » et « faible » ainsi que la température moyenne selon le mode de chauffage

	Chauffage central, urbain ou mixte	Chauffage local uniquement
Déperdition forte	61,4%	69,6%
Déperdition faible	38,6%	30,4%*
Température moyenne, °C	11,9	12,2
N	386	82

* – nombre d'observations est inférieur à 30

3.6. La déperdition thermique et la salubrité des logements

Pour caractériser le niveau minimal de conditions d'habitat dans lesquelles sont amenés à vivre les ménages, nous utilisons un indice de salubrité calculé à cette fin (

Encadré 3). *A priori*, lorsqu'un bon niveau de salubrité n'est pas rencontré, le ménage subit des déperditions de chauffe dans son logement. Près de quatre logements sur cinq en situation d'insalubrité grave (score inférieur à 10) sont également victimes de forte déperdition thermique du toit (Tableau 10). Plus la salubrité augmente, plus la proportion de logements avec une faible déperdition thermique augmente.

Toutefois, même lorsque le logement est salubre (> 20), la déperdition thermique mesurée à la surface de la toiture peut être importante. La raison en est simple : la salubrité – telle que définie par la législation wallonne – n'est pas à confondre avec la performance énergétique du bâtiment. Un logement peut être minimalement salubre mais rester faible au niveau de la performance énergétique.

Une nouvelle illustration de l'importance d'observer les variables socio-économiques de ménages pour appréhender correctement les résultats de déperdition d'énergie concerne la part de ménages vivant dans des conditions de logement insalubres mais pour lesquels une déperdition faible a été relevée. Il s'agit de 21% des logements insalubres selon l'indice. L'explication est plus que probablement le manque d'équipements de chauffage de ces occupants voire l'impossibilité d'acquérir les énergies pour se chauffer.

Encadré 3 – Indices de salubrité du bâtiment

La construction de l'indice de salubrité du bâtiment a été réalisée à partir des données EQH 2012-2013 en utilisant la méthodologie créée en 2007 (Cassilde, 2014).

L'indice de salubrité du bâtiment prend en considération : la stabilité de la charpente (y compris la présence de moisissures, champignons ou insectes), l'état de la toiture (sans défaut, quelques tuiles ou ardoises sont cassées ou manquantes, la toiture doit être remplacée en totalité ou en partie), l'état des murs extérieurs (sans défaut, présente des fissures ouvertes ou un revêtement dégradé, présente des signes d'effondrement), la stabilité du plancher du rez-de-chaussée ainsi que du plancher du logement.

Tableau 10 – Pourcentage de logement avec la déperdition thermique « forte » et « faible » ainsi que la température moyenne selon l'indice de salubrité du bâtiment

	Moins de 10	10 - 20	Plus de 20
Déperdition forte	78,6%	73,3%	57,2%
Déperdition faible	21,4%*	26,7%*	42,8%
Température moyenne, °C	12,3	12,2	11,9
N	42	60	339

* – nombre d'observations est inférieur à 30

4. Sous les toits en déperdition thermique, qui loge ?

Cette dernière section a pour but d'observer les relations entre le profil socio-démographiques des ménages, en tant que reflet de leur mode d'occupation du logement, et la déperdition thermique du toit de l'habitation. A nouveau, il est bon de rappeler l'interaction de ces variables socio-économiques avec la performance énergétique du bâtiment. Le profil socio-économique des ménages est appréhendé à travers son statut d'occupation, sa taille et le statut socioprofessionnel du chef de ménage.

4.1. La déperdition thermique et le statut d'occupation

Le statut d'occupation du ménage n'offre pas les mêmes conditions de logement aux occupants et la même maîtrise des facteurs provoquant une déperdition thermique du logement. En effet, être propriétaire du logement occupé permet notamment de décider des investissements nécessaires à l'isolation du bâtiment. Alors que la location fait dépendre ce choix de bailleurs plus ou moins attentifs à cet élément. Les bailleurs, social ou privé, ne poursuivent pas les mêmes objectifs mais ils font face à des contraintes variables de capacité d'investissement pour isoler les toits.

Selon l'échantillon obtenu, plus de trois locataires sur quatre du parc locatif privé sont logés dans des immeubles où une déperdition thermique forte a été relevée par la thermographie (Tableau 11). Les propriétaires occupants (de plein droit ou en accession) sont également touchés par ce problème puisque trois d'entre eux sur cinq rencontrent une déperdition thermique forte de leurs toits.

Les locataires du parc social ou public sont pour une proportion de 78,7% dans les logements ayant une faible déperdition d'énergie. Ce résultat peut se comprendre car les organismes publics, bailleurs de ses locataires, ont entrepris des actions d'isolation de leur parc ces dernières années. En effet, le Programme Exceptionnel d'Investissement (PEI) destiné à revaloriser le parc locatif social en Wallonie, adopté par le Gouvernement wallon en 2003, visait à financer des travaux de stabilité, d'étanchéité et de sécurisation de plus d'un tiers du parc locatif régional (SWL, 2013). La province de Hainaut a reçu la majeure partie de financement (55%) pour rénover 18.991 logements (*id.*). Le PEI ainsi que le Plan d'investissements verts (PIVERT) ont particulièrement été attentifs à la mise en œuvre d'améliorations de l'efficacité énergétique des bâtiments, dont l'isolation du toit⁷. Dans le cadre restreint de cette étude, les logements concernés de l'échantillon n'ont pas fait l'objet d'une vérification par rapport à ces travaux. Il est très vraisemblable, en tout cas, que la tendance relevée mesure les effets de ces programmes mis en œuvre ces dernières années.

Le statut d'occupation associé à une capacité de maîtrise plus ou moins grande de la rénovation du logement est un facteur socio-économique assez important des faibles performances énergétiques des logements (notamment mesurée par une déperdition thermique des toits). Ce résultat est à rapprocher de la forme déperdition thermique des immeubles à appartements (voir plus haut) qui semble davantage être due à leur affectation majoritaire à la location (voir Anfrue et al., 2014) qu'à leur forme bâtie.

⁷ Deux programmes complémentaires ont été élaborés en 2008 et 2009 visant le remplacement des chauffages électriques par une autre source d'énergie et le remplacement des chaudières collectives vétustes par des systèmes performants (*ibid.*)

Tableau 11 – Pourcentage de logement avec la déperdition thermique « forte » et « faible » ainsi que la température moyenne selon le statut d'occupation du logement

	Propriétaires (y compris propriétaires accédant)	Locataires – bailleur particulier	Locataires – bailleur social ou public
Déperdition forte	61,8%	76,8%	21,3%*
Déperdition faible	38,2%	23,2%	78,7%
Température moyenne, °C	11,9	12,4	11,0
N	275	164	47

* – nombre d'observations est inférieur à 30

4.2. La déperdition thermique et la taille du ménage occupant

La taille du ménage est un facteur plus difficile à mettre en relation avec la caractéristique de forte déperdition thermique de toits des logements. En effet, il semble que la déperdition thermique des toits est plus fréquente dans les logements occupés par des isolés ou des couples ainsi que les familles nombreuses. La déperdition thermique est comparativement moins constatée pour les ménages de taille intermédiaire (3 ou 4 personnes).

Ainsi, un peu moins de deux isolés sur trois et un peu plus de deux ménages de deux unités (couples ou familles monoparentales) sur trois vivent dans des logements avec une déperdition thermique forte du toit (

Tableau 12). Les isolés et les ménages de deux personnes représentent 70,2% des ménages sondés de la zone urbaine de Charleroi. En revanche, les ménages de 3 et 4 personnes se partagent *grosso modo* en deux groupes entre les habitations avec forte déperdition thermique et celles à faibles déperdition thermique. Vu l'écart observé, la surreprésentation des logements à forte déperdition thermique de notre échantillon pourrait toutefois potentiellement impacter.

Tableau 12 – Pourcentage de logement avec la déperdition thermique « forte » et « faible » ainsi que la température moyenne selon la taille de ménage (en nombre de personnes)

	1	2	3	4	5 ou plus
Déperdition forte	63,0%	67,5%	48,4%*	58,8%	73,5%*
Déperdition faible	37,0%	32,5%	51,6%	41,2%*	26,5%*
Température moyenne, °C	12,1	12,0	11,7	11,8	12,2
N	189	154	60	51	34

* – nombre d'observations est inférieur à 30

4.3. La déperdition thermique et le statut socioéconomique du chef de ménage occupant

La situation socioprofessionnelle du chef de ménage est un bon indice permettant d'approcher le mode d'occupation du ménage, les ressources disponibles et sa plus ou moins grande marge de manœuvre dans ses choix résidentiels, ce qui peut contribuer à maintenir le ménage dans un logement avec une déperdition thermique mesurée à la surface des toits.

Globalement, les ménages avec un chef au statut de chômeur et de « autre inactif » (notamment maladie-invalidité) sont plus souvent confrontés à des logements enregistrant une déperdition thermique forte de leur toit (Tableau 13). Ainsi, près de sept ménages sur dix dont le chef est chômeur ou d'un autre statut d'inactivité ont un logement avec une forte déperdition thermique. Malgré la surreprésentation des logements avec une forte déperdition thermique au sein de l'échantillon, ce constat n'est pas susceptible d'une remise en cause.

Il pourrait être objecté que les ménages inactifs, ayant par la force des choses une occupation tout au long de la journée de leur logement, chauffent continuellement leur logement. Les chances de mesurer une déperdition thermique sont donc plus importantes. Ce paramètre est parfaitement neutralisé dans cette étude puisque la mesure thermographique a été réalisée pendant la nuit, soit à un moment où tous les ménages sont supposés occuper le logement des conditions similaires (même si la température de chauffage est globalement moindre pour dormir). Le constat sur les conditions plus défavorables des ménages inactifs peut donc être valablement formulé.

La déperdition thermique touche aussi les ménages avec un chef occupé par un emploi ou retraité. Ils sont trois ménages sur cinq avec un chef retraité ou actif à vivre dans un logement avec une forte déperdition thermique. Pour les ménages avec un chef actif, ce sont très fréquemment ceux avec les revenus les plus bas (ouvriers) qui sont concernés par des logements aux toits peu performants. Les revenus disponibles influent sur les différences de situations de déperdition thermique des logements occupés.

Tableau 13 – Pourcentage de logement avec la déperdition thermique « forte » et « faible » ainsi que la température moyenne selon le statut économique du chef de ménage

	Actif	Retraité	Chômeur	Autre inactif
Déperdition forte	60,6%	59,4%	69,7%	66,2%
Déperdition faible	39,4%	40,6%	30,3%	33,8%*
Température moyenne, °C	11,9	11,9	12,2	12,1
N	173	148	99	68

* – nombre d'observations est inférieur à 30

Ces résultats sont convergents avec les conclusions apportées par Meester et De Herde (2012) selon lesquels, dans les bâtiments de type quatre façades de 180 m², les couples actifs avec enfants présentent les plus basses demandes de chauffage (en comparaison avec un couple d'indépendants ou sans emplois avec enfants, un couple actifs sans enfants et un couple de personnes retraitées) car, selon les auteurs précités, le nombre d'occupants est bien adapté à la taille de la maison et aux revenus.

CONCLUSION

Cette note de recherche confirme un certain nombre de constats d'ores et déjà connus et partagés par les professionnels sur les publics les plus concernés par la déperdition thermique des logements. A partir d'un croisement inédit de deux sources de données rares et récentes collectées sur la zone urbaine de Charleroi, un chiffrage de ces tendances est fourni.

L'approche visant à mettre en relation la déperdition thermique des logements avec les facteurs socio-économiques (profil et choix résidentiels des ménages) est concluante pour affirmer que le traitement des problèmes de faible performance énergétique des logements impose également de tenir compte des contraintes sociales et économiques des ménages.

Ainsi, le fait de privilégier dans des petits ou moyens logements et/ou en immeubles collectifs ne semble pas s'accompagner d'une meilleure maîtrise des déperditions thermiques du toit du bâtiment alors que cela semblerait être une meilleure configuration du bâti résidentiel pour lutter contre les déperditions d'énergies. A l'opposé, les ménages vivant dans ce type de logement sont plus fréquemment confrontés aux déperditions thermiques. Le statut de locataire majoritaire pour ces ménages est plus déterminant car il ne leur permet pas très souvent de maîtriser la rénovation et l'entretien du bâti.

La maîtrise socio-économique du processus de rénovation et d'entretien du bâtiment se confirme au regard des différences constatées par rapport à la déperdition thermique entre les bâtiments du parc locatif privé et ceux du parc public. Dans la zone géographique étudiée, le parc locatif social ou public affiche un très faible pourcentage de logements avec une forte déperdition thermique, soit un cinquième. L'effort à fournir aujourd'hui doit donc se porter sur le parc locatif privé où la maîtrise de la performance énergétique semble échapper tant aux occupants qu'aux propriétaires pour des motifs multiples.

Techniquement, l'adaptation du logement en termes de taille pour coïncider notamment à la composition familiale pourrait réduire l'effort de chauffage et d'investissement dans la rénovation en vue de maîtriser les déperditions thermiques. Dans les faits, des contraintes économiques poussent une catégorie de ménages à occuper des ménages trop grands et/ou trop vieux qui génèrent d'importantes pertes thermiques à la surface des toits.

Le poids des contraintes économiques se manifestent plus encore dans le contrôle, par l'occupant, des déperditions thermiques des toits des logements. En effet, la déperdition thermique forte frappe notamment les plus grands ménages (de 5 personnes ou plus) ainsi que les plus petits ménages (de 1 ou 2 personnes). Ce reflète les situations d'effort budgétaire important en matière de dépenses de logement de ces ménages très petits et très grands. Concernant le statut socio-économique des habitants, les chômeurs composent le groupe avec la plus forte déperdition thermique.

RÉFÉRENCES

Anfrie M-N, Cassilde S, Kryvobokov M, Pradella, S (2014) *Enquête sur la Qualité de l'Habitat en Wallonie – Résultats clés*. Rapport de synthèse concernant l'Enquête sur la Qualité de l'Habitat. Centre d'Etudes en Habitat Durable, Charleroi, 72 pages.

Cassilde, S. (2014), « Enquêtes sur la qualité de l'habitat – Evolution des indices de salubrité et de qualité entre 2006 et 2012 », Centre d'Etudes en Habitat Durable, *Cahier d'Etudes et de Recherches / 2014-02*, Charleroi, 48 pages.

<http://www.safe-energie.be/fiches-pratiques/limpact-du-comportement-des-occupants/>

<https://docs.google.com/file/d/0B2DSr7OhrqEjbFBTb1pTdUpqWkE/edit?pli=1>

<https://drive.google.com/file/d/0B2DSr7OhrqEjTIVZR0FGMkM1LTg/edit?pli=1>

Meester (de) et De Herde (2012), « L'impact du comportement des occupants », *Suburban Areas Favoring Energy efficiency, SAFE.BAT06*, 14 pages.

Oliva J.-P., S. Courgey (2010), *L'isolation thermique écologique: conception, matériaux*, Terre vivante / Techniques de pro, 255 pages

SWL (2013), « *Le Programme exceptionnel d'investissement : Un nouvel élan pour la rénovation de l'habitat public wallon* », Société Wallon de Logement, Charleroi, 66 pages.