

L'ISOLATION THERMIQUE
ELEMENTS POUR L'INTERPRETATION DES
VARIABLES DISPONIBLES DANS L'ENQUETE
SUR LA QUALITE DE L'HABITAT

SEPTEMBRE 2014

Reproduction autorisée, sauf à des fins commerciales, moyennant mention de la source :

Lemaire, E. (2014), « L'isolation thermique. Eléments pour l'interprétation des variables disponibles dans l'Enquête sur la Qualité de l'Habitat », Centre d'Etudes en Habitat Durable, *Document Technique* 2014-08, septembre 2014, 21 pages.

Editeur responsable C.E.H.D. : Sébastien Pradella, Directeur

CEHD asbl

Rue de Turenne, 2-4

6000 Charleroi

Belgique

Tél. : +32 (0)71 20 56 00

e-mail : information@cehd.be

<http://www.cehd.be>

Cette publication est disponible par téléchargement sur le site du CEHD.

Avec
le soutien de la



Wallonie

Table des matières

Introduction	5
1. Mesurer le pouvoir isolant d'un matériau	5
1.1. Conductivité thermique d'un matériau	5
1.1.1. Le type de matériau	5
1.1.2. L'épaisseur du matériau	6
1.1.3. La durée de vie du matériau	6
1.2. Transmission thermique d'une paroi	6
1.3. Résistance thermique d'une paroi	7
2. L'isolation thermique de la toiture	7
2.1. Localisation de l'isolation	7
2.1.1. Isolation de la toiture inclinée	7
2.1.2. Isolation de la toiture plate	8
2.2. Choix du matériau selon la localisation et conductivité thermique	8
2.3. Choix de l'épaisseur de l'isolant à placer en toiture	10
2.4. Coefficient de transmission thermique de la toiture	10
3. L'isolation thermique des murs extérieurs	11
3.1. Localisation de l'isolation	11
3.2. Choix du matériau selon la localisation de l'isolant et sa conductivité thermique	12
3.3. Choix de l'épaisseur de l'isolant à placer par rapport aux murs en contact avec l'extérieur	13
3.4. Coefficient de transmission thermique des murs extérieurs	13
4. L'isolation thermique du sol en contact avec le milieu extérieur	14
4.1. Localisation de l'isolation	14
4.1.1. Isolation par le haut	14
4.1.2. Isolation par le bas	15
4.1.3. Isolation entre les éléments de structure du plancher	15
4.2. Choix des matériaux selon la localisation de l'isolant et sa conductivité thermique	15
4.3. Choix de l'épaisseur de l'isolant à placer au sol	16
4.4. Coefficient de transmission thermique du sol en contact avec le milieu extérieur	17
5. L'isolation thermique des baies et fenêtres	17
5.1. Choix des châssis et des vitrages	17
5.2. Transmission thermique des baies et fenêtres	17
5.2.1. Transmission thermique des châssis	17
5.2.2. Transmission thermique des vitrages	18
5.3. Coefficient de transmission thermique des baies et fenêtres	18
5.3.1. Coefficient de transmission thermique des baies et fenêtres standards	18
5.3.2. Coefficient de transmission thermique des baies et fenêtres complexes	19
5.3.3. La prise en compte de la durée de vie des châssis et des vitrages	19
6. Conclusion	21
Bibliographie	21

Document technique réalisé par :

Lemaire Emilie, dans le cadre de son stage en gestion de l'Energie

Documentation terminée le 25 août 2014

Tutrice CEHD pour le projet isolation thermique : Cassilde Stéphanie

Introduction

Ce document technique s'inscrit dans le cadre du projet EQH 2013 (Enquête que la Qualité de l'Habitat en Région Wallonne 2013) commandité par la Service Public de Wallonie (Direction Générale Opérationnelle 4 – Aménagement du Territoire, Logement, Energie et Patrimoine) ; le CEHD intervient à titre d'opérateur scientifique chargé du contrôle de la qualité et des analyses pour le compte du commanditaire. Ce document technique vise à fournir des éléments permettant l'interprétation des variables collectées dans les Enquêtes sur la Qualité de l'Habitat (EQH 2006-2007 et EQH 2012-2013) pour approcher l'isolation thermique des logements occupés en Wallonie. Il s'agit à la fois de permettre l'interprétation des variables brutes prises isolément, mais également de montrer comment ces variables brutes peuvent être agrégées afin d'avoir une vision synthétique de l'isolation thermique¹.

De manière liminaire, rappelons que l'isolation thermique consiste à limiter les échanges thermiques entre l'intérieur d'un bâtiment / d'un logement et le milieu extérieur afin que la chaleur ne s'échappe pas à l'extérieur du bâtiment / du logement. Les pertes de chaleur ne sont pas les mêmes selon la paroi concernée. Les parois par lesquelles ces pertes sont proportionnellement les plus importantes sont la toiture (qui représente environ 30% des pertes de chaleur), les murs (20 à 25 %), les baies et fenêtres (13 à 15 %) et les sols en contact avec le milieu extérieur (7 à 10%). A ces pertes de chaleur *via* les parois s'ajoutent d'autres pertes telles que les ponts thermiques (environ 5 %), les pertes par le renouvellement de l'air et par les fuites d'air (par exemple, *via* la cheminée) (20 %)².

L'isolation extérieure, qui protège l'enveloppe extérieure d'un bâtiment du froid comme du chaud, la température intérieure restant stockée dans les murs, est celle qui est la plus efficace car elle supprime les ponts thermiques. Globalement, notons qu'une isolation thermique efficace, qu'elle soit réalisée par l'extérieur ou non, permet de réduire les besoins en énergie de plus de 60% par rapport au même bâtiment non isolé.

1. Mesurer le pouvoir isolant d'un matériau

Le pouvoir isolant d'un matériau dépend du matériau lui-même, mais aussi de son épaisseur et de sa durée de vie. Une fois ces paramètres connus, la conductivité thermique du matériau, puis la transmission thermique et la résistance thermique d'une paroi donnée peuvent être calculées. Nous présentons ici les éléments théoriques permettant de mesurer le pouvoir isolant d'un matériau.

1.1. Conductivité thermique d'un matériau

La conductivité thermique d'un matériau est mesurée par **lambda**, le coefficient de conductivité thermique d'un matériau homogène. Lambda est mesuré en watt par mètre kelvin (W/mK) : ce coefficient indique la quantité de chaleur qui traverse un mètre carré de ce matériau, épais d'un mètre, pendant une seconde. Plus la valeur de lambda est forte, plus le matériau est conducteur de chaleur ; plus elle est faible, plus le pouvoir isolant du matériau est important. Un matériau est considéré comme isolant lorsque sa valeur lambda est inférieure à 0,065 W/mK.

1.1.1. Le type de matériau

Dans la pratique, il existe une valeur lambda propre à chaque matériau et à chaque constructeur, ce qui permet de les comparer. Dans les Enquêtes sur la Qualité de l'Habitat, nous disposons de catégories de matériaux. Il convient alors d'utiliser des valeurs standards pour estimer le niveau d'isolation thermique des parois.

¹ L'agrégation en elle-même est réalisée dans le cadre de la construction d'indicateur d'isolation thermique, documentée dans le DT 2014-05 (Lemaire, 2014).

² Cf. http://www.terrevivante.org/uploads/Image/0f/WEB_CHEMIN_1028_1225904721.jpg

1.1.2. L'épaisseur du matériau

Outre le matériau en lui-même, il convient de tenir compte de l'épaisseur du matériau isolant. D'une part, la connaissance de la conductivité thermique d'un matériau permet de choisir l'épaisseur de manière adéquate pour atteindre un niveau d'isolation thermique donné. D'autre part, connaître l'épaisseur du matériau isolant en place permet de constater la conductivité thermique effective du matériau existant. Par exemple, un panneau isolant A avec un lambda de 0,024 W/mK isole deux fois mieux qu'un isolant B ayant un lambda de 0,050 W/mK. Cela signifie qu'il faut placer une double épaisseur de l'isolant B pour obtenir la même valeur d'isolation que pour le panneau isolant A.

1.1.3. La durée de vie du matériau

Au-delà du matériau et de son épaisseur, il convient également de tenir compte de la durée de vie du matériau. En effet, la transmission thermique d'un matériau diminue lorsque ce matériau dépasse une certaine durée de vie. Par ailleurs, plusieurs éléments peuvent diminuer cette durée de vie, en accélérant l'augmentation de la conductivité thermique de l'isolant ou en diminuant son épaisseur. Parmi ces éléments, on trouve :

- les conditions météorologiques (par exemple : dégradation des matériaux du fait des intempéries) ;
- l'eau et l'humidité (par exemple : matériau mouillé et non séché du fait de fuites ou de remontées d'eau dans les murs, ou du fait que le matériau est traversé par la vapeur engendrée dans le logement du côté chauffé³) ;
- la présence de rongeurs, qui trouvent parfois refuge dans les produits d'isolation, qu'il s'agisse d'une laine minérale, végétales ou animale⁴ ;
- une mauvaise utilisation des matériaux (par exemple : une détérioration de l'épaisseur d'un isolant placé sur le sol alors qu'il n'est pas conçu pour cet usage et subir des charges) ;
- le tassement dans le temps pour des matériaux plus souples (par exemple : les isolants en rouleaux) ;
- les propriétés chimiques et physiques propres à chaque matériau.

Globalement, il est possible de considérer qu'un isolant est totalement efficace durant 10 ans, puis qu'il voit son efficacité diminuer entre 10 et 25 ans et qu'au-delà de 25 ans son efficacité est fortement diminuée voire nulle.

1.2. Transmission thermique d'une paroi

La transmission thermique est mesurée par **U**, le coefficient de transmission thermique⁵. Mesuré en watt par mètre carré kelvin (W/m²K), ce coefficient indique, pour une paroi d'épaisseur donnée, la quantité de chaleur qui passe par seconde et par mètre carré, avec une différence de température de un kelvin (soit un degré Celsius), entre les deux côtés de cette paroi. Plus le coefficient de transmission thermique est faible, plus son pouvoir isolant est grand, et inversement. Lorsque l'isolation est totale (par exemple, lorsque l'ensemble de la toiture est isolée), on calcule U de la manière suivante :

$$U = \frac{\text{lambda}}{\text{épaisseur du matériau}}$$

Cette formule doit être adaptée lorsque l'isolation est partielle. Une isolation de la moitié des murs extérieurs implique, par exemple, que l'on double la valeur de U (un coefficient multiplicateur de 2 est appliqué).

Dans la pratique, une paroi est généralement constituée de plusieurs matériaux différents et de diverses épaisseurs. Pour calculer la valeur totale de U, il faut donc additionner la valeur U pour chaque couche de matériaux successive. Dans les Enquêtes sur la Qualité de l'Habitat, le calcul de la transmission thermique est basé uniquement sur le matériau isolant mentionné par la personne enquêtée. Cela implique que, de manière conservatoire, l'isolation thermique n'est pas surestimée si on applique l'ensemble de ces formules aux Enquêtes sur la Qualité de l'Habitat.

³ L'utilisation d'un pare-vapeur permet de se prémunir d'une détérioration de l'isolant du fait de la vapeur allant du logement vers l'extérieur.

⁴ L'installation de grillages anti-intrusion permet de se prémunir contre leur présence.

⁵ On parle également de déperdition thermique. Les deux termes sont interchangeables.

1.3. Résistance thermique d'une paroi

La résistance thermique d'une paroi est mesurée par **R**, le coefficient de résistance thermique. Mesuré en mètre carré kelvin par watt (m²K/W), ce coefficient indique le niveau de résistance qu'offre une paroi au passage de la chaleur. La résistance thermique caractérise donc la performance thermique du matériau : plus R est élevé, plus la transmission de la chaleur au travers du matériau est faible. Lorsque l'isolation est totale (par exemple, lorsque l'ensemble de la toiture est isolée), on calcule R de la manière suivante :

$$R = \frac{1}{U} = \frac{\text{épaisseur du matériau}}{\text{lambda}}$$

Cette formule doit être adaptée lorsque l'isolation est partielle. Une isolation de la moitié des murs extérieurs implique, par exemple, que l'on divise la valeur de R par deux (un coefficient multiplicateur de 0,5 est appliqué).

Dans la pratique, une paroi est généralement constituée de plusieurs matériaux différents et de diverses épaisseurs. Pour calculer la valeur totale de R, il faut donc additionner la valeur R de chaque couche de matériaux (isolement, parement, finition, etc.). Dans les Enquêtes sur la Qualité de l'Habitat, le calcul de la résistance thermique est uniquement basé sur le matériau isolant mentionné par la personne enquêtée. Cela implique que, de manière conservatoire, l'isolation thermique n'est pas surestimée si on applique l'ensemble de ces formules aux Enquêtes sur la Qualité de l'Habitat.

2. L'isolation thermique de la toiture

2.1. Localisation de l'isolation

Selon que la toiture soit inclinée ou plate, l'isolation est placée de manière différente. Il n'existe pas de différence en termes d'isolation thermique entre ces deux types de toitures. Tandis que le type de toiture est indiqué dans l'EQH 2006-2007, il ne l'est pas dans l'EQH 2012-2013 : nous ne pouvons donc pas en tenir compte pour la construction de variables comparables sur ce point entre les deux enquêtes. La localisation de l'isolant, quant à elle, n'est pas renseignée, ni dans l'EQH 2006-2007 ni dans l'EQH 2012-2013.

2.1.1. Isolation de la toiture inclinée⁶

L'isolant doit être placé à la limite de l'espace protégé. Aussi, il y a deux manières d'isoler une toiture inclinée : soit l'isolation est réalisée dans le versant de la toiture, soit elle est réalisée au niveau du plancher des combles. Lorsqu'il n'est pas prévu que les combles soient occupés, et donc chauffés, le plancher de celui-ci constitue la limite supérieure de l'espace protégé : c'est alors à ce niveau que doit être posé l'isolant. Par ailleurs, cela permet d'utiliser une surface d'isolant moindre que s'il fallait isoler les versants de toiture, d'éviter d'avoir à traiter toutes les infiltrations d'air souvent nombreuses dans les combles inoccupés, et de permettre la ventilation des combles en été. Lorsqu'il est prévu que les combles soient occupés et chauffés, ils doivent être isolés *via* le toit incliné, qui est dans ce cas la limite de l'espace protégé : c'est alors à ce niveau que doit être posé l'isolant.

- Isolation dans le versant⁷

En fonction de l'état de la charpente, de la couverture et de l'espace intérieur, l'isolation dans le versant sera réalisée par l'intérieur (par exemple, avec une isolation entre ou sous les chevrons) ou par l'extérieur (grâce à des éléments autoportants). Lorsque l'état initial est trop dégradé, notamment de la charpente, on doit envisager de reconstruire complètement la toiture.

L'isolation par l'extérieur est beaucoup plus contraignante, car dès que l'on enlève la couverture, la plupart des ouvrages de raccord (cheminée, gouttières, pignons) doivent être refaits. De plus, avec les techniques d'isolation par l'extérieur, on court le risque de mouiller la structure du toit pendant les travaux d'amélioration. Enfin, cela implique une surélévation du bâti, ce qui, dans certains cas, peut poser problème au niveau

⁶ On parle également de toiture avec versants.

⁷ Le contenu de ce paragraphe sur l'isolation thermique des toitures inclinées est une synthèse des éléments mentionnés sur le site Energie + dédié à l'aide à la décision en efficacité énergétique des bâtiments du secteur tertiaire : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10321>

urbanistique (raccord au bâtiment contigu). C'est donc plutôt l'isolation par l'intérieur qui est choisie, même si la performance thermique de cette isolation est moins élevée que dans le cas d'une isolation par l'extérieur.

- Isolation du plancher des combles⁸

Lorsque les combles ne sont pas occupés, l'isolation peut se faire directement au niveau du plancher. Le choix des matériaux d'isolation varie en fonction du type de plancher et de l'utilisation prévue des combles (cf. *infra*).

2.1.2. Isolation de la toiture plate⁹

Il y a quatre manières de réaliser l'isolation d'une toiture plate : on parle de toiture chaude, de toiture inversée, de toiture froide et de toiture combinée. Dans le cadre d'une toiture chaude, l'isolant est placé en sandwich entre deux couches étanches (le pare-vapeur en dessous et la membrane d'étanchéité au-dessus). Dans le cadre d'une toiture inversée, l'isolant est placé au-dessus de la membrane d'étanchéité existante, qui fait alors également office de pare-vapeur¹⁰. Dans le cadre d'une toiture froide, l'isolant est placé en dessous du support de l'étanchéité avec une lame d'air ventilée interposée¹¹. Enfin, dans le cadre d'une toiture combinée, il s'agit d'articuler les techniques d'une toiture chaude et d'une toiture inversée. L'isolation est mise en place en deux couches, la première étant recouverte par la membrane d'étanchéité et la seconde étant placée au-dessus de la membrane d'étanchéité¹².

Au sein des types d'isolation d'une toiture plate, c'est l'isolation combinée qui est la plus performante, suivie par la toiture chaude, puis la toiture inversée et la toiture froide, cette dernière étant à présent déconseillée.

2.2. Choix du matériau selon la localisation et conductivité thermique

Outre une préférence personnelle pour un type de matériau en particulier, le choix des matériaux utilisés pour isoler la toiture varie selon le type de toiture ainsi que selon l'utilisation des combles (cf. Tableau 1).

Tableau 1 : Type de matériau selon la localisation de l'isolant pour la toiture

Type de toiture	Localisation de l'isolant		Matériau
Toiture inclinée	Dans le versant	Sur l'extérieur	Panneaux auto-portants
		Sur l'intérieur	Panneaux rigides ou semi-rigides de laines Isolant naturel souple en rouleaux
	Au niveau du plancher des combles	Peu utilisés et où peu de stockage est réalisé	Isolant souple comme des rouleaux de matériaux naturels
		Où sont entreposés des objets lourds	Isolants plus rigides comme des panneaux synthétiques
		Avec un plancher en bois	Isolation dans la structure avec des isolants en vrac ou insufflés

suite du tableau page suivante

⁸ Le contenu de ce paragraphe sur l'isolation thermique du plancher des combles est une synthèse des éléments mentionnés sur le site Energie + dédié à l'aide à la décision en efficacité énergétique des bâtiments du secteur tertiaire : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10326>

⁹ Le contenu de ce paragraphe sur l'isolation thermique des toitures plates est une synthèse des éléments mentionnés sur le site Energie + dédié à l'aide à la décision en efficacité énergétique des bâtiments du secteur tertiaire : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=9531>

¹⁰ Dans ce cadre, l'isolant est mouillé par les eaux pluviales, ce qui diminue ses performances.

¹¹ Régulièrement mis en œuvre auparavant, ce système est actuellement complètement dépassé et est à proscrire, car ce système provoque presque inévitablement de la condensation interne.

¹² Cela protège la membrane d'étanchéité contre les chocs thermiques et le rayonnement ultraviolet, ce qui ralentit le vieillissement de cette membrane.

Type de toiture	Localisation de l'isolant	Matériau
Toiture plate	Quelle que soit la localisation	Isolant rigide capable de supporter une charge comme le poids humain (par exemple : mousses synthétiques, panneaux) de liège, verre cellulaire, certaines laines minérales). Isolant qui n'absorbe pas l'eau (par exemple : panneaux de verre cellulaire, mousses synthétiques).

Source : tableau réalisé à partir de <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10321>, <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10326> et <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=9531>

Dans l'EQH 2012-2013, cinq catégories d'isolants sont proposées (cf. Tableau 2)¹³. Afin d'attribuer un coefficient de conductivité thermique à chacune de ces catégories, nous calculons la moyenne des différents isolants figurant dans chaque catégorie.

Tableau 2 : Conductivité thermique des catégories d'isolants dans l'EQH 2006-2007 et l'EQH 2012-2013

Catégorie d'isolants	Isolants	Lambda (W/mK)		Lambda moyen par catégorie d'isolants (W/mK)
		De	à	
Laine minérale	Laine de verre	0,031	0,044	0,037
	Laine de roche	0,031	0,044	
Isolants synthétiques	Polystyrène expansé	0,031	0,045	0,032
	Polystyrène extrudé	0,028	0,038	
	Polyéthylène extrudé	0,035	0,045	
	Polyuréthane/Polyisocyanurate	0,023	0,029	
Isolants naturels	Cellulose	0,037	0,045	0,041
	Fibres de bois	0,037	0,054	
	Fibres de lin	0,037	0,040	
	Fibres de chanvre	0,040	0,041	
	Fibres de coco	0,047	0,050	
	Laine de mouton	0,035	0,045	
	Laine de coton	0,040	0,040	
Liège	0,032	0,042		
Matériau insufflé	Ouate de cellulose	0,037	0,045	0,041
Autres	Verre cellulaire	0,038	0,050	0,054
	Perlite	0,045	0,050	
	Vermiculite	0,060	0,080	

Source : tableau réalisé à partir de http://www.ibgebim.be/uploadedFiles/Contenu_du_site/Particuliers/01_Gestes/09_Mes_primes/Primes_energie_2012/FR_B1_2012_R.pdf?langtype=2060

Si l'on interprète en soi la variable indiquant le type de matériau utilisé pour isoler la toiture, il apparaît que ce sont les laines minérales qui présentent la meilleure performance thermique, puis les isolants synthétiques, puis les isolants naturels et les matériaux insufflés. C'est la catégorie d'isolants « autres » qui présente la plus mauvaise performance thermique.

Sous un angle sanitaire, certaines sources¹⁴ décrivent les isolants synthétiques comme très inflammables et pouvant dégager des produits nocifs pour la santé lors d'incendies, d'où une préférence pour les isolants naturels.

¹³ Dans l'EQH 2006-2007, quatre catégories sont proposées, la catégorie « matériau insufflé » étant agrégée dans la catégorie « autre ».

¹⁴ Description du comportement de certains isolants face au feu sur <http://www.google.be/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&ved=0CDwQFjABOAO&url=http%3A%2F%2Fwww.rhodanienne-des->

2.3. Choix de l'épaisseur de l'isolant à placer en toiture

Le choix de l'épaisseur de l'isolant placé en toiture dépend de l'espace disponible, du prix du matériau et de la performance thermique que l'on souhaite atteindre.

Dans l'EQH 2012-2013, nous disposons de trois intervalles d'épaisseur pour l'isolation : « de 3 à 6 cm », « de 7 à 12 cm », et « égale ou supérieure à 13 cm ». Par convention, afin de ne pas surestimer les performances thermiques, nous prenons la valeur minimale de chaque intervalle, soit 3 cm, 7 cm et 13 cm. Si l'on interprète en soi la variable indiquant l'épaisseur de l'isolation de la toiture, il apparaît qu'une épaisseur plus importante assure une meilleure performance thermique qu'une épaisseur faible.

Une autre manière d'interpréter cette variable est de situer l'épaisseur constatée avec l'épaisseur qui serait souhaitable pour obtenir un niveau donné de performance thermique (cf. Tableau 3). Par exemple, selon les seuils définis par la Région wallonne au 1^{er} janvier 2014 pour octroyer une prime d'isolation, la résistance thermique doit être au minimum de 3,5 m²K/W¹⁵. Sous cet angle, il est plutôt opportun de comparer la catégorie « égale ou supérieure à 13 cm » à l'agrégation des catégories d'épaisseurs inférieures.

Tableau 3 : Selon l'isolant, épaisseur à placer en toiture pour obtenir une prime en 2014

Catégorie d'isolants	Épaisseur moyenne à placer (en mètre) pour obtenir un R de 3,5 m ² K/W
Laine minérale	0,13
Isolants synthétiques	0,11
Isolants naturels	0,14
Matériau insufflé	0,14
Autres	0,19

2.4. Coefficient de transmission thermique de la toiture

Dans l'EQH 2012-2013, nous bénéficions également de l'information concernant le degré de couverture de l'isolation thermique (en l'occurrence, s'il s'agit d'une isolation totale ou partielle) ainsi que de l'année de pose de l'isolant¹⁶. Cela nous permet de calculer un coefficient de transmission thermique qui prend en compte de nombreux aspects de l'isolation existante pour la toiture.

Lorsque l'isolation est partielle, le coefficient de transmission thermique doit être augmenté car l'isolation thermique est moins performante que si l'isolation était totale. Dans la mesure où le degré exact de couverture partiel n'est pas précisé dans l'EQH 2012-2013, nous choisissons d'appliquer, par convention, un coefficient multiplicateur de 1,030 en référence aux 30% de pertes de chaleur *via* la toiture¹⁷. Lorsque la toiture n'est pas isolée du tout, il convient de se baser sur des valeurs de U standards dans la littérature. Par convention, nous considérons qu'une toiture non isolée aura un U moyen de 2 W/m²K¹⁸.

Afin de tenir compte de la durée de vie des isolants, nous appliquons un coefficient multiplicateur dans le cadre de l'EQH 2012-2013. Pour l'isolation des toitures, nous identifions quatre intervalles de durée de vie des matériaux afin de prendre en compte les dégradations possible du matériau en lui-même, mais aussi les aléas pouvant intervenir (cf. *supra*). Ainsi, nous considérons qu'un isolant est totalement efficace durant 10 ans, puis voit son efficacité diminuer entre 10 et 20 ans, diminution qui s'accélère 20 et 25 ans, et au-delà de 25 ans son efficacité est fortement diminuée voire nulle.

bois.com%2Fbdd%2Ffichiers%2Fpages%2Ffiles%2FIsolant.pdf&ei=sQH7U7-
IC4Ph4QSH_YDwDQ&usg=AFQjCNGKcKkPiE-8G6fMDuLN22KEfpqg

¹⁵ Cf. <http://energie.wallonie.be/fr/isolation-du-toit-2014.html?IDC=6390&IDD=91459>

¹⁶ Pour l'EQH 2006-2007, nous disposons uniquement du degré de couverture ; l'année de pose de l'isolant n'est pas renseignée.

¹⁷ Nous procédons de même pour l'EQH 2006-2007, où le degré de couverture partielle n'est pas non plus précisé.

¹⁸ Cf. <http://opti-en.com/batiment.html>

3. L'isolation thermique des murs extérieurs

3.1. Localisation de l'isolation

L'isolation des murs extérieurs peut être réalisée par l'extérieur, dans la coulisse ou par l'intérieur.

La localisation de l'isolation des murs extérieurs est mentionnée dans l'EQH 2012-2013, ce qui permet d'en tenir compte dans le calcul final du coefficient de transmission thermique (*cf. infra*). Pour interpréter la localisation de l'isolant en soi, notons que, toute chose égale par ailleurs, une isolation par l'extérieur est plus performante qu'une isolation dans la coulisse. L'isolation par l'intérieur est la moins performante *a priori*, toute chose égale par ailleurs.

- Isolation par l'extérieur¹⁹

Plusieurs techniques sont possibles pour réaliser une isolation par l'extérieur. Le choix de la technique dépend du type de structure. La technique la plus courante est de coller ou de fixer des panneaux isolant mécaniquement au support, puis de revêtir les panneaux d'un enduit de finition. Une autre technique est de remplacer l'enduit de finition par un bardage. Enfin, une troisième technique consiste à créer un mur creux isolé : l'isolant est fixé mécaniquement au mur plein, puis un mur de parement est monté devant l'isolant tout en étant également relié mécaniquement au mur porteur *via* des crochets.

L'isolation par l'extérieur est idéale, car elle permet une continuité de l'isolant et donc d'éviter l'existence de ponts thermiques. Elle permet également de ne pas perdre de chaleur à l'intérieur du logement et d'augmenter le niveau d'étanchéité de la façade. Toutefois, il n'est pas toujours possible de la réaliser. Par ailleurs, elle nécessite l'obtention d'une autorisation des services d'urbanisme.

- Isolation dans la coulisse²⁰

Plusieurs techniques sont possibles pour réaliser une isolation dans la coulisse. D'une part, le mur creux peut être rempli avec des panneaux isolants. D'autre part, il peut être rempli par des injections. Enfin, il peut être rempli par l'insufflation d'isolants en vrac.

Les avantages d'une isolation par remplissage de la coulisse sont que les finitions intérieures et extérieures sont conservées, et qu'il n'y a pas d'encombrement au niveau de l'espace intérieur. Mais les contraintes thermiques et hydriques à mettre en œuvre pour le parement sont élevées, notamment avec un risque d'apparition de fissures en cas de gel. Par ailleurs, l'épaisseur d'isolant qu'il est possible d'insérer est limitée et des ponts thermiques sont présents (au niveau des linteaux et/ou crochets d'attache) mais dans une moindre mesure en comparaison avec une isolation par l'intérieur.

- Isolation par l'intérieur²¹

Pour réaliser une isolation des murs extérieurs par l'intérieur, on isole *via* des panneaux ou, plus récemment, *via* de la mousse isolante projetée.

L'isolation par l'intérieur cause plusieurs désavantages. Premièrement, il y a des ponts thermiques, car certains endroits ne peuvent pas être recouverts par l'isolant. Deuxièmement, ce type d'isolation peut être la

¹⁹ Le contenu de ce paragraphe sur l'isolation thermique des murs extérieurs par l'extérieur est une synthèse des éléments mentionnés sur le site Energie + dédié à l'aide à la décision en efficacité énergétique des bâtiments du secteur tertiaire : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10353>

²⁰ Le contenu de ce paragraphe sur l'isolation thermique des murs extérieurs par la coulisse est une synthèse des éléments mentionnés sur le site Energie + dédié à l'aide à la décision en efficacité énergétique des bâtiments du secteur tertiaire : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10356>

²¹ Le contenu de ce paragraphe sur l'isolation thermique des murs extérieurs par l'intérieur est une synthèse des éléments mentionnés sur le site Energie + dédié à l'aide à la décision en efficacité énergétique des bâtiments du secteur tertiaire : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10352>

source de l'apparition de condensation ; l'installation d'un pare-vapeur permet de pallier ce désavantage. Enfin, ce type d'isolation diminue l'inertie du bâtiment, ce qui implique un risque accru de surchauffe ; les bâtiments fortement isolés doivent avoir un système de ventilation.

3.2. Choix du matériau selon la localisation de l'isolant et sa conductivité thermique

Outre une préférence personnelle pour un type de matériau en particulier, le choix des matériaux utilisés pour isoler les murs extérieurs varient selon la localisation de l'isolation (cf. Tableau 4).

Tableau 4 : Type de matériau selon la localisation de l'isolant pour les murs extérieurs

Localisation de l'isolant	Technique	Matériau	
Extérieur	Collage ou fixation mécanique de l'isolant au mur + enduit	Panneaux de polystyrène extrudé ou expansé Panneaux semi-rigides de laine minérale Panneaux de verre cellulaire Panneaux de polyuréthane Panneaux de fibre de bois	
	Collage ou fixation mécanique de l'isolant au mur + bardage	Panneaux de polystyrène extrudé ou expansé Panneaux semi-rigides de laine minérale Panneaux de verre cellulaire Panneaux de polyuréthane Panneaux de fibre de bois	Bardage en ardoise, lamelles métalliques ou plastiques, revêtement bois
	Création d'un mur creux isolé	Panneaux de polystyrène extrudé ou expansé Panneaux semi-rigides de laine minérale Panneaux de verre cellulaire Panneaux de polyuréthane Panneaux de fibre de bois	
Dans la coulisse	Mur porteur intérieur	Panneaux rigides	
	Injection	Mousses d'urée-formaldéhyde, de polyuréthane Perles de polystyrène expansé avec de la colle	
	Insufflation	Laine minérale hydrogénée en flocons Perles de polystyrène expansé Perles de perlite siliconée Cellulose	
Intérieur	Panneaux rigides et semi-rigides	Panneaux de polystyrène expansé Laine minérale semi-rigide Polyuréthane expansé	
	Mousses projetées	Mousse de polyuréthane Mousse expansive Icynene à base d'huile végétale	

Source : tableau réalisé à partir de <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10353>, <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10356>, <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10352> et <http://www.icynene.be/produits/icynene-mousse-isolante-ldc-50/>

Dans l'EQH 2006-2007 et l'EQH 2012-2013, quatre catégories d'isolants sont proposés. Afin d'attribuer un coefficient de conductivité thermique à chacune de ces catégories, nous calculons la moyenne des différents isolants figurant dans chaque catégorie (cf. Tableau 2).

Si l'on interprète en soi la variable indiquant le type de matériau utilisé pour isoler les murs extérieurs, il apparaît que ce sont les laines minérales qui présentent la meilleure performance thermique, puis les isolants synthétiques, puis les isolants naturels et les matériaux insufflés. C'est la catégorie d'isolants « autres » qui présente la plus mauvaise performance thermique.

Sous un angle sanitaire, certaines sources²² montrent que les isolants synthétiques sont très inflammables et peuvent dégager des produits nocifs pour la santé lors d'incendies, d'où une préférence pour les isolants naturels.

3.3. Choix de l'épaisseur de l'isolant à placer par rapport aux murs en contact avec l'extérieur

Le choix de l'épaisseur de l'isolant pour les murs extérieurs dépend de la localisation de l'isolant, du prix du matériau et de la performance thermique que l'on souhaite atteindre.

Dans l'EQH 2012-2013, nous disposons de trois intervalles d'épaisseur pour l'isolation : « de 1 à 3 cm », « de 4 à 6 cm » et « égale ou supérieure à 7 cm ». Par convention, afin de ne pas surestimer les performances thermiques, nous prenons la valeur minimale de chaque intervalle, sauf pour le premier intervalle, car placer 1 cm d'isolant n'est pas du tout significatif et est équivalent à un mur non isolé. Ainsi, nous retenons les valeurs suivantes : 3 cm, 4 cm et 7 cm. Si l'on interprète en soi la variable indiquant l'épaisseur de l'isolation des murs extérieurs, il apparaît qu'une épaisseur plus importante assure une meilleure performance thermique qu'une épaisseur faible.

Une autre manière d'interpréter cette variable est de situer l'épaisseur constatée avec l'épaisseur qui serait souhaitable pour obtenir un niveau donné de performance thermique. Par exemple, selon les seuils définis par la Région wallonne au 1^{er} janvier 2014 pour octroyer une prime d'isolation, la résistance thermique doit être au minimum de 2 m²K/W pour une isolation par l'extérieur et de 1,5 m²K/W pour une isolation dans la coulisse ou par l'intérieur (cf. Tableau 5 et Tableau 6)²³.

Tableau 5 : Selon l'isolant, épaisseur à placer pour une isolation par l'extérieur des murs extérieurs pour obtenir une prime en 2014

Catégorie d'isolants	Epaisseur moyenne à placer (en mètre) pour obtenir un R de 2 m ² K/W
Laine minérale	0,07
Isolants synthétiques	0,06
Isolants naturels	0,08
Autres	0,11

Tableau 6 : Selon l'isolant, épaisseur à placer pour une isolation dans la coulisse ou par l'intérieur des murs extérieurs pour obtenir une prime en 2014

Catégorie d'isolants	Epaisseur moyenne à placer (en mètre) pour obtenir un R de 1,5 m ² K/W
Laine minérale	0,06
Isolants synthétiques	0,05
Isolants naturels	0,06
Autres	0,08

3.4. Coefficient de transmission thermique des murs extérieurs

Dans l'EQH 2012-2013, nous bénéficions également de l'information concernant le degré de couverture de l'isolation thermique (en l'occurrence, s'il s'agit d'une isolation totale ou partielle) ainsi que de l'année de pose de l'isolant²⁴. Cela nous permet de calculer un coefficient de transmission thermique qui prend en compte de nombreux aspects de l'isolation existante pour les murs extérieurs.

²² Tableau comparatif de la résistance au feu de certains isolants consulté sur <http://www.google.be/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&ved=0CHUQFjAI&url=http%3A%2F%2Fwww.rhodanienne-des-bois.com%2Fbdd%2Ffichiers%2Fpages%2Ffiles%2FIsolant.pdf&ei=VUv3U7u1Dqem0QWHq4CQAg&usg=A FQjCNGKCdKkPiIE-8G6fMDuLN22KEfpqg>

²³ Cf. <http://energie.wallonie.be/nl/isolation-des-murs-2014.html?IDC=6390&IDD=91457>

²⁴ Pour l'EQH 2006-2007, nous disposons uniquement du degré de couverture ; l'année de pose de l'isolant n'est pas renseignée.

Lorsque l'isolation est partielle, le coefficient de transmission thermique doit être augmenté car l'isolation thermique est moins performante que si l'isolation était totale. Dans la mesure où le degré exact de couverture partiel n'est pas précisé dans l'EQH 2012-2013, nous choisissons d'appliquer, par convention, un coefficient multiplicateur de 1,025 en référence aux 25% de pertes de chaleur *via* les murs extérieurs²⁵. Lorsque les murs extérieurs ne sont pas isolés du tout, il convient de se baser sur des valeurs de U standards dans la littérature. Par convention, nous considérons que des murs extérieurs non isolés auront un U moyen de 2 W/m²K²⁶.

Notons que, dans le cas des murs, une isolation partielle n'est pas systématiquement négative car une habitation peut être jointive et, dans ce cas, il est inutile d'isoler les surfaces concernées car elles ne sont pas en contact direct avec le climat extérieur mais avec le mur mitoyen du voisin qui est censé chauffer son bâtiment. La perte de chaleur y est donc quasi nulle. Le fait de savoir si le bâtiment dans lequel est situé le logement est jointif ou non est une information disponible dans l'EQH 2006-2007 et l'EQH 2012-2013. Cependant, ne sachant pas si la réponse fournie par les personnes enquêtées à la question du degré d'isolation des murs extérieurs (à savoir, en indiquant si l'isolation est totale, partielle ou absente) tient compte du fait que certains murs puissent être protégés et donc isolés par les murs du/des voisins il ne nous est pas possible d'intégrer cette information dans le calcul du coefficient de transmission thermique.

Afin de tenir compte de la durée de vie des isolants, nous appliquons un coefficient multiplicateur dans le cadre de l'EQH 2012-2013. Pour l'isolation des murs extérieurs, nous identifions quatre intervalles de durée de vie des matériaux afin de prendre en compte les dégradations possibles du matériau en lui-même, mais aussi les aléas pouvant intervenir (*cf. supra*). Ainsi, nous considérons qu'un isolant est totalement efficace durant 10 ans, puis voit son efficacité diminuer entre 10 et 20 ans, diminution qui s'accélère 20 et 25 ans, et au-delà de 25 ans son efficacité est fortement diminuée voire nulle.

Enfin, afin de tenir compte de la place de l'isolant dans le calcul du coefficient de transmission thermique, il convient d'utiliser un coefficient multiplicateur afin d'augmenter la valeur de U lorsque l'isolation est réalisée *via* la coulisse (par rapport à une isolation par l'extérieur), et d'autant plus lorsque l'isolation est réalisée par l'intérieur (par rapport à une isolation par l'extérieur, mais aussi dans la coulisse). Dans tous les cas, rappelons que l'application d'un coefficient multiplicateur ne doit pas entraîner une valeur plus élevée que celle pour un mur qui ne serait pas isolé du tout.

4. L'isolation thermique du sol en contact avec le milieu extérieur

4.1. Localisation de l'isolation

Il existe trois moyens d'isoler un plancher existant, notamment selon qu'un local est situé sous le sol en contact avec l'extérieur ou non. Notons que, toute chose égale par ailleurs, une isolation par le haut, sur dalle, est celle qui apporte la meilleure performance énergétique. Puis vient l'isolation par le bas, enfin l'isolation entre les éléments de structure du plancher lorsque celui-ci est en bois. La localisation de l'isolation du sol en contact avec le milieu extérieur n'est pas précisée dans l'EQH 2006-2007 ou dans l'EQH 2012-2013.

4.1.1. Isolation par le haut²⁷

L'isolation par le haut consiste à poser l'isolant sur le plancher et de le recouvrir d'un revêtement. L'isolation par le haut nécessite la pose d'une nouvelle finition et l'enlèvement éventuel de la finition existante. L'encombrement de l'isolant doit donc être pris en compte en termes de hauteur des pièces et

²⁵ Nous procédons de même pour l'EQH 2006-2007, où le degré de couverture partielle n'est pas non plus précisé.

²⁶ Cf. <http://opti-en.com/batiment.html>

²⁷ Le contenu de ce paragraphe sur l'isolation thermique des sols en contact avec l'extérieur par le haut est une synthèse des éléments mentionnés sur le site Energie + dédié à l'aide à la décision en efficacité énergétique des bâtiments du secteur tertiaire : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16870>

d'ouverture/fermeture des portes car l'isolation par le haut implique que les hauteurs sous linteaux de portes ou sous plafonds diminuent. L'idéal est de pouvoir le mettre en œuvre au moment de la construction.

4.1.2. Isolation par le bas²⁸

L'isolation par le bas peut être mise en œuvre lorsqu'il y a un local sous le plancher du rez-de-chaussée. L'isolant est alors fixé sur le plafond de la cave et éventuellement recouvert d'un parachèvement.

4.1.3. Isolation entre les éléments de structure du plancher²⁹

L'isolation entre les éléments de structure du plancher consiste à placer l'isolant entre les solives les éléments de structure du plancher. L'isolation dans la structure n'est possible que pour les planchers à ossature bois.

4.2. Choix des matériaux selon la localisation de l'isolant et sa conductivité thermique

Outre une préférence personnelle pour un type de matériau en particulier, le choix des matériaux utilisés pour isoler les sols en contact avec l'extérieur varient selon la localisation de l'isolation (cf. Tableau 7).

Tableau 7 : Type de matériau selon la localisation de l'isolant pour les murs extérieurs

Localisation de l'isolant	Matériau
Par le haut (sur dalle)	Panneaux isolants capable de supporter le poids des meubles et des personnes Mortiers isolants
Par le bas	Panneaux isolant rigides ou semi-rigides en fibre de bois, polyuréthane, polystyrène extrudé, polyéthylène, laine minérale ou cellulose Mousse projetée
Entre les éléments de structure (pour les planchers en bois)	Isolant souple, rigide (panneaux) ou en vrac (perlite, ouate de cellulose)

Dans l'EQH 2006-2007 et l'EQH 2012-2013, trois catégories d'isolants sont proposées (cf. Tableau 8). Afin d'attribuer un coefficient de conductivité thermique à chacune de ces catégories, nous calculons la moyenne des différents isolants figurant dans chaque catégorie.

Tableau 8 : Conductivité thermique des catégories d'isolants dans l'EQH 2006-2007 et l'EQH 2012-2013

Catégorie d'isolants	Isolants	Lambda (W/mK)		Lambda moyen par catégorie d'isolants (W/mK)
		De	à	
Panneaux isolants	Fibres de bois	0,037	0,054	0,038
	Polyuréthane	0,023	0,029	
	Polystyrène expansé	0,031	0,045	
	Polystyrène extrudé	0,028	0,038	
	Polyéthylène extrudé	0,035	0,045	
	Chanvre	0,040	0,041	
	Laine minérale	0,031	0,044	
	Cellulose	0,037	0,045	
				<i>suite du tableau page suivante</i>

²⁸ Le contenu de ce paragraphe sur l'isolation thermique des sols en contact avec l'extérieur par le bas est une synthèse des éléments mentionnés sur le site Energie + dédié à l'aide à la décision en efficacité énergétique des bâtiments du secteur tertiaire : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16869>

²⁹ Le contenu de ce paragraphe sur l'isolation thermique des sols en contact avec l'extérieur par les éléments de structure du plancher est une synthèse des éléments mentionnés sur le site Energie + dédié à l'aide à la décision en efficacité énergétique des bâtiments du secteur tertiaire : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16871>

Catégorie d'isolants	Isolants	Lambda (W/mK)		Lambda moyen par catégorie d'isolants (W/mK)
		De	à	
Mortiers isolants	Vermiculite expansé	0,060	0,080	0,07
Mousse de polyuréthane	Polyuréthane	0,023	0,029	0,026

Source : tableau réalisé à partir de

http://www.ibgebim.be/uploadedFiles/Contenu_du_site/Particuliers/01_Gestes/09_Mes_primes/Primes_energie_2012/FR_B1_2012_R.pdf?langtype=2060

Si l'on interprète en soi la variable indiquant le type de matériau utilisé pour isoler le sol en contact avec le milieu extérieur, il apparaît que c'est la mousse de polyuréthane qui présente la meilleure performance thermique, puis les panneaux isolants. Ce sont les mortiers isolants qui présentent la plus mauvaise performance thermique. Notons que l'utilisation de mortier isolant n'a du sens que lors de la construction mais pas en rénovation, ou uniquement en cas de rénovation lourde.

4.3. Choix de l'épaisseur de l'isolant à placer au sol

Le choix de l'épaisseur de l'isolant pour le sol en contact avec le milieu extérieur dépend de la localisation de l'isolant, du prix du matériau et de la performance thermique que l'on souhaite atteindre.

Dans l'EQH 2012-2013, nous disposons de trois intervalles d'épaisseur pour l'isolation : « de 1 à 3 cm », « de 4 à 6 cm » et « égale ou supérieure à 7 cm ». Par convention, afin de ne pas surestimer les performances thermiques, nous prenons la valeur minimale de chaque intervalle, sauf pour le premier intervalle, car placer 1 cm d'isolant n'est pas du tout significatif et est équivalent à un sol non isolé. Ainsi, nous retenons les valeurs suivantes : 3 cm, 4 cm et 7 cm. Si l'on interprète en soi la variable indiquant l'épaisseur de l'isolation du sol en contact avec le milieu extérieur, il apparaît qu'une épaisseur plus importante assure une meilleure performance thermique qu'une épaisseur faible.

Une autre manière d'interpréter cette variable est de situer l'épaisseur constatée avec l'épaisseur qui serait souhaitable pour obtenir un niveau donné de performance thermique. Par exemple, selon les seuils définis par la Région wallonne au 1^{er} janvier 2014 pour octroyer une prime d'isolation, la résistance thermique doit être au minimum de 2 m²K/W pour une isolation par le bas et de 1,5m²K/W pour une isolation par le haut/sur dalle (cf. Tableau 9 et Tableau 10)³⁰.

Tableau 9 : Selon l'isolant, épaisseur à placer pour une isolation par le bas du sol en contact avec le milieu extérieur pour obtenir une prime en 2014

Catégorie d'isolants	Épaisseur moyenne à placer (en mètre) pour obtenir un R de 2 m ² K/W
Panneaux isolants	0,08
Mortiers isolants	-
Mousse de polyuréthane	0,06

Tableau 10 : Selon l'isolant, épaisseur à placer pour une isolation par le haut du sol en contact avec le milieu extérieur pour obtenir une prime en 2014

Catégorie d'isolants	Épaisseur moyenne à placer (en mètre) pour obtenir un R de 1,5 m ² K/W
Panneaux isolants	0,06
Mortiers isolants	0,11
Mousse de polyuréthane	0,04

Nota Bene : dans le cas d'une isolation par le haut, sur dalle, la prime n'est octroyée que si l'isolation est réalisée par un entrepreneur ou une entreprise du secteur.

³⁰ Cf. <http://energie.wallonie.be/fr/isolation-des-sols-2014.html?IDC=6390&IDD=91458>

4.4. Coefficient de transmission thermique du sol en contact avec le milieu extérieur

Dans l'EQH 2012-2013, nous bénéficions également de l'information concernant le degré de couverture de l'isolation thermique (en l'occurrence, s'il s'agit d'une isolation totale ou partielle) ainsi que de l'année de pose de l'isolant³¹. Cela nous permet de calculer un coefficient de transmission thermique qui prend en compte de nombreux aspects de l'isolation existante pour le sol en contact avec le milieu extérieur.

Lorsque l'isolation est partielle, le coefficient de transmission thermique doit être augmenté car l'isolation thermique est moins performante que si l'isolation était totale. Dans la mesure où le degré exact de couverture partiel n'est pas précisé dans l'EQH 2012-2013, nous choisissons d'appliquer, par convention, un coefficient multiplicateur de 1,010 en référence aux 10% de pertes de chaleur *via* le sol en contact avec le milieu extérieur³². Lorsque ce sol n'est pas isolé du tout, il convient de se baser sur des valeurs de U standards dans la littérature. Par convention, nous considérons qu'un sol en contact avec le milieu extérieur non isolé aura un U moyen de 2 W/m²K³³.

Afin de tenir compte de la durée de vie des isolants, nous appliquons un coefficient multiplicateur dans le cadre de l'EQH 2012-2013. Pour l'isolation du sol en contact avec le milieu extérieur, nous identifions quatre intervalles de durée de vie des matériaux afin de prendre en compte les dégradations possible du matériau en lui-même, mais aussi les aléas pouvant intervenir (*cf. supra*). Ainsi, nous considérons qu'un isolant est totalement efficace durant 10 ans, puis voit son efficacité diminuer entre 10 et 20 ans, diminution qui s'accélère 20 et 25 ans, et au-delà de 25 ans son efficacité est fortement diminuée voire nulle.

5. L'isolation thermique des baies et fenêtres

5.1. Choix des châssis et des vitrages

Au-delà de préférences personnelles pour certains matériaux, le choix des châssis et des vitrages ne dépend pas que d'objectifs en termes d'isolation thermique. En effet, plusieurs autres fonctions doivent être remplies (l'apport de lumière, l'apport occasionnel d'air, une isolation acoustique, l'étanchéité à l'eau et à l'air), ce qui ajoute des critères pour choisir les baies et fenêtres.

5.2. Transmission thermique des baies et fenêtres

La transmission thermique des baies et fenêtres dépend de la transmission thermique de ce qui les compose : le châssis et le vitrage.

5.2.1. Transmission thermique des châssis

Dans l'EQH 2012-2013, nous disposons de quatre types de châssis (*cf. Tableau 11*). Si l'on interprète en soi la variable indiquant le type de châssis, il apparaît que ce sont les châssis en bois qui ont la meilleure performance thermique (la transmission thermique la plus basse), puis les châssis en PVC. Viennent ensuite les châssis métallique avec une coupure thermique. Enfin, les châssis métallique sans coupure thermique sont ceux qui présentent la transmission thermique la plus élevée.

³¹ Pour l'EQH 2006-2007, nous disposons uniquement du degré de couverture ; l'année de pose de l'isolant n'est pas renseignée.

³² Nous procédons de même pour l'EQH 2006-2007, où le degré de couverture partielle n'est pas non plus précisé.

³³ *Cf.* <http://opti-en.com/batiment.html>

Tableau 11 : Transmission thermique des types de châssis dans l'EQH 2006-2007 et l'EQH 2012-2013

Types de châssis	Transmission thermique (W/m ² K)
Châssis en bois	2,18*
Châssis en PVC	2,2
Châssis métallique avec coupure thermique	4,51
Châssis métallique sans coupure thermique	5,9

* : moyenne entre le châssis en bois de feuillus et le châssis en bois de résineux

Source : tableau réalisé à partir de <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16807#c20934686>

5.2.2. Transmission thermique des vitrages

Dans l'EQH 2012-2013, nous disposons de quatre types de vitrages (cf. Tableau 12). Si l'on interprète en soi la variable indiquant le type de vitrage, il apparaît que le triple vitrage est le plus performant, tandis que le moins performant est le simple vitrage.

Tableau 12 : Transmission thermique des types de vitrages dans l'EQH 2006-2007 et l'EQH 2012-2013

Types de vitrages	Transmission thermique (W/m ² K)
Simple vitrage	6
Double vitrage ordinaire	3
Double vitrage basse émissivité	1,1
Triple vitrage	0,6

Source : tableau réalisé à partir de <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16807#c20934686>

5.3. Coefficient de transmission thermique des baies et fenêtres

5.3.1. Coefficient de transmission thermique des baies et fenêtres standards

Pour connaître le coefficient de transmission thermique des baies et fenêtres, il faut combiner les informations concernant la transmission thermique des châssis à celles concernant la transmission thermique des vitrages. Pour une fenêtre standard, le châssis occupe en moyenne 30% de la surface totale d'une baie ou d'une fenêtre, et le vitrage en occupe en moyenne 70%. Le coefficient de transmission thermique des baies et fenêtres se calcule donc de la manière suivante³⁴ :

$$U_{baie/fen\hat{e}tre} = 0,3 * U_{ch\hat{a}ssis} + 0,7 * U_{vitrage}$$

Les valeurs du coefficient de transmission thermique des baies et fenêtres selon la combinaison châssis / vitrage à l'œuvre figurent dans le Tableau 13. Il apparaît que, pour chaque type de châssis, la combinaison avec le triple vitrage est celle qui est la plus performante en termes d'isolation, tandis que la moins performante concerne le simple vitrage. Il apparaît également que, pour chaque type de vitrage, la combinaison avec un châssis bois ou PVC est celle qui est la plus performante en termes d'isolation, tandis que les moins performantes sont celles comprenant un châssis métallique.

Tableau 13 : Coefficients de transmission thermique des baies et fenêtres selon leur composition

Châssis	Vitrage	coefficient de transmission thermique (W/m ² K)
Bois	Simple vitrage	4,82
	Double vitrage ordinaire	2,75
	Double vitrage super isolant	1,42
	Triple vitrage	1,07

suite du tableau page suivante

³⁴ Cf. http://app.bruxellesenvironnement.be/guide_batiment_durable/docs/ENE06_FR.pdf

Châssis	Vitrage	coefficient de transmission thermique (W/m ² K)
PVC	Simple vitrage	4,86
	Double vitrage ordinaire	2,76
	Double vitrage super isolant	1,43
	Triple vitrage	1,08
Châssis métallique <u>avec</u> coupure thermique	Simple vitrage	5,55
	Double vitrage ordinaire	3,45
	Double vitrage super isolant	2,12
	Triple vitrage	1,77
Châssis métallique <u>sans</u> coupure thermique	Simple vitrage	5,97
	Double vitrage ordinaire	3,87
	Double vitrage super isolant	2,54
	Triple vitrage	2,19

Une autre manière d'interpréter ces combinaisons est de les situer par rapport à la transmission thermique maximale souhaitable pour obtenir un niveau donné de performance thermique. Par exemple, selon les seuils définis par la Région wallonne au 1^{er} janvier 2014 pour octroyer une prime de rénovation ou de réhabilitation des menuiseries extérieures, la transmission thermique doit être au maximum de 2 W/m²K pour l'ensemble de la baie ou de la fenêtre³⁵. Cela implique que seules cinq des combinaisons mentionnées *supra* sont éligibles : châssis bois avec du double vitrage super isolant, châssis bois avec du triple vitrage, châssis PVC avec du double vitrage super isolant, châssis PVC avec du triple vitrage, châssis métallique avec coupure thermique et du triple vitrage³⁶.

5.3.2. Coefficient de transmission thermique des baies et fenêtres complexes

Notons que la formule *supra*, et les valeurs du coefficient de transmission thermique qui en découle, ne sont valables que pour des fenêtres standards, d'un seul tenant et sans grille de ventilation. Pour calculer le coefficient de transmission thermique d'une baie ou d'une fenêtre complexe, la formule en elle-même est plus développée³⁷. Il convient de calculer la valeur de la transmission thermique pour chacune des fenêtres, l'aire de la grille de ventilation étant également prise en compte, puis d'additionner ces valeurs (au prorata des surfaces concernées et en tenant compte des déperditions linéiques aux rives des vitrages et panneaux) pour l'ensemble de la baie ou de la fenêtre concernée.

Dans l'EQH 2006-2007 et dans l'EQH 2012-2013, le fait que les baies et fenêtres soient standards ou complexes n'est pas spécifié. Par convention, nous utilisons donc la formule de calcul du coefficient de transmission thermique dans le cas des baies et fenêtres standards.

5.3.3. La prise en compte de la durée de vie des châssis et des vitrages

Dans l'EQH 2012-2013, nous bénéficions également de l'information concernant le degré de couverture de l'isolation thermique (en l'occurrence, s'il s'agit d'une isolation totale ou partielle) ainsi que de l'année de pose des baies et fenêtres³⁸.

Lorsque l'isolation est partielle, le coefficient de transmission thermique doit être augmenté car l'isolation thermique est moins performante que si l'isolation était totale. Dans la mesure où le degré exact de couverture partiel n'est pas précisé dans l'EQH 2012-2013, nous choisissons d'appliquer, par convention, un coefficient multiplicateur de 1,015 en référence aux 15% de pertes de chaleur *via* les baies et fenêtres³⁹.

³⁵ Cf. <http://energie.wallonie.be/fr/la-reglementation-peb.html?IDC=6232>

³⁶ Notons que cette dernière combinaison n'est pas commercialisée car le triple vitrage est trop lourd pour un châssis en aluminium.

³⁷ Cf. <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16893>

³⁸ Pour l'EQH 2006-2007, nous disposons uniquement du degré de couverture ; l'année de pose de l'isolant n'est pas renseignée.

³⁹ Nous procédons de même pour l'EQH 2006-2007, où le degré de couverture partielle n'est pas non plus précisé.

Notons que les châssis et les vitrages n'ont pas la même durée de vie *a priori*. Tandis que les châssis ont une durée de vie estimée à un minimum de quatre décennies (cf. Tableau 14), la durée de vie des vitrages est moindre. Le triple vitrage a une durée de vie assez limitée⁴⁰ (15 ans en moyenne), même s'il est bien utilisé et correctement entretenu. La garantie d'efficacité des doubles vitrages, telle que prévue dans les agréments techniques, est de 10 ans⁴¹, tandis que la durée de vie réelle rejoint celle du triple vitrage, soit environ 15 ans⁴². Enfin, le simple vitrage étant obsolète, il est considéré comme une absence d'isolation des baies et fenêtres.

Tableau 14 : Durée de vie estimée selon le type de châssis

Type de châssis	Durée de vie estimée
Bois	de 40 à 60 ans (si le bois est bien traité)
PVC	de 40 à 50 ans
Métallique	de 60 ans ou plus

Source : tableau réalisé à partir de

http://app.bruxellesenvironnement.be/guide_batiment_durable/docs/MAT04_FR.pdf

Nota Bene : Les durées de vie des menuiseries sont restées difficiles à estimer, à la fois par manque de recul et par manque d'études statistiques des mises en déchet.

Afin de tenir compte de la durée de vie des isolants, nous appliquons un coefficient multiplicateur dans le cadre de l'EQH 2012-2013. Pour l'isolation des baies et fenêtres, nous identifions quatre intervalles de durée de vie des matériaux afin de prendre en compte les dégradations possibles des châssis et des vitrages en eux-mêmes, mais aussi les aléas pouvant intervenir (cf. *supra*). Nous considérons que l'isolation des baies et fenêtres est totalement efficace durant 10 ans (durée de la majorité des garanties constructeurs), puis voit son efficacité diminuer entre 10 et 15 ans (la durée de vie et l'efficacité des vitrages sont estimées à 15 ans), puis entre 15 et 25 ans (la durée de vie et l'efficacité des châssis sont estimées à 25 ans) et au-delà de 25 ans l'efficacité de l'isolation thermique des baies et fenêtres est fortement diminuée voire nulle⁴³.

Dans la mesure où les types de vitrages renvoient à des périodes d'installations spécifiques (cf. Tableau 15), il est également possible d'interpréter cette variable de l'EQH 2012-2013 sous cet angle, autrement en termes d'âge du parc de logements ou pour indiquer que des travaux de rénovation ont été réalisés alors que la période de construction du logement est bien plus ancienne.

Tableau 15 : Caractéristiques et période d'installation selon le type de vitrage

Type de vitrage isolant	Caractéristiques	Période d'installation
Double vitrage ordinaire	constitué de deux feuilles de verre, séparées par un espace hermétique clos	Début des années 1970 à début des années 2000
Double vitrage super isolant	aussi appelé « vitrage à haut rendement » ou « vitrage à basse émissivité », il est constitué comme le double vitrage ordinaire, avec une couche métallique placée à l'intérieur du double vitrage : elle bloquera une partie du transfert de chaleur par rayonnement, diminuant ainsi le flux total de chaleur au travers de la fenêtre	Début des années 1980 à aujourd'hui
Triple vitrage	formé par trois feuilles de verre séparant deux espaces d'air	Début des années 2000 à aujourd'hui

Source : tableau réalisé à partir de <http://multiglass.be/Fiche%20technique%20double%20vitrage.pdf>

⁴⁰ Cf. <http://maison-passive.comprendrechoisir.com/comprendre/triple-vitrage>

⁴¹ Cf. <http://multiglass.be/Fiche%20technique%20double%20vitrage.pdf>

⁴² Cf. <http://www.ideesmaison.com/Le-Mag-de-la-Maison/A-la-Une/Construction-materiaux/Choisir-le-bon-vitrage/Double-vitrage-et-coefficient-U.html>

⁴³ La limite de 25 ans est choisie en dépit d'une longévité plus importante des châssis, car les joints, en revanche, ne tiennent pas aussi longtemps, ce qui rend l'isolation inefficace quel que soit le châssis.

6. Conclusion

A partir des coefficients de transmission thermique pour les parois principales et d'informations complémentaires, il est possible de calculer un niveau d'isolation K pour caractériser l'isolation thermique de l'ensemble de l'enveloppe d'un bâtiment. La formule globale⁴⁴ tient notamment compte de l'isolation thermique de chaque paroi du bâtiment en contact avec un environnement froid (qu'il s'agisse du milieu extérieur, d'un vide sanitaire, d'une cave), de la surface de ces différentes parois et de la forme du bâtiment.

Dans l'EQH 2006-2007 et l'EQH 2012-2013, les informations nécessaires au calcul du niveau d'isolation K ne sont pas disponibles. Sous réserve que les éléments nécessaires soient collectés, il serait envisageable de disposer d'une vue d'ensemble de l'isolation thermique globale des logements occupés en Wallonie.

Tableau 16 : Evolution des valeurs maximales de U pour les différentes parois selon les exigences PEB

Parois du volume protégé	Exigences PEB du 1 ^{er} septembre 2008	Exigences PEB du 1 ^{er} mai 2010	Exigences PEB du 1 ^{er} septembre 2011	Exigences PEB du 1 ^{er} juin 2012	Exigences PEB à partir du 1 ^{er} janvier 2014
	U max (W/m ² K)				
Toitures	0,3	0,3	0,3	0,27	0,24
Murs	0,5	0,4	0,4	0,32	0,24
Planchers du sol en contact avec l'extérieur	0,9	0,4	0,4	0,35	0,30
Baies et fenêtres	2,5	2,5	2,5	2,20	2

Source : tableau réalisé à partir de <http://energie.wallonie.be/fr/la-reglementation-peb.html?IDC=6232>

Champs : ces valeurs concernent l'ensemble des bâtiments (sauf exceptions explicitement visées par la réglementation) pour tous les travaux de construction, de reconstruction et de transformation nécessitant l'obtention d'un permis d'urbanisme.

Bibliographie

Lemaire E. (2014), « EQH 2006-2007 / EQH 2012-2013. L'isolation thermique. Construction de variables comparables et approfondies », Centre d'Etudes en Habitat Durable, *Document Technique* 2014-05, février 2014, 57 pages.

⁴⁴ Cf. <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=15007>