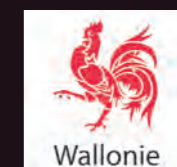


# GUIDE DE LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE ET DURABLE DES LOGEMENTS EN WALLONIE

Marc Opdebeeck  
André De Herde



**GUIDE DE LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE ET DURABLE  
DES LOGEMENTS EN WALLONIE**



# **GUIDE DE LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE ET DURABLE DES LOGEMENTS EN WALLONIE**

**MARC OPDEBEECK  
ANDRÉ DE HERDE**

## REMERCIEMENTS

Les remerciements des auteurs s'adressent en premier lieu au Département de l'Énergie et du Bâtiment durable du Service Public de Wallonie et plus spécialement à Monique Glineur qui a permis la réalisation de ce guide.

L'équipe d'Architecture et Climat et l'équipe de MATRIciel sont vivement remerciées pour leur aide, et plus particulièrement

Caroline Kints pour les recherches menées sur le bâti existant

Aline Branders pour la recherche de projets réalisés

Sophie Trachte pour les questions liées aux matériaux

Catherine Massart pour les comparaisons avec les enveloppes de maisons neuves

Arnaud Evrard pour les questions liées aux isolants et au transfert de vapeur d'eau

Laurent Georges pour l'analyse technico-économique des systèmes

Thomas Goetghebuer pour les ressources développées lors de l'élaboration du guide RELOSO

José Flémal pour la mise au net et la colorisation des plans et des détails techniques

Jacques Claessens, Laurent Georges et Olivier Dartevelle pour les relectures

**Ce guide a été réalisé par la cellule de recherche Architecture et Climat, financée par le département Énergie et Bâtiment durable du Service Public de Wallonie.**

Dépôt légal : XXX

ISBN : XXX

Édition : septembre 2014

Imprimé en Belgique

Tous droits de reproduction, d'adaptation ou de traduction, par quelque procédé que ce soit, réservés pour tous pays, sauf autorisation de l'éditeur ou de ses ayants droit.

Images de couverture : Sébastien Cruyt, architecte et Marc Opdebeeck, architecte

En version papier sur commande au

SPW - DGO4

Département de l'Énergie et du Bâtiment durable

Direction du Bâtiment durable

140-142, chaussée de Liège

5 100 JAMBES



## INTRODUCTION

Les concepts de construction énergétique et durable entrent petit à petit dans le langage courant, bien que leur pénétration réelle soit longue et difficile dans les milieux de la construction, principalement par manque d'information et par la pesanteur de la tradition constructive.

Ne nous y trompons pourtant pas, le développement durable se profile comme une tendance incontournable dans notre société post moderne. Même s'il peut apparaître à certains égards comme un effet de mode, la déplétion des énergies fossiles et les problèmes environnementaux au sens large en feront probablement une des questions centrales de la première moitié du XXI<sup>e</sup> siècle.

Les études les plus récentes montrent que c'est avant tout sur le parc de bâtiments existants qu'il faut agir si nous voulons avoir une chance de réaliser les objectifs de l'après Kyoto.

Un parallèle peut-être fait avec les années 1970-80 qui voient le début de l'intérêt porté à la rénovation des logements anciens.

À cette époque la question était encore posée quand à la pertinence de rénover des logements anciens. Ne valait-il pas mieux abattre toutes ces vieilles bâtisses et faire du neuf ?

N'allait-on pas appauvrir la démarche architecturale ?

Les anciens bâtiments étaient-ils encore fonctionnellement adaptés ?

Quarante ans plus tard, la question ne se pose plus, nombre de bâtiments ont été réhabilités et beaucoup d'entre eux avec une certaine créativité architecturale. La plus value foncière suite à leur rénovation était devenue telle que personne ne songe plus à les démolir.

Le même processus est à l'œuvre en ce qui concerne la rénovation énergétique et durable. Les esprits sont mûrs pour que rénovation rime avec amélioration énergétique et environnementale.

Les différents acteurs de la construction ne sont pourtant pas toujours d'accord sur les objectifs à atteindre et les moyens et méthodes à mettre en œuvre pour les réaliser, le processus est cependant amorcé, il se généralisera.

Nous espérons que ce guide contribuera à permettre de clarifier certains choix en matière de technique de rénovation énergétique et durable.

**MARC OPDEBEECK**

## Sommaire

● Chapitre 1	Cadre général de l'étude	7
● Chapitre 2	Confort	27
● Chapitre 3	Impact environnemental	65
● Chapitre 4	Analyse du bâti	111
● Chapitre 5	Efficacité énergétique	181
● Chapitre 6	Projets illustratifs et fiches de réalisations	277
● Conclusions		341
● Table des matières		348

# CHAPITRE 1

## CADRE GÉNÉRAL DE L'ÉTUDE



Photo: Jacky Delorme

# 1. CONTEXTE

## 1.1 Enjeux

Aujourd'hui, l'enjeu énergétique et les questions environnementales s'imposent à nous avec plus d'acuité que jamais. La crise actuelle – crise économique, crise de ressources, crise environnementale, crise sociale – est bel et bien un phénomène structurel. La forte augmentation des prix de l'énergie enregistrée de 2004 à 2008 (même si on a assisté depuis à une baisse suivie d'une fluctuation des prix) a souligné la dépendance énergétique de nos économies et la raréfaction des ressources en énergie fossile a mis en lumière l'impérieuse nécessité d'une maîtrise durable de l'énergie.

Pour limiter le réchauffement climatique à 2° C d'ici 2100, la communauté scientifique a appelé à une réduction des émissions mondiales des gaz à effet de serre de 50 % à 85 % en 2050 par rapport à leur niveau de 2000. Compte tenu de leur niveau d'émission élevé, il incombera probablement aux pays industrialisés, dont la Belgique, de faire un effort encore plus important.

Dans ce contexte, le Conseil européen a, en mars 2007, fixé pour l'Union européenne les objectifs suivants (il s'agit d'objectifs globaux de réduction de consommation qui comprennent celles des particuliers, comme des entreprises) :

- 20 % de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) d'ici 2020 (objectif 2012 : 8 % dans le cadre des accords de Kyoto) par rapport à 1990 ; et 30 % à la condition que, lors des négociations internationales, d'autres pays acceptent de fournir un effort suffisant ;
- une économie de 20 % de la consommation énergétique de l'UE par rapport aux projections pour l'année 2020, telles qu'elles ont été estimées dans le *Livre vert* de la Commission européenne sur l'efficacité énergétique<sup>1</sup> ;
- 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique finale de l'UE d'ici 2020 (en 2009 : 8,5 %) ;
- dans ces 20 % d'énergies renouvelables, un minimum de 10 % de biocarburants dans la consommation totale d'essence et de gasoil destinée au transport au sein de l'UE, d'ici 2020 dans tous les États membres de l'UE, et ce à un coût raisonnable<sup>2</sup>.

## 1.2 Objectifs

Pour mettre en œuvre ces objectifs, la Commission européenne a, en janvier 2008, présenté son plan « énergie-climat », qui propose des mesures concrètes, dont une nouvelle directive sur les énergies renouvelables. Ce plan énergie-climat a été définitivement adopté le 17 décembre 2008 par le vote au Parlement sur les points faisant l'objet d'une procédure de codécision. Les objectifs initiaux ont été maintenus, moyennant certains compromis, notamment sur la part des réductions qui pourra être couverte par des mécanismes flexibles en dehors de l'UE (achat de permis d'émission de CO<sup>2</sup> en dehors de l'UE)<sup>3</sup>.

On s'orienterait donc plutôt, sauf exceptions éventuelles, vers l'adoption d'un objectif commun d'économie d'énergie, soit 20 % par rapport à un scénario de référence, pour l'ensemble des pays, et donc aussi, par extension, pour les trois régions de la Belgique.

<sup>1</sup> COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES. *Livre vert de la Commission, du 22 juin 2005 : L'efficacité énergétique ou Comment consommer mieux avec moins*. COM(2005) 265 final - Non publié au Journal officiel].

Consulté sur <[http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/energy\\_efficiency/l27061\\_fr.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/l27061_fr.htm)>

<sup>2</sup> ECONOTEC, IBAM, ICEDD. *Projet d'actualisation du plan pour la maîtrise durable de l'énergie en Wallonie à l'horizon 2020*. Service public de Wallonie DG04, Département de l'Énergie et du bâtiment durable, 12 mars 2009, p.8.

<sup>3</sup> *Ibid.*

C'est dans ce contexte que les États et Régions doivent définir une politique d'utilisation durable de l'énergie. La Région wallonne, dans le cadre des compétences qui lui ont été dévolues par la loi spéciale de réformes institutionnelles du 8 août 1980, mène depuis de nombreuses années une politique proactive en la matière.

Compte tenu des engagements pris récemment par la Belgique au niveau européen, il appartient au Gouvernement wallon de fixer les objectifs qui seront à atteindre dans le cadre des compétences régionales (notamment en matière de consommation d'énergie, de valorisation des sources d'énergie renouvelable, mais aussi de transports) et d'identifier les moyens à mobiliser pour les atteindre.

L'essentiel de l'analyse des mesures prises et encore à prendre au niveau régional pour se conformer aux directives européennes est synthétisé dans le *Projet d'actualisation du plan pour la maîtrise durable de l'énergie (PMDE) en Wallonie à l'horizon 2020* élaboré par le Service public de Wallonie, DG04 Département de l'énergie et du bâtiment durable.

La directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments (PEB) est appelée à jouer un rôle essentiel dans la poursuite de ces objectifs, via les nouvelles normes qu'elle édicte en matière d'isolation thermique pour la construction neuve et la rénovation ainsi que par le biais du certificat de performance énergétique qui sera progressivement introduit<sup>4</sup>.

En Région wallonne, cette directive a été transposée par le décret du 19 avril 2007 et l'Arrêté du 17 avril 2008. Depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2009, des valeurs maximales renforcées de coefficient d'isolation globale (K45 pour les bâtiments résidentiels et tertiaires, K55 pour les bâtiments industriels) sont imposées aux nouveaux bâtiments, tandis que des valeurs maximales de coefficient thermique (U<sub>max</sub>) sont imposées tant aux bâtiments neufs qu'aux rénovations soumises à permis.

Depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2009, les valeurs de U<sub>max</sub> ont été renforcées et les bâtiments neufs sont en outre soumis à une limitation de leur consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire (niveau E<sub>w</sub> ≤ 170 kWh/m<sup>2</sup>.an). Ce plafond est porté à 130 kWh/m<sup>2</sup>.an dès le 1<sup>er</sup> septembre 2011.

Le certificat de performance énergétique sera progressivement rendu obligatoire pour toute transaction (vente/location) d'une habitation et de tout autre type de bâtiment, ce qui garantira au futur acheteur/locataire d'être informé de la performance énergétique du bâtiment qu'il compte occuper, ainsi que des travaux susceptibles d'améliorer cette qualité énergétique.

Nous nous attacherons dans ce guide aux performances énergétiques et environnementales dans le secteur du bâtiment, et plus spécifiquement dans la rénovation du parc de logements existants. Toutefois, puisque de tous les défis énergétiques et environnementaux, celui des transports est probablement le plus difficile à relever, une partie du guide sera également consacrée aux questions urbanistiques et d'aménagement du territoire qui peuvent contribuer à le résoudre.

Il faut d'ailleurs noter que, compte tenu du fait que les objectifs en matière de transport seront probablement les plus difficiles à atteindre, il conviendra peut-être pour parvenir aux objectifs globaux en matière de réduction de gaz à effet de serre de concéder un effort plus important encore dans le secteur du bâtiment et, en particulier, dans la rénovation du parc immobilier existant.

<sup>4</sup> *Idem.* p. 92.

### 1.3 Perspectives

Parmi les domaines actuellement concernés par les efforts de recherche et de développement, il convient de citer notamment :

- les techniques « basse énergie » et « passives » dans le bâtiment tant en construction neuve qu'en rénovation : isolation thermique, étanchéité à l'air, ventilation, apport d'énergie renouvelable dans les systèmes de chauffage et de refroidissement, éclairage naturel et artificiel, systèmes de régulation, gestion électronique des installations, etc. ;
- l'électricité photovoltaïque ;
- le solaire thermique ;
- l'hydroélectricité ;
- l'énergie éolienne ;
- la géothermie (notamment sous l'angle de l'étude des gisements possibles) ;
- la gazéification du bois ;
- les biocarburants de seconde (voire de troisième) génération ;
- les récupérations d'énergie dans l'industrie, en soutenant notamment les efforts à faire dans le cadre des accords de branche ;
- l'amélioration des biens d'équipement ;
- les améliorations des procédés et services, notamment le développement de méthodologies d'évaluation des performances énergétiques, la prise en compte d'une approche plus globale via l'analyse du cycle de vie d'un produit.

Ces différentes stratégies sont déclinées selon les secteurs de consommation énergétique et devraient permettre au plus tard à l'horizon 2020, en vue de respecter les objectifs établis au niveau européen et auxquels la Belgique a souscrit, la réalisation pour le secteur du résidentiel de deux objectifs fondamentaux :

- toutes les nouvelles constructions devront être des maisons passives ou de performance équivalente ;
- la consommation moyenne du parc de logements existants devra être réduite de 20 %<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> *Idem.* p. 95-96.

## 2. DÉFINITION DES ACTIVITÉS DE RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE ET DURABLE

Avec un niveau de vie élevé, un parc ancien ainsi qu'une période de chauffe assez longue, la Belgique apparaît en première ligne du « gaspillage » énergétique au niveau européen. Si les Belges ont aujourd'hui – avec un peu de retard sur certains de nos voisins – pris conscience de la problématique, ils semblent cependant davantage prêts à faire des investissements qu'à modifier leur comportement.

### 2.1 La rénovation

La rénovation du logement, est, au sens large, toute action qui peut améliorer la qualité de l'habitat et de son environnement direct. Interviennent donc différentes disciplines pour différents champs d'actions : niveaux urbanistique, architectural, constructif, etc. La rénovation du logement, c'est, dans un sens plus restreint, les travaux de transformation d'un immeuble existant ne visant pas à augmenter sa surface habitable de plus de 20 % par rapport à la surface existante.

Dans cette étude, nous nous attacherons exclusivement aux rénovations dont l'extension de superficie de plancher reste inférieure à 20 %, étant donné qu'il s'agit de la plus grande majorité des transformations. Dans l'avenir, on verra probablement des transformations-extensions dont les parties neuves, plus importantes en terme de surface par rapport aux parties rénovées, seront très isolées ou mises au standard passif<sup>6</sup>. Ces bâtiments dits hybrides ne sont pas repris dans le cadre de cette étude.

### 2.2 Le durable

Apparu en mars 1987, dans le *Rapport Brundtland « Our common future »* de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement<sup>7</sup>, le concept de développement durable ou de développement soutenable (traduction plus proche de *sustainable development* employé dans le rapport original) se définit comme le « développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ».

Les recommandations du *Rapport Brundtland* ont été développées dans *L'agenda 21, plan d'action pour le XXI<sup>e</sup> siècle*<sup>8</sup>, adopté par 173 chefs d'état lors du sommet de la Terre à Rio en 1992. Les participants y énoncent également les 27 principes de la Déclaration de Rio. Ces 27 principes ont valeur juridique pour les 108 pays signataires de cette déclaration (dont la Belgique), qui s'engagent à les appliquer et à les traduire en actions concrètes.



C'est ainsi qu'en 1997, l'état belge a édicté une loi relative à la coordination de la politique fédérale de développement durable et créé un Conseil fédéral du développement durable. Cette loi charge le Bureau fédéral du plan d'établir tous les quatre ans un plan fédéral de développement durable qui détermine les mesures à prendre dans une perspective d'efficacité et de cohérence interne.

<sup>6</sup> En Région bruxelloise, les extensions des transformations basse et très basse énergie doivent être au standard passif depuis le 1<sup>er</sup> mars 2010.

<sup>7</sup> BRUNDTLAND G.H., *Rapport Brundtland*. Traduction française, Québec : 1989, Les Éditions du Fleuve Québec.

<sup>8</sup> *Agenda 21, Nations Unies, Développement durable*.

Consulté sur <<http://www.un.org/french/ga/special/ids/agenda21/>>

Des 40 chapitres de l'Agenda 21, le plan retient 5 concepts de la durabilité<sup>9</sup>.

### ● **Le principe de responsabilité commune**

*Nous, citoyens de la terre, nous sommes tous responsables de l'avenir de la planète.*

C'est le caractère fini de la planète et de ses ressources qui nous rend tous responsables. Comprendre que le monde est fini et matériellement solidaire implique la notion de valeur : c'est parce que les choses sont épuisables qu'elles ont de la valeur.

### ● **Le principe d'équité inter- et intragénérationnelle**

*Nous avons tous droit à un environnement quantitativement et qualitativement sain, aussi bien aujourd'hui et partout dans le monde que demain.*

À l'équité dans l'espace correspond l'équité dans le temps (intergénérationnelle). Ce principe prolonge à l'environnement l'éthique des droits de l'homme : nous avons tous droit à un environnement sain. Ceci questionne notre conception du temps : nos actions aujourd'hui conditionnent l'environnement de demain, celui des générations futures, qui doivent pouvoir jouir du même droit que nous.

### ● **Le principe d'intégration des composants d'un développement durable**

*Pour parvenir à un développement durable, la protection de l'environnement doit faire partie intégrante du processus de développement et ne peut être considérée isolément.*

Protéger l'environnement, c'est tenir compte des contraintes qui sont propres aux écosystèmes, dont la finalité se justifie intégralement en dehors des champs économiques, politiques ou sociaux. C'est cependant la mise en œuvre de diverses formes et mécanismes de coopération et de participation qui rendront cet accomplissement possible. Ces domaines d'action sont répartis en quatre catégories thématiques dans l'Agenda 21<sup>10</sup>:

- dimensions sociale et économique ;
- conservation et gestion des ressources aux fins du développement ;
- renforcement du rôle des principaux groupes sociaux ;
- moyens d'exécution.

### ● **Le principe de précaution et de reconnaissance des incertitudes scientifiques**

*Nous nous devons de limiter les risques hypothétiques ou potentiels.*

Le principe de précaution s'appuie sur une responsabilité qui n'est pas uniquement rétrospective, mais aussi prospective : penser la durabilité, c'est penser, en « bon père de famille », les conséquences de nos actions et leurs risques potentiels en dépassant la notion de prévention qui se contente de limiter les risques avérés.

### ● **Le principe de participation et de bonne gouvernance**

*Nous nous devons d'être informés pour prendre position et agir en connaissance de cause.*

*Il s'agit d'une participation aux niveaux local et global. L'accès à l'éducation et à l'information est dès lors primordial.*

La participation des citoyens relocalise les décisions à l'échelle du milieu dont ils deviennent ainsi les acteurs. La participation garantit aussi la pluralité : pluralité des solutions, pluralité des points de vue, etc. C'est alors l'articulation de ces pluralités qui porte l'horizon démocratique.

9 de MYTTENAERE K., *Vers une architecture soutenable*. Thèse en sciences appliquées : Louvain-la-Neuve, Université catholique de Louvain, 2006, promoteur DE HERDE A.

10 GOUZEE N., ZUINEN N., WILLEM S., *Développement durable : un projet à l'échelle mondiale*. Bruxelles : Bureau fédéral du plan, 1999.

Ces enjeux se retrouvent à différents niveaux de l'acte de construire ou de rénover le bâti, ils ne sont donc pas ceux d'une spécialité. Ils s'adressent à tout architecte et maître de l'ouvrage d'aujourd'hui et sont aussi bien écologiques (quelle est l'empreinte écologique de nos manières d'habiter ?) que sociaux (comment assurer une manière d'habiter saine, digne et appropriée pour tous ?), économiques (quelles influences peuvent avoir nos modes d'édifier sur nos économies locales et globales, à court et à long termes ?) et politiques (comment nos modes d'habiter peuvent-ils assurer la survie de nos valeurs démocratiques ?).

Comment ces enjeux n'auraient-ils à leur tour aucune influence sur notre capacité d'édifier ? La notion de développement durable porte en elle l'opportunité de questionner la pratique architecturale contemporaine<sup>11</sup>.

### **3. POURQUOI LA RÉNOVATION ?**

Ce n'est qu'en prenant en compte les logements déjà construits que des avancées significatives pourront être engrangées dans la réduction d'émission des gaz à effet de serre et de différents polluants ainsi que dans la réduction de la consommation des énergies non renouvelables. La Commission européenne impose que la consommation moyenne du parc existant soit réduite de 20 % d'ici 2020.

#### **3.1 Le parc de logements en Région wallonne est avant tout un parc existant**

Ce parc comptait en 2008 +/- 1 490 000 logements. La Région wallonne estime le besoin en logements neuf à +/- 100 000 logements dans les dix prochaines années. Ce besoin de logements est principalement dû à une légère augmentation de la population wallonne et à la diminution de la taille des ménages et de leur composition. Les logements neufs qui seront construits entre 2010 et 2020 ne représenteront par conséquent que 7 % du total du parc immobilier déjà construit.

Il va sans dire qu'une attention toute particulière devra être accordée à la conception de ces logements neufs en matière de performance énergétique et de développement durable. Le plan énergie-climat édicté par la Commission européenne préconise d'ailleurs de renforcer progressivement l'exigence thermique pour la construction de logements neufs entre 2010 et 2020, jusqu'à l'adoption du standard passif ou son équivalent (15 kWh/m<sup>2</sup>. an en besoin de chauffe). L'effet de ce durcissement de la législation sur le logement neuf est estimé à un peu plus de 2 % de la consommation totale annuelle de l'ensemble des logements Wallons entre 2010 et 2020.

#### **3.2 L'immense majorité des logements doit encore être améliorée énergétiquement**

Il existe encore un important potentiel d'amélioration énergétique de notre parc immobilier, puisque

- 11 % des logements ne possèdent aucune isolation ;
- 40 % de toitures (ou de planchers de combles) restent à isoler ;
- 19 % de constructions ne sont équipées que de simples vitrages ;
- seuls 21 % des maisons unifamiliales possèdent une isolation de la dalle de sol (sur cave, sur vide ventilé ou sur terre-plein) et
- seulement 29 % des logements possèdent une isolation complète de leurs murs extérieurs<sup>12</sup>.

<sup>11</sup> de MYTTENAERE K., *Idem*.

<sup>12</sup> SONECOM, *Enquête sur la qualité de l'habitat en Région wallonne, 2006-2007*. Namur : Ministère de la Région wallonne (MRW), Direction générale de l'aménagement du territoire, du logement et du patrimoine (DGATLP), 2007.



Rappelons que la consommation moyenne estimée du parc de logement wallon était en 2005 de +/-169 kWh/m<sup>2</sup>.an pour le chauffage, de +/-19 kWh/m<sup>2</sup>.an pour la production d'eau sanitaire et de +/-23 kWh/m<sup>2</sup>.an pour la consommation électrique soit un total de +/-211 kWh/m<sup>2</sup>.an<sup>13</sup>.

On estime qu'actuellement un peu plus d'1 % du parc de logement existant est rénové ou transformé de manière significative chaque année en Région wallonne. Pour atteindre l'objectif de 20 % d'économie d'énergie préconisé par l'Union européenne en 2020 et en imaginant que le taux de mise en chantier reste stable, cela signifie que la consommation énergétique de chaque logement rénové devra être au moins réduite de moitié, voire par trois, en améliorant l'enveloppe des bâtiments et les installations techniques mises en œuvre. Cet objectif pourra éventuellement encore être amélioré par l'intégration de systèmes de production d'énergies renouvelables au bâtiment, ce qui pourrait alors diviser les consommations par quatre, atteignant alors le concept EF4<sup>14</sup>.

<sup>13</sup> ICEDD, *Bilan énergétique wallon 2005. Consommation du secteur logement 2005*. Namur : MRW, Direction générale des technologies, de la recherche et de l'énergie, 2007.

<sup>14</sup> L'expression « Energie facteur 4 » désigne un objectif ou engagement écologique qui consiste à diviser par 4 les émissions de gaz à effet de serre d'un pays ou d'un continent donné, à l'échelle de temps de 40 ans (2050). Pour une majeure partie, il s'agit de diminuer fortement les consommations d'énergie fossile ainsi que la consommation de produits à très fortes émissions de gaz à effet de serre (par exemple la viande). Il s'agit aussi d'améliorer l'efficacité des modes de production, c'est-à-dire produire autant de richesses en utilisant moins de matières premières et d'énergie.

## 4. PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES DES LOGEMENTS EN BELGIQUE

Il s'agit ici de définir les exigences à atteindre en construction neuve et en rénovation de logements en Belgique.

### 4.1 Standards actuels

Exigences thermiques à respecter		Région de Bruxelles-Capitale	Région flamande	Région wallonne
Bâtiment neuf	Isolation thermique	Max K40 $U_{max}$ ou $R_{min}$	Max K40 $U_{max}$ ou $R_{min}$	Max K35 $U_{max}$ ou $R_{min}$
	Performance à atteindre	max. E 70 (depuis le 02/07/2011)	max. E 60 (depuis le 01/01/2014)	max. E 80 et max. $E_{spec}$ 130 kWh/m <sup>2</sup> (depuis le 01/09/2011)
	Climat intérieur	Dispositifs de ventilation (résidentiel) Limitation du risque de surchauffe	Dispositif de ventilation (résidentiel) Limitation du risque de surchauffe	Dispositif de ventilation (résidentiel) Limitation du risque de surchauffe
Rénovations lourdes et simples	Isolation thermique	$U_{max}$ ou $R_{min}$	$U_{max}$ ou $R_{min}$	$U_{max}$ ou $R_{min}$ (éléments rénovés)
	Performance à atteindre	-	-	-
	Climat intérieur	En cas d'ajout, de suppression ou de remplacement des fenêtres d'un local : - dispositifs d'amenée ou d'évacuation d'air (résidentiel) - ventilation intensive  Local nouvellement créé: dispositifs d'amenée ou d'évacuation d'air (résidentiel)	Dispositif de ventilation (résidentiel) (1)  Amenée d'air (résidentiel) dans les locaux où l'on remplace des châssis (2)	Amenées d'air (résidentiel) dans les locaux où les châssis de fenêtres ou de portes extérieurs sont remplacés

(1) D'application si le volume protégé de la partie ajoutée ou reconstruite est inférieur ou égal à 800 m<sup>3</sup> et s'il ne s'agit pas d'ajouter une ou plusieurs unités d'habitation. Les exigences s'appliquent à la partie ajoutée ou reconstruite.

(2) Pas d'application pour un bâtiment dont le volume protégé est supérieur à 3000 m<sup>3</sup>, quand la structure portante du bâtiment est conservée, mais que les installations permettant d'obtenir un climat intérieur spécifique et au moins 75 % des façades sont remplacées.

**Le niveau E** = le niveau de consommation d'énergie primaire. Ce niveau, pour les bâtiments résidentiels, tient compte du bâtiment et des installations de chauffage, de ventilation, d'eau chaude sanitaire et de refroidissement ainsi que de l'utilisation d'une énergie renouvelable.

**Le niveau  $E_w$**  = en Région wallonne, la méthode de calcul du niveau E (identiques pour les trois régions) comprend une différence au niveau de la dernière étape du calcul pour les bâtiments résidentiels (la valeur de référence diffère).

**Le niveau  $E_{spec}$**  = en Région wallonne, un critère supplémentaire pour les bâtiments résidentiels est pris en compte : la consommation spécifique. Elle correspond à l'exigence relative à la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire (consommation à diviser par la surface totale de plancher chauffé).

### 4.2 Standards à atteindre sur base volontaire

#### ● En Région wallonne

Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2008, la Région wallonne octroie une prime pour la construction de maisons unifamiliales répondant aux critères PASSIVHAUS (cf. infra). Là encore, les textes décrivant les performances à atteindre pour obtenir les subventions sont orientés vers la construction neuve bien que, dans ce cas, les projets de rénovation ne soient pas explicitement exclus.

#### ● En région bruxelloise

La politique de subsides est liée depuis 2007 à un critère de performance globale des bâtiments neufs ou rénovés. Le subside peut désormais être accordé par m<sup>2</sup> de surface énergétique construite ou rénovée. Les anciennes primes par m<sup>2</sup> de parois d'enveloppe isolée restent en place pour les rénovations partielles ; les deux subsides ne pouvant être cumulés.

La prime à la performance permet une approche plus globale du projet intégrant les critères d'étanchéité à l'air et le type de ventilation mis en œuvre. La performance doit être atteinte mais le concepteur est libre de choisir comment l'atteindre. Cette politique ouvre à une certaine créativité dans le domaine: il n'y a plus une seule manière d'arriver à la performance énergétique, mais plusieurs. La manière d'aborder les projets s'en trouve changée: les solutions pour rénover thermiquement un hôtel de maître ou une maison ouvrière peuvent en effet sensiblement différer.

Depuis 2010, cette politique fait aussi la différence en terme de subside entre les édifices neufs (seul le passif est encore subsidié en construction neuve) et ceux qui font l'objet d'une rénovation, et ce pour chaque niveau de performance à atteindre. Les projets de rénovation sont davantage subsidiés car plus complexes à réaliser. Elle tient également compte de critères d'écoconstruction dans le même esprit. En 2011, une série de critères concernant le revenu des maîtres d'ouvrage ont été ajoutés comme condition d'obtention des primes.

Les catégories sont les suivantes :

- constructions neuves passives (besoin de chauffe  $\leq$  à 15 kWh/m<sup>2</sup>.an) ;
- rénovations passives (besoin de chauffe  $\leq$  à 15 kWh/m<sup>2</sup>.an) ;
- rénovations très basse énergie (besoin de chauffe  $\leq$  à 30 kWh/m<sup>2</sup>.an) ;
- rénovations basse énergie (besoin de chauffe  $\leq$  à 60 kWh/m<sup>2</sup>.an).

### ● En région flamande

Les primes liées à l'amélioration sur base volontaire du niveau E concernent uniquement les nouvelles constructions. La prime construction passive concerne également la rénovation. Il n'existe pas encore de prime pour l'amélioration du bilan énergétique d'une habitation existante sur base d'une performance globale, hors celle accordée lorsqu'on atteint le standard passif.

## 4.3 Conclusion

Dans les trois régions du pays, la plupart des primes accordées pour la rénovation énergétique des logements existants sont liées à l'amélioration de la résistance thermique de chaque type de paroi de l'enveloppe et à l'amélioration de certains équipements techniques (chaudière, système de ventilation, etc.). Les subventions à la performance globale sont en Flandre comme en Wallonie orientées vers les constructions neuves<sup>15</sup>. Seule la Région bruxelloise oriente les aides disponibles vers des projets très performants en rénovation. Cette politique est de bonne logique puisque la construction de logements neufs est assez restreinte à Bruxelles vu le peu de terrains à bâtir disponible et le fait que 78 % des logements que comptent les 19 communes de Bruxelles ont été bâtis avant la crise pétrolière des années 1970<sup>16</sup> et présentent donc un mauvais bilan énergétique.

L'Observatoire de la population de la Région de Bruxelles prévoit la mise en chantier de 5,8 % de logements supplémentaires en 10 ans (qui seront principalement des appartements dans des constructions neuves) pour un accroissement de la population d'au moins 100 000 personnes. Il est frappant de constater que, toutes proportions gardées, les situations qualitatives et prospectives des parcs immobiliers bruxellois et wallon sont assez similaires. Le nombre de logements neufs probablement construits d'ici 2020 est estimé à 7 % en Région wallonne contre 5,8 % en Région de Bruxelles-Capitale, même s'il s'agira principalement d'appartements en Région bruxelloise et d'une majorité de maisons dans le Sud du pays. La proportion de logements construits avant 1970, donc peu performants du point de vue énergétique, est également sensiblement la même, avec 75 % en Wallonie<sup>17</sup> et 78 % à Bruxelles.

<sup>15</sup> La Région wallonne n'a pas encore édicté de « standard » de consommation basse énergie; en Région bruxelloise, seul le besoin de chauffe entre actuellement en ligne de compte pour satisfaire aux standards basse énergie et très basse énergie.




<sup>16</sup> CERAA (Centre d'étude, de recherche et d'action en architecture), *L'application de principes de la maison passive en Région de Bruxelles-Capitale. [en ligne]*. Bruxelles, 2008.

Disponible sur <<http://www.ceraa.be>>

<sup>17</sup> Voir Chapitre 4 : *Analyse du parc de logement wallons, mise en évidence de typologies de logements prioritaires.*

## 5. AILLEURS EN EUROPE

### 5.1 Émergence de trois référentiels énergétiques pour le bâtiment en Europe

Référentiel / Marque		Minergie <sup>®</sup>	Effinergie <sup>®</sup>	Passivhaus <sup>®</sup>
Label(s) bâtiments basse consommation énergétique		Minergie <sup>®</sup> Minergie-P <sup>®</sup>	BBC-Effinergie <sup>®</sup>	Passivhaus <sup>®</sup>
Pays		<a href="#">Suisse</a> Application en France 	<a href="#">France</a> 	<a href="#">Allemagne</a> Application en France 
Energie		Primaire	Primaire	Primaire Utile (Besoin)
Rapport énergie primaire / énergie finale	Electricité	2	2,58	2,7
	Fossile <sup>†</sup>	1	1	1,1
	Bois	0,5	0,5	0,2
	PV <sup>**</sup>	2	2,58	0,7
Seuils de consommation d'énergie <sup>***</sup> <i>dans le neuf</i> (kWh/an.m <sup>2</sup> )		<a href="#">Minergie<sup>®</sup></a> : < 38 (Habitat) < 40 (Administrations) <a href="#">Minergie-P<sup>®</sup></a> : < 30 (Habitat) < 25 (Administrations)	$C_{ep} \leq 45 \times M_{type} \times (M_{geo} + M_{cal} + M_{surf} + M_{ges})$	<a href="#">Résidentiel</a> : < 120 <a href="#">Non-résidentiel</a> : < 35
Seuils de consommation d'énergie <sup>***</sup> <i>dans l'existant</i> (kWh/an.m <sup>2</sup> )		<a href="#">Minergie<sup>®</sup></a> : < 60 (Habitat < 2000) < 55 (Administrations < 2000) <a href="#">Minergie-P<sup>®</sup></a> : < 30 (Habitat < 2000) < 25 (Administrations < 2000)	$C_{ep} < [80 \times (a + b)]$	<a href="#">Résidentiel</a> : < 120 <a href="#">Non-résidentiel</a> : < 35
Usages concernés pour le(s) seuil(s) de consommation d'énergie		Chauffage + ECS + Ventilation (Aération) + Refroidissement (Climatisation)	Chauffage + ECS + Ventilation (Auxiliaire) + Refroidissement + Eclairage + Auxiliaires <sup>††</sup> - PV (Limité)	Tous (Résidentiel)  Chauffage (Non-résidentiel <sup>‡</sup> )
Surface de référence (m <sup>2</sup> )		<a href="#">SRE<sup>†</sup></a>	<a href="#">SHON<sup>§</sup></a>	<a href="#">TFA<sup>¶</sup></a>
Méthode(s) de calcul		<a href="#">Normes Suisse SIA</a>	<a href="#">RT 2005<sup>  </sup></a> : <a href="#">Calcul TH-C-E</a> <a href="#">RT Globale<sup>   </sup></a> : <a href="#">Calcul TH-C-E ex</a>	<a href="#">EnEV (Réglementaire)</a> <a href="#">Calcul (Passivhaus) PHPP</a>
Autres conditions exigées/recommandées		<a href="#">Minergie<sup>®</sup></a> <a href="#">Minergie-P<sup>®</sup></a> <a href="#">Minergie (P)-ECO<sup>   </sup></a>	<a href="#">Référentiel Effinergie<sup>®</sup></a> <a href="#">Neuf</a> <a href="#">Référentiel Effinergie<sup>®</sup></a> <a href="#">Existant</a>	<a href="#">Résidentiel</a> <a href="#">Non-Résidentiel</a>
Organisme(s) certificateur(s) en France métropolitaine		<a href="#">Association PRIORITERRE</a>	<a href="#">Certification Effinergie<sup>®</sup></a> <a href="#">Neuf</a> <a href="#">Certification Effinergie<sup>®</sup></a> <a href="#">Existant</a>	<a href="#">La maison passive</a>

\* Fioul domestique, gaz naturel, gaz propane et charbon.

\*\* PV = Photovoltaïque.

\*\*\*  $C_{ep}$  = Consommation en énergie primaire pour les usages concernés et  $C_{ref}$  = Consommation de référence en énergie primaire à partir de valeurs de référence fixées dans l'[arrêté du 24 mai 2006](#) et l'[arrêté du 13 juin 2008](#), en fonction du type de bâtiment, de ses caractéristiques et de ses équipements.

<sup>†</sup>Selon [référentiel Effinergie<sup>®</sup> pour les bâtiments neufs d'habitation](#).

<sup>‡</sup>Selon [référentiel Effinergie<sup>®</sup> pour les bâtiments neufs à usage autre que d'habitation](#).

<sup>§</sup>Selon [référentiel Effinergie<sup>®</sup> pour les bâtiments existants d'habitation](#).

<sup>||</sup>Selon [référentiel Effinergie<sup>®</sup> pour les bâtiments existants à usage autre que d'habitation](#).

<sup>|||</sup>Auxiliaires électriques de génération, distribution et émission de calories et frigorifiques.

<sup>¶</sup>Y compris ventilation en confort d'hiver et auxiliaires électriques de génération, distribution et émission de calories.

<sup>††</sup>SRE : Surface de Référence Énergétique.

<sup>‡‡</sup>SHON = Surface Hors Œuvre Nette (article R. 112-2 du Code de l'Urbanisme) à partir de la SHOB (surface hors œuvre brute).

<sup>§§</sup>TFA (Treated Floor Area) : surface habitable contenue par l'enveloppe thermique, soit la somme des surfaces du plafond habitable.

<sup>||</sup>Réglementation Thermique 2005 pour les bâtiments neufs ou parties neuves de bâtiments depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2006 : [arrêté du 24 mai 2006](#).

<sup>|||</sup>Réglementation Thermique Globale pour les bâtiments existants de SHON > 1 000 m<sup>2</sup>, construits après 1948 et dont les travaux de rénovation dépasse plus de 25% du coût de la construction neuve : [arrêté du 13 juin 2008](#).

<sup>|||</sup>ECO = Déclinaison de MINERGIE<sup>®</sup> et MINERGIE-P<sup>®</sup> pour les bâtiments écologiques.

## 5.2 En Allemagne

Créé en 1996, le label PASSIVHAUS fait figure de pionnier : on estime aujourd'hui à 15 000 les logements construits en Allemagne, en Autriche et dans le reste de l'Europe selon ces principes. Il est à la base du concept de la maison dite passive, très isolée, très étanche à l'air et sans système de chauffage conventionnel, défini selon les critères suivants :

- besoin de chauffe inférieur ou égal à 15 kWh/m<sup>2</sup>.an ;
- consommation totale du bâtiment en matière de chauffage, eau chaude sanitaire (ECS), ventilation et électricité domestique en énergie primaire inférieure à 120 kWh/m<sup>2</sup>.an (l'énergie électrique utilisée est pénalisée suivant un facteur de 2,7 pour prendre en compte le rendement des diverses composantes de la production électrique et des pertes en ligne en Allemagne) ;
- puissance de chauffage maximale de 10 W/m<sup>2</sup> ;
- étanchéité à l'air de 0,6 vol/heure pour une différence de pression de 50 Pa entre l'intérieur et l'extérieur du logement ;
- ventilation double flux avec récupérateur de chaleur avec un rendement de plus de 75 %.

Le standard PASSIVHAUS n'est pas décliné en version basse énergie comme le sont les autres référentiels énergétiques abordés ci-dessous. Le logiciel **PHPP** (Passive house planning package) édité par le PASSIVHAUS Institut est un outil d'aide à la conception thermique avec lequel l'architecte et le concepteur technique planifient et optimisent leur projet de maison passive. Ce logiciel peut heureusement être utilisé pour concevoir des projets moins performants plus adaptés à une pratique de rénovation de logements existants.

La méthode PASSIVHAUS a été licenciée à des asbl dans la plupart des pays d'Europe avec, à chaque fois, une adaptation des outils de conception aux spécificités climatiques locales. L'Autriche, la Suisse, le Luxembourg, la Belgique et la France font partie des pays auxquels une licence a été accordée et dans certains cas, comme en Belgique, l'emploi de la méthode PASSIVHAUS permet de l'obtention des subsides nationaux ou régionaux.

## 5.3 En Suisse

Le label MINERGIE, qui bénéficie de 10 années d'expérience, a permis la réalisation de plus de 8 600 bâtiments (10 % concernent la rénovation) en Suisse, en France et en Italie.

### ● MINERGIE-P (Avec P comme passif)

Le label Minergie-P qui concerne des maisons passives se décline selon les critères suivants :

- besoin de chauffe inférieur ou égal à 15 kWh/m<sup>2</sup>.an ;
- consommation totale du bâtiment en matière de chauffage, eau chaude sanitaire (ECS), ventilation et électricité domestique en énergie **finale** inférieure à 30 kWh/m<sup>2</sup>.an (pour arriver à l'énergie primaire, il faut multiplier ce chiffre par un coefficient de transformation. L'énergie électrique utilisée est pénalisée suivant un facteur 2 pour prendre en compte le rendement du mix énergétique électrique et les pertes en ligne de la situation suisse). Pour atteindre une telle performance en énergie finale, le recours aux énergies renouvelables est exigé et comptabilisé dans le bilan total ;
- puissance de chauffage maximale 10 W/m<sup>2</sup> ;
- étanchéité à l'air de 0,6 vol/heure, pour une différence de pression de 50 Pa entre l'intérieur et l'extérieur du logement.

### ● MINERGIE-Standard (Constructions basse énergie)

Le label Minergie-Standard qui concerne quant à lui des constructions basse énergie se décline selon les critères suivants :

- consommation totale du bâtiment en matière de chauffage, eau chaude sanitaire (ECS),

- ventilation et électricité domestique en énergie finale inférieure à 38 kWh/m<sup>2</sup>.an (l'utilisation de l'énergie électrique est pénalisée suivant le même facteur que pour MINERGIE-P) ;
- ventilation double flux avec récupérateur de chaleur obligatoire ;
  - pas d'exigence quant à l'étanchéité à l'air ;
  - le surinvestissement ne doit pas excéder 10 % par rapport à un bâtiment conventionnel équivalent.

### ● **MINERGIE-Standard (Rénovations basse énergie)**

Le label MINERGIE-Standard pour les rénovations basse énergie se décline comme suit :

- consommation totale du bâtiment en matière de chauffage, eau chaude sanitaire (ECS), eau chaude sanitaire (ECS), ventilation et électricité domestique en énergie primaire inférieure à 60 kWh/m<sup>2</sup>.an ;
- ventilation double flux avec récupérateur de chaleur obligatoire ;
- pas d'exigence quant à l'étanchéité à l'air.

### ● **MINERGIE ECO**

MINERGIE ECO a pour base le label MINERGIE-Standard ou MINERGIE P et impose ensuite des exigences complémentaires relatives à l'utilisation de matériaux et à la santé. Actuellement, le label MINERGIE-ECO est en cours de développement pour la rénovation.

Le logiciel **Lesosai** permet de tester la conformité d'un projet aux exigences des 3 labels MINERGIE.

## 5.4 En France

Le label BBC-EFFINERGIE est entré en vigueur en mai 2007. Il est utilisé en parallèle des méthodes PASSIVHAUS et MINERGIE, toutes deux reconnues en France.

### ● **Bâtiment Basse Consommation-EFFINERGIE+**

Pour les constructions *résidentielles neuves*, ce label impose :

- une consommation totale du bâtiment en matière de chauffage, eau chaude sanitaire (ECS), eau chaude sanitaire (ECS), ventilation et électricité domestique en énergie primaire inférieure à 40 kWh/m<sup>2</sup>.an, corrigée par un coefficient régional et un coefficient d'altitude. Pour la région de Lille, il est de 1,3 et de 0 pour l'altitude, soit une exigence finale de 52 kWh/m<sup>2</sup>.an ;
- une étanchéité à l'air de 0,4 volume/heure pour une différence de pression de 4 Pa entre l'intérieur et l'extérieur pour les maisons individuelles et de 0,8 volume/heure pour les logements collectifs.

### ● **Bâtiment Basse Consommation-EFFINERGIE**

Pour les constructions *résidentielles rénovées*, ce label impose :

- une consommation totale du bâtiment en matière de chauffage, eau chaude sanitaire (ECS), eau chaude sanitaire (ECS), ventilation et électricité domestique en énergie primaire inférieure à 80 kWh/m<sup>2</sup>.an, corrigée par un coefficient régional et un coefficient d'altitude. Pour la région de Lille, il est de 1,3 et de 0 pour l'altitude, soit une exigence finale de 104 kWh/m<sup>2</sup>.an ;
- Pas de valeur seuil pour l'étanchéité à l'air mais une obligation de faire un test d'étanchéité (blowerdoor) afin de vérifier la valeur utilisée pour le calcul de la consommation.

Dans les deux cas, la production sur site d'électricité (photovoltaïque, microéolien, etc.) peut être déduite de la consommation jusqu'à concurrence de 12 kWh/m<sup>2</sup>.an.



Le label BBC-EFFINERGIE repose sur la réglementation et la méthode de calcul **RT2012**, le développement d'un logiciel permettant d'intégrer les paramètres du projet est laissé à l'initiative privée.

Le standard « passif » français pour les constructions neuves est un peu moins exigeant que ceux développés en Allemagne et en Suisse, principalement au niveau du critère d'étanchéité à l'air du bâtiment qui n'est pas facile à satisfaire dans les normes PASSIVHAUS et MINERGIE-P. De même, la version basse énergie de EFFINERGIE, dédiée à la rénovation de logements existants, est moins performante que le label Suisse MINERGIE-Standard. EFFINERGIE impose quant à lui des exigences en terme d'étanchéité à l'air qui ne sont pas exigées par MINERGIE-Standard.

## 6. OBJECTIFS ET LIMITES DE L'ÉTUDE

### • Les objectifs du guide

L'objectif est de fournir, pour une série de typologie d'habitats à rénover, un ensemble d'éléments de résolution. Seront abordées les points suivants : les stratégies d'occupation, l'adaptation des enveloppes bâties et l'adéquation des équipements techniques aux mises à jour énergétiques envisagées.

### • Organisation du document

#### **Confort – Chapitre 2**

Présentation rapide, mais assez exhaustive des objectifs d'une rénovation énergétique et durable ; certains points sont traités en profondeur dans les chapitres suivants et en particulier dans le chapitre 5, d'autres renvoient vers d'autres publications.

#### **Impact environnemental – Chapitre 3**

Evaluation de l'importance de l'énergie grise en regard de l'énergie d'utilisation de logements, impact du choix des matériaux et de l'utilisation de l'eau. Mise en évidence des avantages des pratiques de rénovation en regard de la construction neuve. Pistes pour diminuer les impacts.

#### **Analyse du parc de logements wallons – Chapitre 4**

Vue d'ensemble de la structure du parc immobilier en Région wallonne. Répartition des typologies en présence, leur évolution et leur performance énergétique.

#### **Efficacité énergétique – Chapitre 5**

Plus fouillée techniquement, cette partie constitue le corps principal de l'étude : elle est accompagnée de détails constructifs adaptés à la rénovation et aborde le choix des différents systèmes de chauffage et de production d'eau sanitaire. Une partie du chapitre est consacrée au choix d'un système de production d'énergie renouvelable adapté à la performance énergétique atteinte par un projet de rénovation.

#### **Analyse de bâtiments existants à rénover – Chapitre 6**

Des projets illustratifs non réalisés, mais élaborés à partir de bâtiments existants, illustrent les propos des chapitres précédents. Le guide se penche de manière approfondie et détaillée sur la recherche de l'amélioration des performances énergétiques de logements existants correspondants aux typologies mises en évidence dans le chapitre 4.

Les mesures d'amélioration de l'isolation thermique des différentes parties de l'enveloppe sont simulées au moyen des logiciels de PAE d'audit énergétique, de PEB wallonne et comparées au logiciel PHPP. Les améliorations sont dictées par la mise en œuvre des principes de la maison passive, en privilégiant les mesures architecturales.

Parallèlement aux projets illustratifs non réalisés, le guide analyse une série de logements réellement transformés. Il s'attardera sur les mêmes points développés en détail dans la partie consacrée aux projets illustratifs. Certains des exemples étant équipés de systèmes de production d'énergie renouvelable, ces systèmes font l'objet d'une analyse tant qualitative que quantitative.

### ● **Les limites du guide**

Les chiffres énoncés dans ce guide sont fournis à titre d'ordres de grandeur. Ils sont établis sur base des données disponibles ou calculés à partir de logiciels de calcul thermique élaborés sur des hypothèses qui ne peuvent être modifiées.

Toutes les informations et détails techniques de constructions sont fournies à titre d'informations sérieuses mais doivent être vérifiés et adaptés avant d'être appliqués aux cas particuliers par les concepteurs ou édificateurs. Dans certains cas complexes, des études complémentaires de vérification par calcul aussi bien thermique qu'hygrométrique s'imposent.

## QUATRE PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES À RETENIR

### ● L'obligation légale

- Pour la construction de logements neufs en Wallonie :  $K 35^{18}$ , ce qui correspond à besoin de chauffage annuel de  $\pm 75 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{an}$  avec une obligation d'atteindre des performances minimales d'isolation des différentes parois de l'enveloppe du bâtiment. Le niveau Espec de  $130 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{an}$  (à partir du 01/09/2011) représente le total en énergie primaire consommée à ne pas dépasser.
- Pour les projets de rénovation de logements en Wallonie : seule l'obligation d'atteindre des performances minimales d'isolation pour les différentes parois rénovées est demandée ainsi que la mise en œuvre de dispositifs de ventilation quand les châssis sont remplacés.

Des obligations légales similaires existent dans la plupart des législations des pays de l'Union européenne et sont encore subventionnées à l'unité d'enveloppe isolée suivant les cas. Ce type d'approche est amené à disparaître pour être remplacé par les approches en performance globale développées ci-dessous. Ces standards énergétiques n'ont pas encore de valeurs contraignantes mais sont dans certains cas subsidiés sur base volontaire.

### La performance sur base volontaire en rénovation

#### ● « Standard » basse énergie : $\pm K 30$ *Besoin de chauffage annuel : $\leq 60 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{an}$*

##### ✕ Dans la pratique :

- L'enveloppe du bâtiment doit être isolée de manière la plus continue possible, en façades et au niveau des planchers en contact avec le sol. Les épaisseurs d'isolation à mettre en œuvre vont dépendre de la compacité<sup>19</sup> du bâtiment, de son orientation et du nombre et de la surface des mitoyennetés.
- Certaines portions de façades particulièrement difficiles à isoler par l'intérieur comme par l'extérieur pourront être laissées sans isolation.
- Un nombre restreint de ponts thermiques difficiles à isoler peuvent rester non résolus, sauf s'il y a risque de condensation.
- Les châssis de fenêtres doivent dans leur grande majorité être remplacés par des châssis équipés de double vitrage basse émissivité ; certains châssis garnis de vitraux ou présentant des caractéristiques patrimoniales pourront être laissés en place ou doublés par des châssis performants.
- Les portes ouvragées épaisses en façade pourront généralement être gardées telles quelles.
- Le bâtiment peut encore à ce niveau de performance thermique être ventilé naturellement (ventilation de type A) ou en extraction mécanique simple (ventilation de type C).
- Sans exigence particulière édictée à ce sujet, l'étanchéité à l'air peut être, à ce niveau de performance thermique, considérée par défaut comme égale à 7,8 renouvellement d'air par heure sous une différence de pression de 50 Pa. En Région bruxelloise, l'application de ce critère d'étanchéité par défaut dispense du test d'étanchéité (Blowerdoor test).
- Le bâtiment doit encore être équipé d'un système de chauffage conventionnel.
- Les appareils électroménagers et les luminaires seront de type économique.

<sup>18</sup> Le coefficient K est un indicateur incomplet de la performance thermique puisqu'il ne tient compte que des pertes par transmission. Il est néanmoins donné à titre indicatif pour situer certaines performances auprès des lecteurs qui n'auraient que ce coefficient comme repère de performance.

<sup>19</sup> La compacité d'un bâtiment est la division de son volume par la surface de son enveloppe (les parois mitoyennes n'étant pas considérées comme des surfaces de déperdition). Ce coefficient est généralement compris entre 1 et 2,5. Plus sa valeur est élevée, plus le bâtiment est compact et plus il est facile d'atteindre des performances énergétiques élevées. Passer d'une compacité de 1 à 1,5 signifie que, pour un même volume, l'enveloppe de déperdition a été diminuée de 1/3. Les pertes de chaleur par l'enveloppe auront diminué dans la même proportion ; en conséquence, les mesures d'isolation thermique pourront être moins importantes pour arriver à une même performance.

- **Standard très basse énergie : +/- K20**  
**Besoin de chauffage annuel :  $\leq 30 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$**

- ✕ **Dans la pratique**

- L’enveloppe du bâtiment doit être isolée de manière continue sans exception. Les épaisseurs d’isolation à mettre en œuvre dépendent de la compacité du bâtiment, de son orientation et du nombre et de la surface des mitoyennetés.
- Un nombre très restreint de ponts thermiques difficiles à isoler peuvent rester non résolus, sauf s’il y a risque de condensation.
- Les châssis de fenêtres doivent tous être remplacés par des châssis équipés de double vitrage basse émissivité. En cas de dérogation à cette règle, les châssis laissés en simple vitrage seront doublés par des châssis double vitrage performants ou compensés par la mise en œuvre de châssis triple vitrage.
- Les portes en façade devront être remplacées et isolées.
- Le bâtiment doit être équipé d’une ventilation double flux avec récupération de chaleur.
- Sans exigence particulière édictée à ce sujet, l’étanchéité à l’air doit être comprise entre 1 et 2 renouvellement d’air par heure sous une différence de pression de 50 Pa, une exécution soignée des détails d’étanchéité à l’air et un test d’étanchéité sont indispensables.
- Malgré la mise en œuvre d’une ventilation double flux à récupération de chaleur, le bâtiment doit encore être équipé d’un système de chauffage conventionnel.
- Les appareils électroménagers seront de type AAA et les luminaires de type économique.

- **Standard passif : (+/- K12 à K10)**  
**Besoin de chauffage annuel  $\leq 15 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$**

- Les référentiels énergétiques fixent un critère de consommation globale en énergie primaire comprenant la consommation totale de chauffage, d’eau chaude sanitaire (ECS), de ventilation et d’électricité domestique (le label PASSIVHAUS-PHP/PMP en Belgique préconise  $120 \text{ kWh/m}^2$  <sup>20</sup>).

- ✕ **Dans la pratique**

- Atteindre le standard passif en rénovation est synonyme de rénovation lourde et équivaut souvent à une démolition-reconstruction vu le peu d’éléments conservés de l’ancien bâtiment, à l’exception de cas de bâtiments à la compacité exceptionnelle. Souvent, seule la structure portante est conservée.
- L’enveloppe du bâtiment doit être isolée de manière continue sans exception. Les épaisseurs d’isolation à mettre en œuvre le seront principalement par l’intérieur, d’où une perte inévitable d’espace habitable.
- Aucun pont thermique n’est admissible. Les planchers doivent être démolis ou repris sur une structure intérieure qui n’est pas appuyée sur les murs de façades, les charpentes existantes sont souvent remplacées car elles ne garantissent pas de mise en œuvre des isolations sans pont thermique.
- Les châssis de fenêtres doivent tous être remplacés par des châssis triple vitrage ou des châssis double vitrage de performance équivalente.
- Les portes en façade doivent être remplacées par des menuiseries ayant la même résistance thermique que les châssis.
- Le bâtiment doit être équipé d’une ventilation double flux avec récupération de chaleur.
- L’étanchéité du bâtiment doit être de 0,6 renouvellement d’air par heure sous une différence de pression de 50 Pa.
- Le bâtiment peut être équipé d’un système de chauffage non-conventionnel distribué par le système de ventilation.
- Les appareils électroménagers seront de type AAA et les luminaires de type économiques.

<sup>20</sup> Standard belge disponible sur le site de l’asbl Plate-forme maison passive (PMP) : <<http://www.maisonpassive.be>>.

## LECTURES COMPLÉMENTAIRES ET BIBLIOGRAPHIE

- ICEDD, *Bilan énergétique wallon 2005 - consommations du secteur logement 2005*. Namur: Ministère de la Région wallonne (MRW), Direction générale des technologies, de la recherche et de l'énergie, 2007.
- MINISTÈRE DE LA RÉGION WALLONNE (MRW), DIRECTION GÉNÉRALE DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE, DU LOGEMENT ET DU PATRIMOINE (DGATLP), *Enquête sur la qualité de l'habitat en Région wallonne, 2006-2007*. Namur.
- GOUZÉE N., ZUINEN N., WILLEM S., *Développement durable: un projet à l'échelle mondiale*. Bruxelles : Bureau fédéral du plan, 1999.
- ECONOTEC, IBAM, ICEDD, *Projet d'actualisation du plan pour la maîtrise durable de l'énergie en wallonie à l'horizon 2020*. Namur : Service public de Wallonie, DG04, Département de l'énergie et du développement durable, 2009.
- de MYTTENAERE K. (promoteur DE HERDE A.), *Vers une architecture soutenable*. Thèse en sciences appliquées. Louvain-la-Neuve : Université catholique de Louvain, 2006.
- CERAA (Centre d'étude, de recherche et d'action en architecture asbl), *L'application des principes de la maison passive en région de Bruxelles-Capitale*. Bruxelles : en ligne, 2008. Disponible sur <<http://www.ceraa.be>>
- *Portail de l'énergie en Wallonie*. Disponible sur <<http://energie.wallonie.be/fr/la-reglementation-peb.html?IDC=6232>>





# CHAPITRE 2 CONFORT



photo M. Opdebeek

# 1. CONFORT THERMIQUE

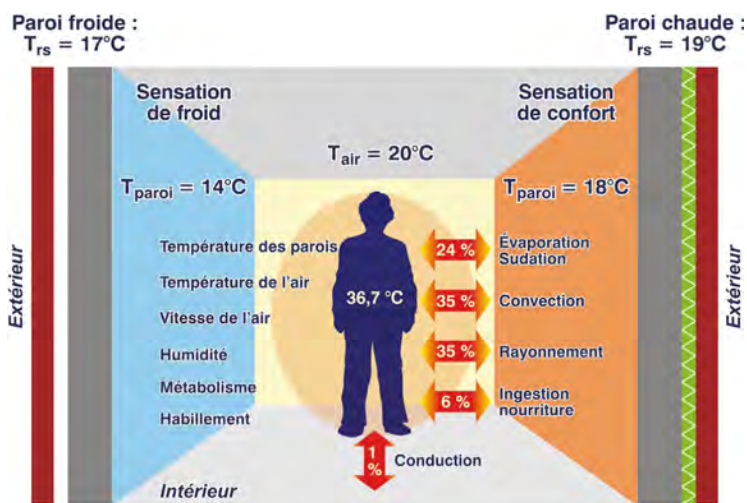
## 1.1 Préambule

La notion de confort thermique n'est pas qu'une affaire de subjectivité personnelle, elle peut être définie dans une plage de critères objectifs comme définis plus bas.

La recherche de ce confort et l'amélioration de l'habitat et des techniques pour le satisfaire est une préoccupation assez récente et une exigence de l'habitant de la seconde moitié du 20<sup>e</sup> siècle.

Avant, une température moyenne de 10 à 12° en hiver dans les habitations était considérée comme normale. Ainsi, au château de Versailles, comme le rapporte la princesse Palatine le 3 février 1695, les vastes et hautes cheminées consommant des arbres entiers, n'empêchaient pas le vin de geler dans les verres.<sup>1</sup> Au 16<sup>e</sup> siècle, Montaigne raconte que les maisons de l'aristocratie française construites en pierres sont si froides pendant la « mauvaise saison » et les feux ouverts si peu efficaces que leurs habitants sont souvent plus vêtus quand ils sont à l'intérieur et peu actifs que pour sortir en rue. À cette époque, il n'est pas rare de recevoir par grand froid, des hôtes dans son lit pour tenir une conversation. Les meubles lits complètement fermés ou les lits à baldaquins munis d'épaisses tentures témoignent du besoin de se calfeutrer pour se protéger du froid. Montaigne encore <sup>2</sup>, lors de ses voyages dans les pays germaniques s'étonne du confort des maisons bourgeoises du pays de Bade <sup>3</sup> construites en colombages et en torchis de paille (matériaux isolants thermiques) et équipées de poêles de masse en faïence, preuve que des architectures vernaculaires peuvent présenter des avantages thermiques que des édifices prestigieux en adéquation avec les courants stylistiques du moment ne possèdent pas.

## 1.2 Théorie



Échanges thermiques entre l'homme et son environnement

Les échanges de chaleur entre l'individu et l'ambiance s'effectuent selon divers mécanismes : plus de 50 % des pertes de chaleur du corps humain se font par convection avec l'air ambiant (convection et évaporation par la respiration ou à la surface de la peau). Les échanges par rayonnement à la surface de la peau représentent jusqu'à 35 % du bilan alors que les pertes par contact (conduction) sont négligeables (moins de 1 %). Le corps perd également 6 % de sa chaleur à réchauffer la nourriture ingérée.

La sensation de confort qu'un habitant à l'intérieur d'une pièce d'habitation dépend de six paramètres :

- la température des parois qui l'environnent ( $T_{\text{parois}}$ )
- la température de l'air ambiant ( $T_{\text{air}}$ )
- la vitesse des mouvements de l'air (mouvements de ventilation et pertes d'étanchéité)
- l'humidité relative de l'air (plus importante dans les pièces d'eau)
- Le métabolisme (maintient de la température corporelle à 36,7° C au travail et au repos)
- L'habillement (résistance thermique aux échanges entre le corps et l'environnement)

1 BÉATRICE FONTANEL, Nos maisons du moyen âge au XX<sup>e</sup> siècle, Seuil, 2010

2 LUCIEN FEBURE, La sensibilité et l'histoire, Annales d'Histoire Sociale, 1941

3 Le pays de Bade (en allemand Baden) est une région historique et géographique du Sud-Ouest de l'Allemagne faisant partie du Land de Bade-Wurtemberg, bordée au Nord par la Hesse, à l'Est par le Wurtemberg, à l'ouest par l'Alsace et au Sud par la Suisse. C'est dans cette région que se trouve Fribourg-en-Brigau, ville pionnière en matière d'architecture économe en énergie.

Le confort thermique d'un bâtiment est principalement déterminé par les échanges par convection et rayonnement entre un local et l'individu. La température opérative ( $T_{op}$ ), celle ressentie par l'homme, est une température moyenne entre la température à la surface intérieure des parois du local ( $T_{parois}$ ) et la température de l'air ambiant du local ( $T_{air}$ ).

La température de confort  $T_c$  est définie par une fourchette qui varie en fonction des saisons, de l'individu, de l'activité; elle se situe entre 19,8° C et 24,2° en hiver et entre 21,5° C et 26° en été en admettant 10 % d'insatisfaits.

Pour en savoir plus sur les critères de confort complexes, se référer aux indices PMV (Predicted Mean Vote-vote moyen prévisible) et PPD (Predicted Percent Dissatisfied-pourcentage prévisible d'insatisfaits).<sup>4</sup>

La figure des échanges thermiques illustre également la différence qui existe entre une paroi froide non isolée et une paroi chaude isolée. Au niveau des sensations, on aura l'impression que le froid rayonne à partir d'une paroi froide comme par exemple d'une vitre d'un châssis à simple vitrage. C'est évidemment l'inverse qui se produit, la chaleur migre vers l'extérieur et la paroi rayonne proportionnellement moins de chaleur vers l'intérieur. La paroi isolée par contre est moins conductrice de la chaleur et sa température de surface intérieure sera plus élevée.

Au plus  $T_{parois}$  est faible, au plus il faudra augmenter  $T_{air}$  pour garantir une même température de confort  $T_c$  donnée et donc, consommer plus d'énergie. Autrement dit, au plus les murs sont isolés, au plus la température des parois sera élevée et au moins la consommation sera importante. Garder les températures des parois élevées du côté intérieur des murs permet donc d'épargner l'énergie nécessaire à chauffer l'air ambiant. L'homogénéité des températures des parois d'un local est un autre facteur de confort. Cette homogénéité est pratiquement atteinte dans une maison passive dans laquelle la température de surface des vitrages se rapproche de celle des parois intérieures.<sup>5</sup>

La démarche de rénover des logements existants doit permettre l'amélioration des conditions de confort, tant en hiver qu'en été. Par une réflexion sur la conception du bâtiment on cherchera à l'améliorer par des mesures architectoniques appropriées, avant de penser en termes d'équipements techniques. Les principes à appliquer sont résumés dans les « stratégies du chaud » et les « stratégies du froid » qui trouvent leur origine dans les grands principes de l'architecture bioclimatique développée à la fin des années 1970 et au début des années 1980.

Fort axée à l'origine sur les techniques de transferts thermiques depuis des locaux spécifiquement conçus pour capter et stocker la chaleur comme des serres ou des jardins d'hivers vers des locaux en demande de chaleur, la conception bioclimatique a évolué.

L'augmentation des performances d'isolation, principalement des châssis, le plus grand soin apporté à l'étanchéité à l'air des bâtiments et le développement parallèle des systèmes de ventilation mécaniques centralisés à récupération de chaleur contrariant la thermocirculation naturelle, n'y sont pas étrangers. Les concepts de base restent pourtant d'actualité, renouer avec l'art de bâtir en symbiose avec l'environnement, le site d'implantation de la maison, la course du soleil. Retrouver, somme toute, quelques règles de bon sens.

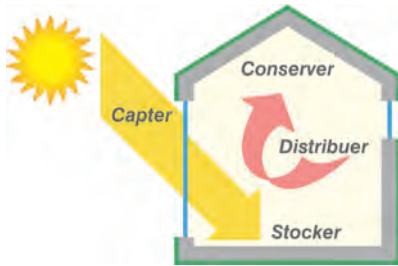
<sup>4</sup> Onglet théories-le confort thermique sur <http://www.energieplus-lesite.be>

<sup>5</sup> Guerriat Adeline, maisons passives principes et réalisations, *Hommes-Habitat-Environnement*, L'inédite, 2008.

### 1.3 La stratégie du chaud (stratégies en hiver)

#### ● Capter

Il faut pouvoir profiter de l'apport solaire gratuit par les vitrages en hiver et s'en protéger efficacement en été. Pour les logements, le principe est d'ouvrir largement au sud et dans une moindre mesure dans les autres orientations (étude de l'orientation des ouvertures et de leurs dimensions, adaptation des baies en rénovation).



#### ● Stocker

La capacité d'accumulation des matériaux du bâtiment permet de stocker en plus ou moins grande quantité la chaleur captée dans le but de la restituer à un moment plus propice (Intérêt d'avoir de l'inertie thermique). Stocker participe à minimiser les écarts de température intérieure entre le jour et la nuit et à augmenter le confort thermique dans le logement. C'est surtout la présence d'inertie au niveau des dalles de plancher, des murs intérieurs qui permet ce stockage (les bâtiments anciens présentent le plus souvent ce type de configuration avec leurs murs épais constitués de matériaux lourds).

#### ● Distribuer

La notion de distribuer doit être vue comme une homogénéisation de la température, évitant les surchauffes des pièces exposées au sud et transférant cette chaleur excédentaire vers les pièces au nord. L'effet de cheminée d'une cage d'escalier par exemple joue un rôle dans la distribution de l'air au sein d'un logement. Par ailleurs, l'installation de plus en plus fréquente de systèmes de ventilation double flux performants permet, outre le renouvellement de l'air hygiénique, l'homogénéisation des températures dans l'ensemble du logement. La distribution doit être conçue en fonction des pièces et de leur occupation.

#### ● Conserver

Au plus les déperditions sont réduites, au plus la conservation de la chaleur se fera facilement, ce qui marque l'intérêt pour une bonne isolation, avec le moins de ponts thermiques possible, et une bonne étanchéité à l'air. La conservation de la chaleur concerne tant la chaleur qui découle de l'ensoleillement, d'apports internes (la chaleur dissipée par les habitants et par les appareils ménagers est estimée au maximum à 4 kWh/m<sup>2</sup>.an pour les logements et en rénovation) ou du système de chauffage. Cela révèle l'intérêt de redistribuer les pièces d'habitations selon leur fonction vers des orientations adéquates et de créer des zones d'ambiances thermiques différenciées (entre pièces de vie et pièces de nuit).

#### ✕ Dans la pratique

Mesures à prendre aux différentes phases de développement et de réalisation du projet :

##### ✕ Lors de l'esquisse du projet de rénovation

Orienter les locaux et dessiner les surfaces vitrées en tenant compte de l'orientation.

En rénovation, l'implantation du bâtiment et de ses ouvertures en façade sont les données de départ de l'esquisse. Le plus souvent, le concepteur ne peut pas changer radicalement les paramètres d'orientation et de percement de l'immeuble à rénover pour des raisons budgétaires et des contraintes urbanistiques ou patrimoniales. Il convient cependant de ne pas se tromper lors du percement de nouvelles baies ou la modification d'anciennes, certaines orientations sont peu compatibles avec certaines fonctions.

Privilégier des ossatures bois, permettant facilement une isolation thermique importante. Ce sera le cas lors de la construction d'extensions. L'habillage de façades ou de portions de

façades par des bardages sur des structures en bois fortement isolées est aussi envisageable lorsque les règlements d'urbanisme le permettent.

Conserver une certaine masse thermique. Pour cela, on combinera de préférence une enveloppe légère de type ossature bois à une structure massive traditionnelle. En vue de conserver au maximum l'inertie thermique, l'isolation des façades devra être réalisée de préférence par l'extérieur. Ceci est surtout valable pour des bâtiments relativement récents avec un cloisonnement mince ou avec peu de cloisonnement comme les lofts, les maisons bourgeoises construites avant la première guerre mondiale et les architectures vernaculaires sont peu concernées.

#### ✕ Lors de l'avant-projet

- Maximiser l'isolation des parois.
- Choisir des modes de production, de distribution et d'émission de la chaleur efficace : (dans l'ordre de la plus grande efficacité par rapport à l'investissement consenti) chaudières à condensation, chauffage par le sol basse température pour les éventuelles extensions et les planchers permettant leur mise en œuvre, capteurs solaires thermiques pour produire l'eau chaude sanitaire et pour fournir un appui chauffage en demi-saison.
- Envisager un système de ventilation double flux avec un récupérateur de chaleur sur l'air extrait, si l'étanchéité à l'air du logement a été améliorée, si l'isolation de l'enveloppe du bâtiment n'a pas pu être réalisée de manière continue, si la performance à atteindre se situe en dessous des 60 kWh/m<sup>2</sup>.an en besoin de chauffe.

#### ✕ Lors de la réception et de la prise en main par les occupants

Réguler les installations de façon à minimiser leur impact environnemental : ralenti nocturne, vannes thermostatiques, thermostat d'ambiance, etc.

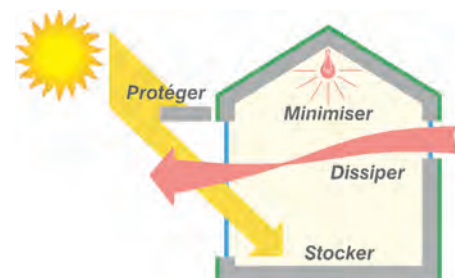
## 1.4 La stratégie du froid (stratégies en été)

### ● Protéger

La stratégie de « se protéger » se décline envers tous les extrêmes du climat, vents, précipitations, grands froids et canicules. Il faut se protéger des surchauffes en été tout en gardant une luminosité suffisante en intégrant des protections solaires aux baies de fenêtres.

### ● Dissiper

Le rafraîchissement par la ventilation naturelle permet de dissiper les surchauffes. Il peut s'établir sur différentes bases : les différences de pressions du vent entre façade ou encore les gradients de température. Elle se retrouve sous différentes formes : ventilation transversale ou en produisant un effet de cheminée. Disposer d'ouverture en partie supérieure du bâtiment (par exemple au-dessus de la cage d'escalier) permet dans la plupart des cas d'assurer un refroidissement naturel efficace durant la nuit (les systèmes de climatisations étant à proscrire).



### ● Minimiser

Il faut minimiser les gains internes pouvant causer des surchauffes notamment en été. La densité d'occupation de locaux ou encore ses équipements en sont à l'origine. Favoriser l'éclairage naturel et choisir des luminaires performants permettent de diminuer l'impact des équipements (lampes TL, fluo-compacts et luminaires à LED).

## ● Stocker

Stocker la chaleur est aussi intéressant en été. L'inertie du bâtiment participe au confort en été comme en hiver.

## ✕ Dans la pratique

Mesures à prendre aux différentes phases de développement et de réalisation du projet :

### ✕ Lors de l'esquisse du projet de rénovation

Quand une redistribution des fonctions est possible, on essaiera d'orienter de préférence au nord les locaux à forts gains internes, tels que les cuisines, les bureaux, pour limiter les gains solaires dans ces locaux.

Pour limiter la pénétration du soleil dans le bâtiment, on diminuera, si le projet s'y prête la surface vitrée à l'Est et à l'Ouest. Au sud, on pourra installer de plus grandes surface vitrée pour profiter de la chaleur en hiver, pour autant qu'une excellente protection solaire soit prévue.

Éventuellement: l'aménagement de toitures vertes <sup>6</sup>, de jardins intérieurs, de bassins, peut contribuer à réaliser une ambiance confortable en été. Si un système de ventilation centralisé a été installé, une technique telle que le puits canadien ou provençal peut y être associée, son intérêt dans les logements est cependant limité. <sup>7</sup>

### ✕ Lors de l'avant-projet

*Pour se protéger du soleil.*

À l'est et à l'ouest, le soleil étant assez bas sur l'horizon, seules des protections solaires verticales sont efficaces (stores extérieurs, claustras, volets, etc.). Au Sud, le soleil est haut en été et bas en hiver. Un auvent suffisamment débordant par rapport au plan de façade peut alors être efficace. La végétation peut également offrir une protection intéressante, notamment des arbres aux feuilles caduques.

*Pour réaliser une ventilation intensive.*

Tout local de vie doit disposer d'une fenêtre ouvrante ou d'une porte extérieure afin de pouvoir assurer une ventilation intensive, par exemple en vue de l'évacuation rapide d'odeurs et/ou de la chaleur en été. Ces ouvertures doivent pouvoir rester opérationnelles sans déformer la protection contre l'intrusion du logement.

Pour que la ventilation soit plus efficace, on cherchera, dans un appartement, à ouvrir des fenêtres sur des façades opposées, pour profiter de la pression du vent. Dans une maison, on ouvrira également des fenêtres aux derniers niveaux ou en toiture, afin de créer un effet de cheminée dans le bâtiment. Idéalement, on maintiendra cette ventilation de nuit, afin de rafraîchir la masse du bâtiment. En journée, cette masse froide pourra alors absorber la chaleur de l'ambiance et maintenir une température confortable.

<sup>6</sup> Voir chapitre 3 p. 90

<sup>7</sup> Voir chapitre 5 p. 233

*Pour assurer une inertie thermique suffisante.*

Dans une pièce occupée en journée, l'inertie est importante pour absorber la chaleur diurne dans les matériaux et limiter ainsi le pic de température. La chaleur stockée est alors progressivement éliminée durant la nuit. Pour cela, on évitera les cloisons légères, les faux plafonds et les moquettes. Dans une pièce uniquement occupée de nuit, comme une chambre d'adulte, l'inertie doit par contre être faible pour limiter la chaleur emmagasinée dans les matériaux en journée et pour refroidir rapidement l'ambiance par renouvellement de l'air chaud par de l'air frais extérieur.

Ces prescriptions, pour logiques qu'elles soient, ne sont pas toujours facilement applicables dans le cadre de rénovations. Dans le cas d'un appartement, il est par exemple difficile de modifier la masse thermique d'une pièce à l'autre. Dans une maison traditionnelle les murs étant de moins en moins épais d'étages en étages, il est préférable d'installer les chambres aux étages où l'inertie est moindre ; comme c'est d'ailleurs le cas dans ce type d'habitat.

## 1.5 Ventilation et étanchéité à l'air

### ● Ventilation

La ventilation hygiénique d'un logement (renouvellement d'air de 30 m<sup>3</sup>/h par personne pour des locaux dont la pollution principale est d'origine humaine) permet de maintenir la qualité d'air et surtout d'évacuer la vapeur d'eau produite à l'intérieur du logement (issus principalement du métabolisme des habitants, de la préparation des repas et de l'utilisation des salles d'eau).

Le renouvellement d'air remplit donc les fonctions de :

- satisfaire les besoins en oxygène des occupants
- évacuer la vapeur d'eau dégagée par les occupants et leurs activités
- limiter la pollution intérieure (CO<sub>2</sub> et autres polluants intérieurs)
- améliorer le confort en éliminant odeurs et fumées

La ventilation est d'autant plus importante que l'on renforce l'isolation et l'étanchéité à l'air d'un logement.

Cependant, la ventilation hygiénique a un coût énergétique important qui peut s'élever jusqu'à 50 % des besoins énergétiques quand la maison est fort isolée et que les pertes par transmission sont déjà très réduites.

Pour rappel, dans un bâtiment, les pertes énergétiques se retrouvent principalement en trois interactions entre l'intérieur et l'extérieur : pertes au travers des parois, pertes par la ventilation, et par les infiltrations d'air, non contrôlées.

Il est donc essentiel, en rénovation durable, d'optimiser le système de ventilation hygiénique de manière à combiner qualité de l'air intérieur et efficacité énergétique.

### ● Étanchéité à l'air

Les infiltrations d'air sont définies comme étant des débits d'air frais entrant dans le bâtiment par les « trous » de l'enveloppe extérieure (fentes, fissures, défaut d'étanchéité,...). Ces débits sont incontrôlables (quantité, température, direction et durée) et varient fortement en fonction des conditions atmosphériques extérieures. En termes d'utilisation rationnelle de l'énergie, il convient d'assurer le confort de l'occupant tout en limitant la consommation énergétique.

En rénovation durable de logement, on va à la fois renforcer l'étanchéité à l'air du bâtiment (minimiser les déperditions) et limiter les apports d'air frais à la quantité nécessaire et suffisante pour maintenir un air intérieur de qualité.

## ✘ Dans la pratique

Mesures à prendre aux différentes phases de développement et de réalisation du projet :

### ✘ Lors de l'esquisse du projet de rénovation

- Identifier les points faibles en terme d'étanchéité à l'air du bâtiment à rénover.

### ✘ Lors de l'avant-projet

Déterminer un objectif d'étanchéité à l'air réaliste et en rapport avec la performance thermique à atteindre et les moyens mis en œuvre pour limiter les pertes par transmission.

Intégrer au projet un système de ventilation hygiénique efficace, conforme à la norme NBN D50-001.

Étudier l'opportunité de mettre en œuvre un système de ventilation double flux avec un récupérateur de chaleur sur l'air extrait. Si l'objectif est d'atteindre une performance en besoin de chauffe  $\geq$  à 60 kWh/m<sup>2</sup>.an, une ventilation naturelle ou une extraction simple est encore envisageable, surtout si l'étanchéité à l'air du bâtiment reste au-dessus de la barre des 4 volumes par heure pour une différence de pression de 50 Pa, tout dépend des efforts déployés ailleurs pour limiter les pertes par transmission (isolation). En dessous d'un besoin de chauffe de 60 kWh/m<sup>2</sup>.an, il devient nécessaire de placer un système de ventilation double flux avec un récupérateur de chaleur sur l'air extrait.

### ✘ Lors du projet d'exécution

La porte d'entrée est un point faible du point de vue de l'étanchéité à l'air, il faut éviter de la placer sur une façade exposée au vent dominant (SO) et/ou prévoir un sas d'entrée limitant les courants d'air. Ce problème se pose moins en ville, où l'urbanisation continue en îlots fermés composés de bâtiments peu élevés contribue à atténuer la vitesse du vent.

Choisir des profils de menuiseries avec au moins une double barrière d'étanchéité : barrière à l'eau extérieure et barrière à l'air intérieure, situées dans un même plan sur tout le périmètre du châssis et séparées par une chambre de décompression drainée (menuiserie triple frappe).

Prévoir, sur les portes extérieures, des systèmes pour limiter les infiltrations, par exemple plinthes d'étanchéité à mouvement automatique (plinthes à guillotine), brosses, éventuellement combinées à des charnières à mouvement hélicoïdal pour limiter les frottements lors de l'ouverture. Ces systèmes peuvent être mis en place sur des portes anciennes avec de bons résultats si la pression du vent n'est pas trop forte.

Placer une boîte aux lettres étanche, si elle n'existe pas, devant la fente pratiquée dans la porte pour y glisser le courrier. Si la géométrie d'ouverture de la porte ne permet pas le placement d'une boîte étanche, il faut condamner les fentes pratiquées dans la porte et placer une boîte aux lettres extérieure.

Les volets déroulants et les caisses à volets anciennes présentes le plus souvent au rez-de-chaussée de nombre d'anciennes maisons de ville sont particulièrement peu étanches à l'air. Le remplacement du volet en bois peu isolant par un volet composé de lames en aluminium injecté de mousse de polyuréthane peut s'avérer intéressant comme complément à l'isolation générale du bâtiment. Choisir un volet dont le caisson d'enroulement se trouve à l'extérieur de l'enveloppe isolée quand c'est compatible avec l'aspect esthétique ou patrimonial de la façade. Dans le cas d'un remplacement du volet dans son caisson d'origine, il faut opter pour un volet enfermé dans un caisson qui pourra facilement être isolé contrairement

à un mécanisme ouvert. La motorisation du volet permet aussi de démonter la crémaillère à chaîne ou à courroie de manœuvre du volet et de bourrer l'espace ainsi libéré d'isolant<sup>8</sup>

Étudier les solutions techniques pour assurer l'étanchéité de la finition intérieure des parois : choisir un enduit continu (Attention, la composition de l'enduit est déterminante pour une mise en œuvre sans fissuration ; suivre scrupuleusement les indications du fabricant), de préférence naturel (enduit à la chaux ou à l'argile).

Éviter de décaper les enduits existants sur les faces intérieures des murs de façades pour laisser la maçonnerie brute en vue d'obtenir des effets esthétiques. Les maçonneries ayant reçu ce genre de traitement sont beaucoup moins étanches à l'air. Pour les mêmes raisons, il est conseillé de plafonner les faces intérieures des murs en contact avec l'ambiance extérieure des logements en bloc de béton ou de briques rejointoyés et peints, très en vogue dans les années 1960-70.

Étudier soigneusement les détails des différentes jonctions des toitures à charpentes, ainsi qu'entre les éléments de charpentes et les murs de façades. Opter éventuellement pour des toitures de type Sarking<sup>9</sup>. Le système Sarking est une méthode d'isolation thermique pour les toitures en pente sur lesquelles on ajoute des panneaux d'isolation rigides par-dessus les chevrons ou pannes. Ce système permet – lors de rénovations – d'isoler/de rénover la toiture sans pour autant devoir ôter la finition intérieure. Ce type de mise en œuvre est cependant peu adapté à la rénovation de toitures de maisons mitoyennes, puisqu'il faut tenir compte de la hauteur finie des maisons avoisinantes ce qui limite fortement l'épaisseur de l'isolation qui peut être mise en œuvre.

Dans une paroi type ossature, les pare ou freine vapeur servent souvent d'étanchéité à l'air. On évitera dès lors de placer les prises et interrupteurs sur les murs de façades ou on prévoira un espace technique entre le pare ou freine vapeur et la finition pour faire passer gaines et conduites, afin d'assurer la continuité de la membrane qui assure l'étanchéité à l'air. Ceci est surtout valable pour les petites extensions ou les locaux de jonctions qui font souvent partie d'une rénovation globale et ambitieuse sur le plan architectural.

#### ✕ Lors du suivi des travaux

Un contrôle strict de la mise en œuvre des pare ou freine vapeur est indispensable. Les membranes de régulation de vapeur doivent être posées à recouvrement et collés les unes sur les autres par des bandes adhésives ou des colles de contact appropriées, ou encore repliés sur eux-mêmes à deux reprises et agrafées.

Veiller à la pose correcte des menuiseries et au réglage précis des quincailleries, s'assurer que le joint ou la bavette entre les parois et les châssis est soigneusement étanchéifié.

En rénovation, boucher les fissures de toutes les parois.

Si possible, réaliser un essai de pressurisation au stade du gros-œuvre fermé et couvert, combiné à une photographie infrarouge (en hiver) pour identifier les fuites éventuelles et y remédier avant la mise en œuvre des parachèvements.

<sup>8</sup> Voir aussi confort acoustique p.20

<sup>9</sup> Onglet techniques-toitures inclinées sur <http://www.energieplus-lesite.be>

## 2. CONFORT VISUEL

L'environnement visuel nous procure une sensation de confort quand nous pouvons voir les objets nettement et sans fatigue dans une ambiance colorée agréable. L'obtention d'un environnement visuel confortable dans un local favorise le bien-être des occupants. Par contre, un éclairage trop faible ou trop fort, mal réparti dans l'espace ou dont le spectre lumineux est mal adapté à la sensibilité de l'œil ou à la vision des couleurs, provoque à plus ou moins longue échéance une fatigue, voire même des troubles visuels, accompagnés d'une sensation d'inconfort et d'une performance visuelle réduite. Le confort visuel dépend d'une combinaison de paramètres physiques : l'éclairement, la luminance, le contraste, l'éblouissement et le spectre lumineux, auxquels s'ajoutent des caractéristiques propres à l'environnement et à la tâche visuelle à accomplir, comme la taille des éléments à observer et le temps disponible pour la vision. Le confort visuel relève, en outre, de facteurs physiologiques et psychologiques liés à l'individu tels que son âge, son acuité visuelle ou la possibilité de regarder à l'extérieur. Il n'existe en effet pas de solution universelle au problème du confort visuel car celui-ci sera influencé par le type de tâche, la configuration du lieu et les différences individuelles. De plus, le jugement de la qualité de la lumière sera influencé par des aspects personnels, culturels et historiques.

### 2.1 Privilégier la lumière naturelle

Dans une démarche de construction ou de rénovation durable, on privilégiera l'utilisation de la lumière naturelle à l'éclairage artificiel. La qualité « spectrale » de la lumière naturelle ainsi que sa variabilité et ses nuances offrent une perception optimale des formes et des couleurs. L'éclairage artificiel doit être donc considéré comme un complément à la lumière naturelle. Pour le constructeur, la plus grande difficulté sera de s'assurer que son projet offre un niveau d'éclairement naturel suffisant pour une période maximale au cours de l'année.

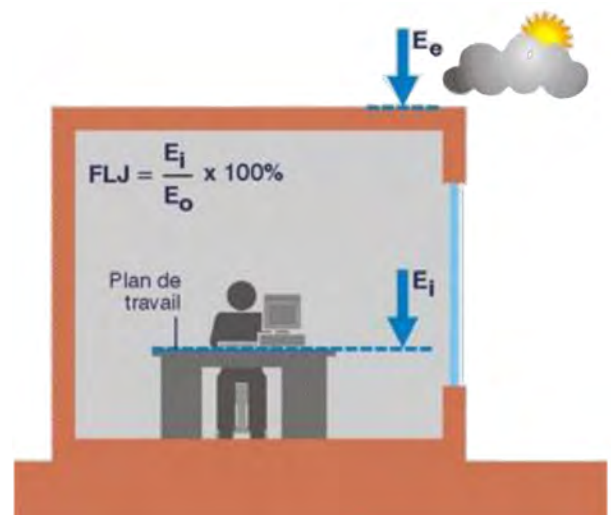
Deux notions théoriques définissent, entre d'autres, la quantité de lumière :

**L'éclairement**, qui caractérise la quantité de lumière reçue par une surface. Il se mesure en lux (lx).

**Le facteur lumière du jour**, qui est le rapport entre l'éclairement reçu en un point de référence à l'intérieur du local et un point à l'extérieur en un site dégagé, par ciel couvert.

C'est un indicateur dédié spécifiquement à la lumière naturelle. Il s'exprime en %.

Sous les conditions d'un ciel couvert (ciel normalisé par la Commission Internationale de l'Éclairage), les valeurs de facteur lumière du jour sont indépendantes de l'orientation des baies vitrées, de la saison et de l'heure. Ces valeurs donnent une mesure indicative simple et facilement comparable de la qualité de l'éclairement à l'inté-



Facteur lumière du jour (FLJ) recommandé

Idéalement dans les pièces de vie d logement, à occupation prolongée (chambre, salon, cuisine, bureau), le facteur lumière du jour recherché sera supérieur à 2%. La qualité de l'éclairage sera considérée comme satisfaisante pour un FLJ supérieur à 1%.	FLJ < 0,5 %	Insuffisant
	0,5 % < FLJ < 1%	Faible
	1 % < FLJ < 2 %	Satisfaisant
	2 % < FLJ < 3 %	Bon
	3 % < FLJ < 5 %	Très bon
En deçà de 0,5 % il est considéré que la zone n'est pas correctement éclairée naturellement	5 % < FLJ	Attention à l'éblouissement

rieur d'un bâtiment. Elles ne sont cependant pas représentatives de l'évolution de l'ambiance lumineuse intérieure au regard de variations journalières et saisonnières. Dans un bâtiment existant, une simple mesure d'éclairage intérieur et extérieur permet d'évaluer ce facteur qui permet de juger des éventuelles carences en lumière naturelle dans une situation donnée.

## 2.2 Approche globale

La conception d'une ambiance intérieure lumineuse agréable nécessite une approche globale dès lors qu'elle est indissociable du projet d'architecture par son influence sur la volumétrie et l'aspect de la façade, sur les consommations d'énergie thermique (chauffage), électriques (éclairage artificiel) et son influence sur le confort thermique d'été et d'hiver.

Le projet de rénovation doit offrir une réponse adéquate à plusieurs objectifs contradictoires de sorte que des arbitrages entre les différentes mesures sont nécessaires :

### ● **Superficie vitrée >< économie d'énergie et confort thermique**

La mise en place de grandes superficies de vitrages est intéressante pour augmenter la quantité de lumière captée dans les locaux. Des considérations de confort thermique et d'économie d'énergie recommandent cependant de limiter la surface vitrée. Les pertes thermiques au travers d'une fenêtre sont au minimum 5 fois plus importantes qu'au travers d'une paroi opaque isolée. Pour offrir un bon compromis entre pertes thermiques et qualité de l'éclairage naturel, la surface nette éclairante d'une pièce de vie sera comprise entre 12 et 25 % de la superficie du local avec des fenêtres idéalement positionnées (fenêtres situées le plus haut possible sans allèges vitrées qui n'influencent pas la qualité de l'éclairage naturel et sont dommageables du point de vue thermique). Le règlement Régional d'Urbanisme de Bruxelles (RRU) impose une surface nette éclairante (châssis non compris) supérieure 20 % de la surface nette au sol. Cette exigence semble néanmoins peu appropriée dans le logement notamment dans les chambres. À titre de comparaison l'AGW<sup>10</sup> du 30 août 2007 détermine les critères minimaux de salubrité dont pour l'éclairage : « Le critère minimal relatif à l'éclairage naturel est respecté si la surface totale des parties vitrées des baies vers l'extérieur de la pièce d'habitation atteint au moins 1/14 de la superficie au sol en cas de vitrage vertical et/ou 1/16 en cas de vitrage de toiture ». Le degré d'ouverture recommandé dépend fortement de l'orientation de la façade afin de valoriser au mieux les apports solaires tout en limitant les déperditions et le risque de surchauffe en été.

### ✕ **Dans la pratique**

Il convient de vérifier, si les minima recommandés sont atteints. Si ce n'est pas le cas l'adjonction d'une fenêtre supplémentaire pourra être envisagée. Il faut savoir que certaines typologies existantes comme celle de maisons mitoyennes urbaines de trois pièces en enfilade ne satisferont jamais à ces critères d'éclairages naturels pour la pièce centrale. Une fenêtre en deuxième jour ou un puits de lumière peuvent être envisagés selon les caractéristiques et le gabarit des annexes au corps de bâtisse principal.

### ● **Niveau d'éclairage >< relation au monde extérieur**

Les allèges vitrées sont inutiles du point de vue de l'éclairage et augmentent les déperditions thermiques. Cependant les baies avec allèges vitrées ont un rôle esthétique indéniable puisqu'elles font participer les paysages extérieurs à l'ambiance visuelle de l'espace de sorte qu'un arbitrage entre recherche de communication visuelle vers l'extérieur et déperdition thermique est nécessaire.

<sup>10</sup> Arrêté du Gouvernement Wallon relatif à la procédure en matière de respect des critères de salubrité des logements et de la présence de détecteurs d'incendie <http://wallex.wallonie.be>

### × Dans la pratique

Ce cas est peu rencontré dans l'architecture ancienne et vernaculaire. La question peut se poser lors du remplacement d'une porte-fenêtre ancienne présentant une partie basse en panneau de bois. Il est préférable dans ce cas d'opter pour un panneau vitré s'il est doublé d'un isolant. Les allèges vitrées sont par contre beaucoup plus fréquentes dans les immeubles collectifs récents présentant des terrasses périphériques. S'il s'agit d'une rénovation de l'ensemble de l'immeuble avec changement des châssis et que l'immeuble n'a pas de valeur patrimoniale, le gain thermique de la suppression des allèges vitrées qui est parfois appréciable doit être évalué par calcul.

### ○ Qualité de l'éclairage naturel >< compacité du bâtiment

Il est intéressant de limiter la profondeur des pièces de vie afin d'augmenter le niveau d'éclairage de celle-ci. Or des considérations d'économie d'énergie et de matière recommandent de limiter le développé de façade pour augmenter la compacité et limiter les déperditions.

### × Dans la pratique

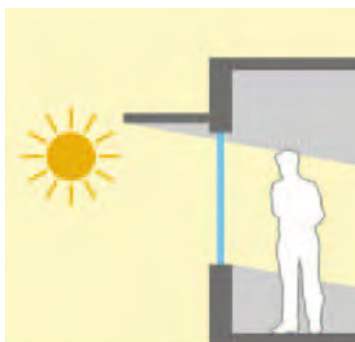
En rénovation, limiter la profondeur d'espaces déjà construits pour améliorer l'éclairage naturel implique des modifications structurelles qui ne sont pas toujours envisageables ni souhaitables. Il est cependant intéressant de tenir compte des principes suivants lors de la phase de conception.

Plus les parois intérieures sont foncées, plus les niveaux d'éclairage seront faibles en fond de pièce. Il convient de privilégier des revêtements de teinte claire qui rendent la pièce plus lumineuse.

Le niveau d'éclairage est d'autant plus élevé dans un local que celui-ci est large (pour un rapport de surface vitrée/surface au sol constant).

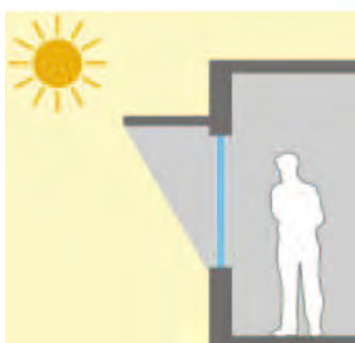
### ○ Lumière naturelle >< apports solaires

Une protection solaire est utile pour limiter les apports solaires en été. Cependant une protection solaire fixe diminue la quantité de lumière captée par la fenêtre et limitera également les apports solaires en hiver.



La mise en place d'auvents ou de surplombs fixes destinés à réduire les problèmes d'éblouissement et de surchauffe pénalise la quantité de lumière captée.

Le grand avantage de ce type de protections solaires est que, par ciel serein, elles protègent principalement des rayons directs du soleil, qui sont toujours plus importants, alors que le rayonnement diffus n'en est que très peu affecté. Cependant une protection fixe efficace en été réduit l'éclairage par ciel couvert. Notons que sous nos latitudes, la probabilité d'ensoleillement est inférieure à 20 % en hiver et à 50 % en été.



### × Dans la pratique

Des protections fixes sont rarement placées, le plus souvent pour des raisons patrimoniales ou de réglementation urbanistique. Certains exemples font pourtant preuve de créativité architecturale.

### ○ Lumière naturelle >< intimité de l'habitation

Des rideaux, stores ou voiles sont souvent indispensables pour assurer l'intimité de la pièce. Ils peuvent néanmoins constituer de réels obstacles qui empêchent la transmission de la lumière. Il est donc essentiel d'intégrer l'emprise de rideaux ou des stores lors du dessin des ouvertures en façades.

## ✕ Dans la pratique

Il convient de prévoir un recul suffisant par rapport aux murs pour permettre l'ouverture du rideau sans qu'il n'obstrue la fenêtre ce qui est le cas dans la plupart des constructions d'avant la seconde guerre mondiale. Une distance de l'ordre de 30 cm apparaît comme un minimum. L'utilisation d'une embrasse permet de libérer la fenêtre et donc de maximiser l'apport de lumière naturelle.

Une fenêtre qui va de mur à mur, comme il en existe dans certains immeubles collectifs des années 1960/70, n'apparaît donc pas comme une solution judicieuse dès lors que les parties latérales des fenêtres ne seront pas utiles du point de vue de l'éclairage puisque couverts par les tentures repliées, mais augmentant les déperditions et les risques de surchauffe. Dans pareil cas de figure la solution consiste à ranger les rideaux sur les cloisons perpendiculaires aux fenêtres ou à placer des stores.

### ● Limiter le risque d'éblouissement par le ciel ou le soleil

- Prévoir une grande fenêtre plutôt que plusieurs petites. Une grande ouverture occasionne moins d'éblouissement car elle augmente le niveau d'adaptation des yeux et diminue le contraste de luminance et la sensation d'éblouissement qui lui est associée.
- Voiler le ciel par l'utilisation d'une protection solaire.
- Voiler en partie le ciel en disposant d'un vis à vis moins lumineux que le ciel (atrium, cour intérieure).
- Diminuer le contraste fenêtre-châssis en augmentant le coefficient de réflexion du châssis côté intérieur au moyen de couleurs claires et mates.
- Diminuer le contraste mur-fenêtre en augmentant la part indirecte de l'éclairage naturel au moyen de parois très claires.
- Favoriser les revêtements de sol mats car ils diffusent la lumière.

## 3 QUALITÉ DE L'AIR

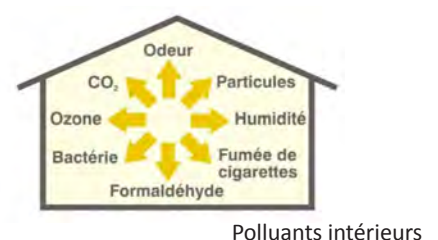
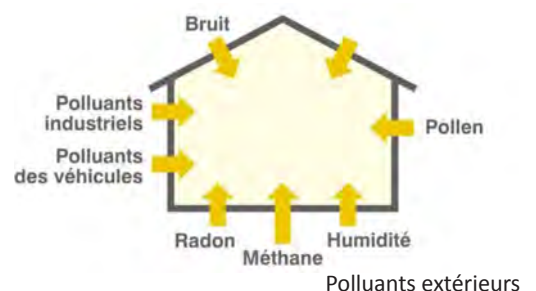
La qualité de l'air dans les bâtiments est souvent moins bonne que celle à l'extérieur.<sup>11</sup>

La qualité de l'environnement intérieur d'un bâtiment dépend de multiples facteurs liés d'une part au bâtiment même et à son occupation, et d'autre part à la qualité de l'environnement extérieur. Sauf cas particuliers, la majorité des polluants présents dans les bâtiments provient de sources intérieures parmi lesquelles on identifie :

- les matériaux de construction, particulièrement ceux en contact avec l'ambiance intérieure tels que les revêtements de sol et de murs, les peintures ;
- les installations techniques telles que les chaudières ;
- l'ameublement et les accessoires ;
- l'occupation humaine et les activités pratiquées à l'intérieur ;
- la présence d'animaux.

Ces différentes sources sont à l'origine de diverses formes de pollutions :

- physiques (fibres, poussières, radon, etc.) ;
- chimiques (Composés organiques volatiles - COV, monoxyde de carbone, fumée de tabac, etc.) ;
- biologiques (acariens, moisissures, pollens, etc.) ;
- électromagnétiques (réseau électrique, réseau sans fil, GSM, etc.).



<sup>11</sup> Matriciel, Architecture et climat UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouvellement du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, octobre 2009, chapitre 8 p.3

Les effets de certains polluants sont bien connus et établis : des liens directs existent entre certaines substances et leur impact sur la santé, qu'elles soient à l'origine de pathologies ou qu'elles en provoquent une aggravation. Cependant, l'impact sur la santé n'est pas établi pour tous les polluants. En outre, bien que la concentration dans l'ambiance intérieure d'un polluant pris individuellement ne soit pas forcément significative, les sources de pollution, rarement présentes isolément, peuvent en se combinant provoquer des altérations de la santé sans que l'on puisse en déterminer une cause unique.

### 3.1 Limiter les sources de pollution intérieure

#### ● Pollution physique et chimique

De par le choix des matériaux, dès le stade de la conception, des risques pour la santé des occupants peuvent être créés ou évités. Les matériaux peuvent en effet générer des polluants physico-chimiques qui, de manière générale, utilisent l'air comme support de propagation. L'exposition prolongée aux polluants peut dans le meilleur des cas n'incommoder que temporairement l'occupant (mauvaises odeurs, allergies mineures), au pire induire des intoxications voire le développement de maladies chroniques.

La concentration de ces polluants est l'indicateur principal de la charge polluante de l'air suite aux choix ou à la mise en œuvre de matériaux lors de la construction ou la rénovation d'un bâtiment et aux émissions liées à la production de chaleur (exprimée en ppm : parts par millions, en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Becquerel/ $\text{m}^3$  ou  $\text{Bq}/\text{m}^3$ , etc.).

Parmi les polluants figurent notamment les substances chimiques suivantes :

- les composés organiques volatiles (COV) dont les toluènes, benzènes et xylènes utilisés comme solvant dans les peintures, le vernis, les vitrifiants, les colles, les enduits... et le formaldéhyde trouvé dans les mousses isolantes, les colles, le vernis et les résines ;
- le plomb dans les anciennes canalisations d'eau et dans les anciennes peintures ;
- les retardateurs de flamme bromés utilisés dans la fabrication des plastiques, des mousses et des résines pour diminuer les risques de propagation des flammes.

Enfin, il existe des polluants de type physique comme l'humidité ; le radon ; l'amiante, produit interdit mais que l'on peut retrouver dans d'anciennes conduites de chauffage, de ventilations ou dans les parois en fibrociment, et d'autres fibres présentes dans la laine minérale par exemple.

En règle générale, pour se prémunir face à ces polluants :

- une bonne ventilation et une aération des locaux sont une solution efficace. Avec un débit de ventilation suffisant, la concentration en polluant devient inférieure à la concentration maximale en polluant admissible ;
- de plus, une conception correcte de l'enveloppe sans pont thermique, diminue fortement le risque de problèmes d'humidité.

Enfin, il faut veiller à utiliser des matériaux à faible concentration de polluants. Il existe par exemple des produits de substitution :

- remplacer la colle par un autre système de fixation ;
- s'orienter vers des peintures en phase aqueuse ;
- éviter des revêtements synthétiques de type PVC, vinyles ou tapis plein en latex ;
- utiliser pour les panneaux à base de bois des produits contenant peu de formaldéhyde à savoir de classe d'émission E1.

Pour plus d'informations sur le choix des matériaux, il convient de se référer aux outils d'aide à la décision : <sup>12</sup>

- outils check-list (exemple norme NIBE) ;
- labels écologiques.

<sup>12</sup> Voir chapitre 3 p. 66

## ● Bio-contaminants

Par bio-contaminants on entend les polluants d'origine biologique générés par l'occupation de l'habitat au travers de la présence d'êtres humains (microbes, bactéries, etc.), d'animaux (poils, salives, etc.), d'acariens, de plantes, de moisissures, de légionnelles dans l'eau de consommation, etc.

Les poussières ne sont pas à proprement parlé un polluant biologique mais servent souvent de support à des substances toxiques tels les métaux lourds et aux micro-organismes tels des acariens ou le pollen.

La concentration de polluants est l'indicateur principal de la charge polluante qu'il risque d'y avoir dans l'ambiance suite au choix ou à la mise en œuvre de matériaux lors de la construction ou la rénovation d'un bâtiment. Pour les bio-contaminants type moisissures, on définit une UFC, « Unité Formant Colonie », exprimée en UFC/litre, UFC/m<sup>2</sup>, UFC/m<sup>3</sup>. Pour les pollens ou poussières, on parlera en µg/m<sup>3</sup>.

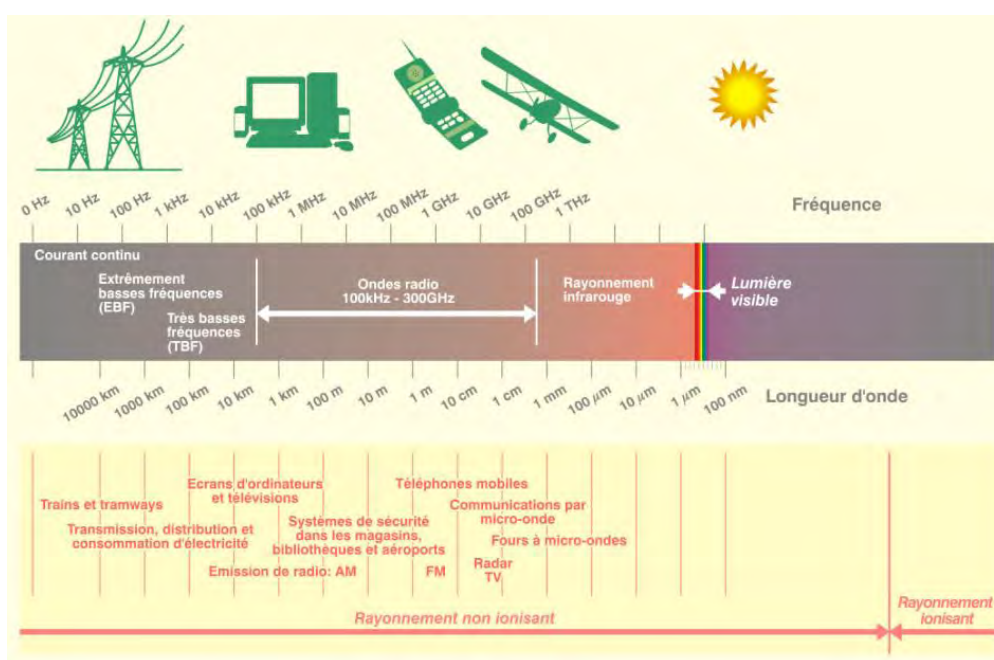
De nouveau, une bonne conception de l'enveloppe et de la ventilation est essentielle. Une filtration efficace de l'air extérieur (par les filtres du système de ventilation) permet de réduire la concentration en particules.

On évitera dans la mesure du possible des matériaux qui retiennent les poussières comme le tapis plein dans les chambres par exemple.

Enfin, pour les légionnelles, il est nécessaire de maintenir la température de l'eau chaude sanitaire au-dessus de 55° C avec des hausses momentanées à 60 voire 70° C.<sup>13</sup>

## ● Pollution électromagnétique

La pollution électromagnétique est constituée par les champs électriques et magnétiques qui sont présents dans notre environnement mais qui ne sont pas d'origine naturelle, comme l'est le champ magnétique terrestre par exemple.



### Définition

Un champ électrique est lié à la présence de charges électriques, ou induit par un champ magnétique variable, qui produit des forces électriques. Elles ont pour effet de mettre en mouvement toute particule chargée se trouvant dans le champ. Les champs électriques se mesurent en [Volt/mètre].

<sup>13</sup> Voir chapitre 5 p. 258

Les champs magnétiques non naturels sont créés par des champs électriques variables ou des courants électriques. Ils produisent une force magnétique capable de dévier la trajectoire de particules chargées (sans changement de vitesse des particules). L'intensité du champ magnétique est exprimée en Tesla [T] ou en Gauss [G] (1mG = 0,1  $\mu$ T).

On distingue deux grandes familles d'ondes électromagnétiques, les basses et les hautes fréquences :

- les champs électromagnétiques basse fréquence (50 Hz) sont liés à l'alimentation des appareils électriques et électroniques. Le circuit électrique et tout appareil électrique qui y est connecté présente un champ électrique. Un champ magnétique est également présent en cas de fonctionnement de cet appareil. À l'extérieur, les principales sources sont les lignes à haute tension, les trains et tramways.
- les champs électromagnétiques haute fréquence (0,1 à 100 GHz) proviennent à la fois de l'extérieur et de l'intérieur. Ils sont principalement liés aux télécommunications, aux matériels Hi-fi, etc. À l'extérieur, les sources sont, les antennes GSM, ou les ondes radio et TV. À l'intérieur, les sources importantes sont les technologies de communication sans fil (wifi, téléphone).

### ● Gérer les risques de pollution par les équipements

Parmi les polluants intérieurs, il en existe (de type chimique) qui ont pour origine les équipements de production de chaleur et d'eau chaude sanitaire. On trouve le monoxyde de carbone CO un sous-produit de combustion incomplète, les oxydes SO<sub>2</sub> et NOx des produits de combustion tout comme le dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> qui, bien que nocif uniquement à très haute dose, est un indicateur efficace pour mesurer la qualité de l'air.

Pour limiter ces polluants, le choix d'un système de production de chaleur performant est essentiel. De même, un entretien régulier de la chaudière est nécessaire pour éviter l'augmentation des émissions de polluants. Enfin, une bonne aération et une ventilation des locaux sont toujours nécessaires pour limiter la concentration des polluants.

### ● Limiter la pollution provenant du nettoyage et de l'entretien du bâtiment

La plupart des COV proviennent du nettoyage et du dégraissage. Ils résultent de l'emploi de solvants pour éliminer les résidus, comme la salissure, les huiles, les graisses et d'autres contaminants insolubles dans l'eau.

La règle générale consiste à utiliser des produits qui :

- mettent en avant la mention « sans solvant » ;
- offrent les garanties d'une déclaration d'engagement environnementale ;
- donnent des précisions quant à leur composition ;
- se diluent dans l'eau.

L'alcool ou le vinaigre constituent des alternatives biodégradables et relativement peu nuisibles. Le cas échéant, les produits solubles à l'eau sont à privilégier mais l'on peut souvent s'en passer en utilisant des chiffons à microfibres. Les détergents qui ont une odeur ou un parfum moins marqué contiennent généralement moins de composés agressifs. Contrairement aux idées reçues, une « odeur de propre » n'est pas synonyme de valeur ajoutée pour la santé...

Pour l'entretien des bois intérieurs, on privilégiera les cires et huiles naturelles, ou les vernis et peintures laques à base de résines naturelles, qui ne contiennent pas de solvants ou d'agents biocides et dont les liants sont issus de matières premières renouvelables.

## 4. CONFORT ACOUSTIQUE

En terme de confort et de qualité de vie, l'acoustique joue un rôle primordial, essentiellement dans les immeubles de logements collectifs, dans les zones de forte densité comme les centres-villes ainsi que dans les zones à fortes nuisances sonores (zones aux alentours d'un aéroport, d'une gare, d'une autoroute, etc.)

Le bruit est considéré comme la première nuisance par les habitants et il est prouvé qu'une bonne qualité d'ambiance acoustique a non seulement une influence positive sur la qualité des relations entre usagers mais aussi sur le bien-être des occupants.

Il est donc essentiel, lors de la rénovation de logements, d'optimiser ou d'améliorer l'isolation acoustique de celui-ci. Pour ce faire, le concepteur veillera à :

- identifier et qualifier les nuisances sonores extérieures au logement ;
- identifier et qualifier les nuisances sonores intérieures au logement ;
- réduire les nuisances sonores (intérieures et extérieures) ou limiter l'exposition à celles-ci
- isoler le logement de la nuisance sonore extérieure ;
- agir sur la propagation des bruits au sein du logement proprement dit, c'est-à-dire améliorer la qualité du confort acoustique intérieur (absorption ou réverbération des sons).

### 4.1 Le son et le bruit

Un son est caractérisé par sa fréquence ou sa hauteur et son amplitude ou son intensité.

Le bruit est un mélange complexe de sons à fréquences et amplitudes différentes et multiples.

#### ● La hauteur du son

Le son peut être divisé en trois catégories selon sa fréquence : basse, moyenne et haute fréquence.

#### ● L'intensité du son ou du bruit

Le décibel (dB) est l'unité définie pour caractériser l'intensité du bruit. Le décibel est une unité de mesure logarithmique.

L'unité dérivée dB (A) est l'unité caractérisant la manière dont l'oreille perçoit de façon différenciée les fréquences.

### 4.2 Perception du bruit

#### ● Sensibilité personnelle

Quelles que soit la source et l'origine du bruit, nos oreilles perçoivent les vibrations de l'air et notre cerveau interprète ces stimuli. Cependant, un même bruit sera perçu différemment par deux personnes. En effet, la perception du bruit dépend notamment de l'état de santé de l'occupant (fatigue, stress, maladie, etc.) et de l'ambiance sonore dans laquelle il se trouve (appartement calme en face d'une zone verte, appartement le long d'une artère animée, etc.)

### 4.3 Type de bruit

#### ● Bruit aérien

Extérieur et intérieur

Produit par une source sonore. Propagation dans l'air environnant à partir de la source

*Conversation, musique, bruit d'avion, bruit de trafic automobile*





#### ● **Bruit d'impact**

Produit par un impact sur un élément constitutif du bâtiment (mur, sol, etc.)

Propagation au travers de l'élément et dans l'air environnant

*Bruit de pas, bruit de coup, bruit d'objet tombant sur le sol, etc.*



#### ● **Bruit d'équipement**

Produit par une vibration mécanique se propageant au travers des éléments constitutifs du bâtiment et dans l'air environnant

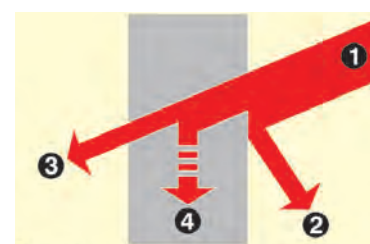
*Bruit d'équipement collectif: chauffage, ventilation, ascenseurs, vide-ordures, etc.*

*Bruit d'équipement individuel: machine à laver, chasse d'eau, robinetterie, etc.*

### 4.4 Propagation du bruit

Lorsqu'un son atteint une paroi (sol, mur, plafond), trois phénomènes peuvent se produire :

- la transmission du bruit au travers de la paroi
- la réflexion ou réverbération du bruit sur la paroi
- l'absorption du bruit par la paroi



1 bruit incident  
2 réflexion ou réverbération du bruit sur la paroi  
3 transmission du bruit au travers de la paroi  
4 absorption du bruit par la paroi

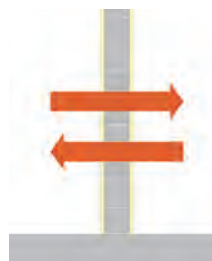
#### ● **La transmission du bruit**

Qu'il soit aérien ou transmis par les vibrations des parois du logement, le bruit se propage dans le logement selon un chemin plus ou moins complexe entre la source et l'oreille de l'occupant.

Au travers du logement, le bruit peut rencontrer des obstacles qui vont atténuer son intensité ou au contraire, des ponts phoniques (« trous » dans les ouvrages) qui vont lui permettre de se propager plus facilement.

Les bruits se transmettent dans le logement :

- par transmission directe : au travers de la paroi de séparation (mur, plancher, plafond) ;
- par transmission indirecte ou latérale : au travers des parois autres que celle de séparation ;
- par transmission parasite : au travers des défauts d'étanchéité localisés (caisse à volets).



#### ● **La réflexion ou réverbération du bruit**

Lorsqu'un bruit rencontre une paroi, une partie de ce bruit est réfléchi par celle-ci. Ce bruit réfléchi se mélange alors au bruit émis dans le local.

Le phénomène de réflexion du bruit est d'autant plus important que les parois du local sont lourdes et rigides.

*La durée de réverbération* est le temps - exprimé en seconde - nécessaire pour que le niveau

sonore d'un local diminue de 60 dB lors de l'arrêt brusque de la source sonore.  
C'est le temps mis par les ondes pour s'atténuer après réflexion sur les parois d'un local.  
La durée de réverbération varie en fonction des caractéristiques du local : volume, géométrie et matériaux de revêtements.<sup>14</sup>

## 4.5 Cadre légal en région wallonne

La nouvelle norme NBN S 01-400-1 qui définit les critères acoustiques pour les immeubles d'habitation est d'application depuis février 2008. Elle s'applique à l'isolation des façades aux bruits aériens, l'isolation aux bruits aériens et aux bruits de choc entre **maisons mitoyennes** et entre **appartements**, à la limitation du bruit des équipements techniques et au contrôle de la réverbération dans les espaces communs.

La nouvelle norme qui remplace les NBN S 01-400 de 1977 et NBN S 01-401 de 1987 s'applique à tous les logements ayant fait l'objet d'une demande de permis d'urbanisme après février 2008, pour une construction neuve ou pour une rénovation.

Pour rappel, en cas de rénovation, un permis d'urbanisme doit être demandé dans les cas suivants :

- quand on modifie l'enveloppe du bâtiment : l'aspect extérieur, les matériaux, le volume du bâtiment,
- quand on intervient sur la structure du bâtiment : murs porteurs, planchers...
- quand on change l'affectation d'un immeuble (transformer un logement en bureau ou un bâtiment industriel en loft par exemple),
- quand on modifie le nombre de logements dans un immeuble (transformer une maison unifamiliale en immeuble à appartements ou aménager un grenier en nouveau logement par exemple)

Pour les autres logements, ce sont toujours **les anciennes normes** qui sont d'application, mais leur interprétation est difficile et peut donner des résultats erronés du fait qu'elles ne prennent en compte que la paroi mitoyenne entre deux locaux ou entre un local et l'extérieur, sans tenir compte des transmissions latérales dans les planchers et murs de refend.

Les règles de bonnes pratiques énoncées ici seront dans la mesure du possible appliquées.<sup>15</sup>

### ✕ Dans la pratique

Lors de la rénovation de bâtiments, on ne peut parfois intervenir que de façon restreinte en raison de limitations constructives ou autres. Dans ce cas, il est recommandé à l'auteur de projet d'évaluer le manque possible de confort acoustique normal et d'en informer le maître d'ouvrage par écrit avant le début des travaux.

#### ✕ Conception

Il convient d'éviter d'implanter une chambre à coucher à côté d'une cage d'escalier ou d'une trémie d'ascenseur commune et d'éviter d'installer une cuisine à côté ou au-dessus d'une chambre à coucher d'un autre appartement dans un immeuble collectif.

L'isolation acoustique de parois entre ce type de fonctions est difficile et coûteuse à réaliser, il vaut mieux, par la distribution des locaux, éviter de devoir y avoir recours.

#### ✕ Mitoyens

L'isolation aux bruits transmis par voie directe étant principalement déterminée par la masse surfacique de la paroi séparative, on peut affirmer que le mur de 30 cm d'épaisseur en briques pleines qui caractérise les demeures du XIX<sup>e</sup> siècle se révèle plus performant qu'un

<sup>14</sup> Sophie Trachte-André De Herde, Advanced and sustainable housing renovation - A guide for designers and planners, SHC Program Task 37, 2010  
Service public de Wallonie - Département de l'énergie - <http://www.iea-shc.org/publications/task.aspx?task=37>

<sup>15</sup> <http://www.curbain.be/fr/renover-construire-et-conserver/approche-globale/notions-dacoustique>

mur mitoyen de même épaisseur, mais constitué de matériaux beaucoup plus légers tels que des blocs de terre cuite allégée. L'habitat mitoyen ancien et principalement urbain est donc relativement performant acoustiquement, du moins en ce qui concerne la transmission des bruits aériens entre maisons.

#### ✕ Toitures et façades

La mise en œuvre d'épaisseurs d'isolants plus importantes dans les toitures et en façades dans les projets ainsi qu'un souci d'étanchéité à l'air plus grande augmente les performances acoustiques des bâtiments rénovés par rapport aux nuisances sonores extérieures.

L'isolation de façades pratiquées par l'extérieur comme par l'intérieur en superposant de nombreuses couches de matériaux de densités différentes contribue à l'affaiblissement acoustique. Notons cependant que seuls les isolants thermiques, comme les laines minérales et végétales, qui présentent une porosité ouverte sont aussi de bons isolants acoustiques. Les isolants fermés comme le polystyrène et le polyuréthane sont beaucoup moins efficaces.

#### ✕ Châssis, vitrages, volets et ventilations

##### L'étanchéité à l'air du châssis

Le joint entre le vitrage et le châssis doit être en bon état, résistant aux UV et aux chocs thermiques.

Les joints de frappe ou de calfeutrage entre dormant et ouvrant doivent être continus en matériau souple à cellules fermées en caoutchouc ou en polyéthylène. Les joints doivent être bien comprimés quand le châssis est fermé.

Le raccord à la façade doit être exécuté de manière soignée pour assurer la meilleure étanchéité à l'air possible. Les châssis seront resserrés au minimum à la mousse de polyuréthane **élastique** ou avec des cordons de laine de roche fixée pour une meilleure isolation acoustique. Des bavettes d'étanchéité à l'air mise en œuvre de manière périphérique améliorent encore la performance de l'ensemble.

##### Le vitrage

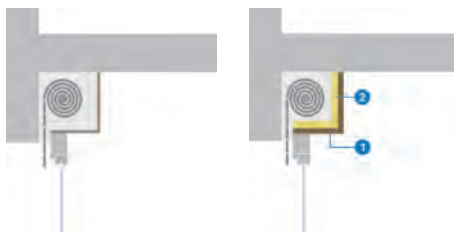
On évite le phénomène de mise en résonance qui détériore les qualités acoustiques du double vitrage en utilisant un vitrage asymétrique, c'est-à-dire avec des verres d'épaisseurs différentes. Les performances sont d'autant meilleures que les verres sont épais et que la lame d'air est large. Exemples : 8-12-5 (verre de 8 mm – lame d'air de 12 mm – verre de 5 mm) ou 10-12-8. Elles sont améliorées si l'une ou les deux feuilles de verre sont en verre feuilleté. Pour les fenêtres de petites dimensions où la surface du châssis représente plus de 40 % de la fenêtre, il est inutile d'utiliser du vitrage acoustique.

Contrairement à ce que l'on pourrait croire les triples vitrages, s'ils excellent sur le plan thermique sont moins bon qu'un double vitrage 4/16/4 du point de vue acoustique.

##### Les volets

Le volet baissé apporte une protection acoustique supplémentaire, d'autant plus importante que le volet est placé loin du vitrage. Recommander le placement systématique d'un volet est hasardeux parce qu'un phénomène de résonance apparaît dans certains cas, aggravant la situation au lieu de l'améliorer.

1. bois massif 22 mm ou panneau multiplex
2. doublage de masse acoustique bitumineuse

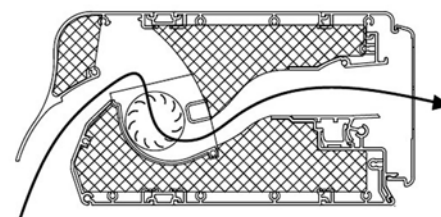


Les caissons intérieurs existants peuvent parfois être améliorés en les doublant de matériaux plus lourds (p. ex. bois massif 22 mm ou panneau multiplex doublé de masse acoustique bitumineuse) et en tapissant les faces intérieures d'un matériau absorbant souple.

En cas de remplacement, on préférera un caisson extérieur s'il est en adéquation avec l'image de la façade. Dans ce cas seul le passage de courroie reste un point de faiblesse qui peut être amélioré suivant les mêmes principes que les aérateurs acoustiques. On peut aussi le supprimer en le remplaçant par une commande électrique.

### Les ventilations

Pour assurer la ventilation des locaux, il existe des dispositifs d'entrée d'air (aérateurs) acoustiques, intégrés dans le châssis ou le coffre à volet ou à installer dans la maçonnerie. Ces dispositifs sont tapissés de matériau absorbant le long du trajet de l'air, qui atténue le bruit transmis. Ils sont plus encombrants que les systèmes classiques, puisque leur efficacité n'est assurée que si le trajet de l'air est assez long.



Coupe dans aérateurs acoustiques, source Renson

L'éventuel système central de ventilation mécanique contrôlée sera équipé d'un silencieux, on placera le ventilateur sur des blocs anti-vibratiles, dans un local isolé acoustiquement ou à l'écart des pièces de vie. Les percements pour passage des conduits seront munis de matériau anti-vibratile et les raccords se feront par des pièces souples.

### × Planchers

Dans les maisons mitoyennes pourvues, comme au XIX<sup>e</sup> siècle, de planchers en bois, la transmission latérale des bruits est restreinte puisque les planchers portent dans l'immense majorité des cas sur les façades et sur les murs de refend. Il y a donc peu de problèmes acoustiques créés par les planchers entre maisons voisines.

La transmission entre les niveaux d'une même maison des bruits aériens et surtout des bruits de chocs pose par contre problème dans les maisons équipées de gîtages en bois. Ce problème est d'autant plus aigu, lorsque chaque niveau d'une maison unifamiliale a été transformé en appartement.

### Faux plafond acoustique

Le Faux plafond est constitué de plaques de plâtre ou de fibro-plâtre ou de plaques composites composées de plusieurs matériaux sur lesquelles est déposée une couche de matériau absorbant souple.

Il doit être mis en place par des fixations ou des suspentes antivibratiles et doit être désolidarisé des murs par un bandeau souple. Plus la lame d'air qui subsiste au-dessus du faux plafond est grande, meilleure est le résultat, mais si la hauteur sous plafond est limitée, une lame d'1 cm donne déjà des résultats satisfaisants.

Cette mesure est primordiale si le gîtage ne comporte pas encore de plaque de plafond. S'il existe déjà un plafond, l'ajout d'un Faux plafond acoustique améliore ses performances.

### Complexe de sol isolant sur le plancher

Si la pose d'un faux plafond n'est pas possible ou souhaitable, si le plafond est mouluré ou si le local situé en dessous n'est pas accessible, l'isolation peut être réalisée par-dessus le plancher existant.

### En rénovation légère

Pour limiter la propagation des bruits de contact, la solution la plus économique, mais aussi la moins efficace, consiste à placer un revêtement de sol à propriétés résilientes, comme un tapis ou un linoléum sur une sous-couche de liège ou en caoutchouc. Dans le cas d'une cage d'escaliers, par exemple, c'est parfois la seule solution envisageable.

Un revêtement en bois peut être posé sur une couche de matériau résilient posé lui-même sur l'ancien plancher. Les matériaux résilients sont posés en épaisseur suffisante pour reprendre

les inégalités et éviter le poinçonnement. Le moindre poinçonnement, dû par exemple à la présence d'une ancienne tête-de-clou ou d'une irrégularité dans le bois, peut anéantir tous les efforts consentis. Si le support et le revêtement sont parfaitement lisses, on peut se contenter de 3 mm ; par précaution on opte pour une couche de 5 à 7 mm.

Les systèmes de chapes sèches sont composés de panneaux de sol posés sur une couche résiliente ou un isolant semi-rigide à haute densité. Le revêtement de finition est simplement collé ou cloué sur ces panneaux de 2 à 3 cm d'épaisseur, qui peuvent être des plaques de plâtre, de fibro-plâtre ou, plus résistant, de l'OSB (panneau de copeaux compressés) à utiliser si le revêtement de départ n'offre pas une rigidité ou une résistance suffisante au poinçonnement. Les dalles en fibro-plâtre (les marques les plus répandues en Belgique sont Fermacell et Rigidur) permettent aussi de réaliser un compartimentage résistant au feu et peuvent être utilisées dans les salles d'eau.

Des variantes au système de chape sèches sont constituées de la superposition de nombreuses couches de densités différentes qui créent des effets masse/ressort/masse.

- Le système de sol Fermacell avec laine minérale haute densité (améliore aussi la protection au feu).
- Le système Gutex avec mousse de fibres de bois.
- Le système de sol de Pan-Terre dans lequel le matériau absorbant est recouvert de panneaux qui réunissent OSB et mousse de papier, posés sur lambourdes du même matériau. L'inconvénient de ces systèmes est que le sol est ainsi surélevé de quelques cm et nécessitera l'adaptation des portes et des raccords aux cages d'escaliers.

#### *En rénovation mi-lourde*

L'isolation conjointe aux bruits aériens et d'impact peut être réalisée par la création d'un complexe sur le sol existant, en intercalant un matériau absorbant entre des lambourdes désolidarisées et en finissant par des panneaux d'OSB.

Un autre système est constitué de tôles d'acier profilées en queue-d'aronde, comme le plancher-dalle Lewis, posé sur des bandes souples sur le plancher ou le gîtage existant et utilisées comme coffrage perdu d'une chape légère de  $\pm 5$  cm d'épaisseur.

Ces systèmes permettent de conserver les gîtages voir les planchers et de mettre en œuvre des matériaux rigides comme des carrelages sans risques de fissuration. Là encore le niveau fini des locaux sera augmenté de minimum 6 cm.

#### *En rénovation lourde*

Si la structure existante peut supporter une surcharge et que le sol peut être surélevé, il est encore beaucoup plus efficace de réaliser un sol flottant. Le principe du sol flottant est d'intercaler une couche intermédiaire souple entre la structure porteuse et la chape de ciment. Ce dispositif évite la transmission des vibrations générées sur la chape vers le plancher porteur, mais aussi des vibrations extérieures vers la chape. Ce type de mise en œuvre nécessite dans la plupart des cas la démolition des gîtages en bois et leur remplacement par des dalles en béton armé.

#### **Isolation dans l'épaisseur du plancher**

Une amélioration importante dans la transmission des bruits aériens peut être obtenue en insufflant ou en déversant en vrac dans l'espace vide entre gîtes de la vermiculite, de la perlite expansée ou des granulés de liège. La mise en œuvre de cette technique demande le démontage du plancher ou du parquet existant pour une pose en vrac ou le percement du plafond et son ragréage dans le cas d'une insufflation. Le choix d'une des techniques dépendra de l'état des revêtements de sol, de la pertinence de son éventuel remplacement et des mesures complémentaires qui seront éventuellement prises pour limiter la transmission des bruits de choc.

## ✕ Cloisons entre logements

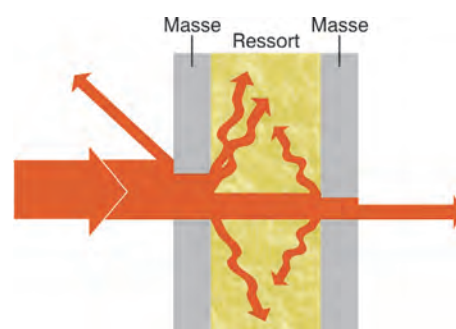
### En rénovation légère

Il est possible de mettre en œuvre le principe « masse-ressort-masse » en réalisant une cloison légère, mais parfaitement étanche à l'air. Elle est constituée de plaques de plâtre posées de part et d'autre d'une ossature flexible de préférence métallique ; l'ossature est construite sur une bande de matériau résilient et le vide est rempli partiellement ou totalement d'un matériau isolant absorbant souple. Cette technique est particulièrement utile en rénovation, quand la structure existante ne permet pas une surcharge importante.

On voit que l'efficacité augmente quand la masse des plaques de chaque côté augmente et quand la distance entre ces plaques augmente. L'isolant lui-même ne doit pas être épais, 50 mm suffisent, mais plusieurs plaques de plâtre sont plus efficaces qu'une seule et plus la lame d'air qui subsiste entre le doublage et le mur existant est large, meilleur est l'isolation. L'ancrage d'équipements comme les sanitaires ne doit pas se faire dans la structure, au risque de ponts acoustiques.

Certains matériaux d'isolation thermique ne présentent que peu de qualité sur le plan acoustique. C'est le cas des matériaux trop raides comme le polystyrène expansé ou extrudé, qui dans certains cas aggravent les problèmes acoustiques en augmentant les transmissions latérales lorsqu'ils sont placés sur une paroi liée au mur ou au plancher de séparation.

Tous les matériaux absorbants souples ou semi-rigides conviennent. La densité de l'isolant est peu importante, du moment qu'il n'est pas raide et rigide. On peut utiliser des matériaux écologiques ou recyclés comme les laines végétales (chanvre ou lin), la laine de bois ou de cellulose (issue de déchets de bois ou de papier recyclé), les mousses de PET issues du recyclage des bouteilles en plastiques, etc.



### En rénovation lourde

Conformément au premier principe de l'isolation acoustique, plus un mur est lourd, meilleur est l'isolation aux bruits aériens.

Le choix de la finition, qui détermine l'étanchéité à l'air de la paroi, influence l'isolation acoustique d'un mur maçonné. Un plafonnage améliore considérablement les performances d'une maçonnerie de blocs ou de maçonneries existante relativement poreuses ou de la maçonnerie légère comme celles à base d'argile expansée ou en béton cellulaire souvent utilisée en rénovation. L'indice d'affaiblissement acoustique  $R_w$  passe de 25 dB pour un tel mur de 14 cm non enduit à 43 dB pour le même mur enduit d'un côté et 44 dB si l'enduit est mis en œuvre sur les deux faces. La différence est minime pour des blocs plus étanches, comme ceux de type silico-calcaire ou de plâtre. L'épaisseur de l'enduit a peu d'importance 3 mm suffisent. L'affaiblissement acoustique sera encore plus important si le mur est désolidarisé par une bande périphérique souple. Cette bande doit pouvoir résister à l'écrasement en raison du poids du mur (bandes de néoprène ou de caoutchouc fabriquées à partir du recyclage des pneus).

Il faut veiller à ce que l'homogénéité de la masse ne soit pas interrompue. Éviter les saignées, placer les interrupteurs plutôt en surface que dans l'épaisseur de la construction.

## ✕ Autres points faibles entre logements

- Les cheminées affaiblissent l'isolement aux bruits. Si elles ne sont plus utilisées, un simple rebouchage au mortier peut suffire.
- En cas de feu ouvert, on peut traiter l'entrée du bruit à la base de la cheminée en obligeant celui-ci à s'amortir en longeant des matériaux absorbants. Il semble qu'on puisse trouver chez les fabricants spécialisés des silencieux à placer dans les cheminées. Le traitement

du bruit à la source évite un doublage du manteau à plusieurs étages. Mais attention, le dispositif doit résister à la chaleur et ne pas modifier le tirage de la cheminée.

- Dans tous les cas, on peut isoler le manteau de cheminée en le doublant. Encore une fois, si la cheminée est encore en fonctionnement, il s'agira de choisir des matériaux d'isolation résistants à la chaleur. Le même traitement sera appliqué aux gaines qui peuvent également favoriser la propagation du bruit entre étages ou locaux.
- Les logements réalisés après 1945 ont fréquemment une coulisse dans le mur de façade. Ce n'est qu'à la fin des années 1970 qu'on a commencé à isoler cette coulisse systématiquement. Si la coulisse est vide ou tapissée d'un isolant thermique rigide ou d'un isolant absorbant qui a plus de 25 ans, le bruit peut circuler par cette voie d'un appartement à l'autre. Profitez alors du remplacement des châssis pour bourrer le vide autour des châssis de laine ou de mousse absorbante et soignez bien la pose des nouveaux châssis par la pose de bandes d'étanchéité à l'air.

#### ✕ **Installations techniques et équipements**

##### **Blocs anti-vibratiles**

Les équipements seront placés sur des blocs anti-vibratiles, dans un local isolé loin des pièces de vie et des chambres à coucher. Les attaches et percements pour passage des conduits seront munis de matériau anti-vibratile et les raccords se feront par des pièces souples.

##### **Canalisations**

Pour éviter les nuisances sonores véhiculées par les canalisations, il faut les désolidariser de leur support ou des parois traversées. Les conduites sanitaires seront de préférences groupées dans des caissons isolés et attachés par des colliers ou manchons anti-vibratiles. Elles passeront le plus loin possible des lieux de repos. Les changements de direction ou de diamètre se feront aussi graduellement que possible (coudes à 45° et non à 90° et tuyauterie dites silence).

##### **Capotage**

Quand c'est possible, un équipement bruyant qui n'a pu être placé dans un local de service comme une pompe de citerne d'eau de pluie ou un circulateur de boucle d'eau sanitaire commandée, peut être enfermé dans un caisson isolant et absorbant. Les parois du caisson sont tapissées d'un matériau hautement absorbant, comme la mélamine ou la laine de roche. Le caisson peut aussi être réalisé par l'assemblage de complexes absorbants, généralement constitués de cassettes métalliques ou en matière plastique dont la face côté source de bruit est perforée et qui contiennent un matériau absorbant. L'épaisseur de l'isolant et le type de perforation peuvent être adaptés en fonction des fréquences à absorber.

Même s'il n'est pas possible de réaliser un caisson étanche, le bruit peut être atténué de manière appréciable par l'utilisation, autour et/ou au-dessus de l'équipement bruyant, d'un tel complexe absorbant. Ceci est également valable pour les installations en plein air.

#### ✕ **Petites incompatibilités entre isolation acoustique et thermique**

En règles générales, le renforcement de l'isolation thermique de l'enveloppe d'un bâtiment ainsi que l'amélioration de son étanchéité à l'air est bénéfique au degré d'isolation acoustique par rapport aux nuisances sonores extérieures.

Les cloisonnements entre les logements seront améliorés du point de vue acoustique uniquement, car il n'y a, a priori, aucune raison d'isoler thermiquement les logements les uns par rapport aux autres.

Des choix doivent malheureusement être faits entre certains principes d'isolations acoustiques et thermiques.

### Dans le cas de l'isolation des façades

- Les vitrages les plus isolants thermiquement, en particulier les triples vitrages, ne se révèlent que très moyennement performants du point de vue acoustique.
- Les doublages en isolation thermique par l'intérieur doivent impérativement être mis en œuvre contre les murs de façade sous peine de voir leur efficacité fortement diminuée et d'augmenter le risque de condensation sur la face intérieure du mur si cette coulisse n'est pas parfaitement étanche à l'air. En isolation acoustique, on conseille de laisser un vide d'air entre l'isolant et le mur.
- Les isolants thermiques rigides les plus performants comme les polystyrènes et les polyuréthanes ne sont pas de bons isolants acoustiques.

### Pour préserver l'inertie thermique du bâtiment

L'atténuation des bruits aériens entre logements est atteinte par la mise en œuvre de faux plafonds et de doublages des murs par des cloisons légères. L'atténuation des bruits de chocs est le plus souvent réalisée par le placement d'une moquette. Pour préserver l'inertie thermique du bâtiment, on évitera précisément les cloisons légères, les faux plafonds et les moquettes.

## 5. QUALITÉ DU CADRE DE VIE

### 5.1 Un monde en mutation

La mondialisation de l'économie, la révolution Internet, la crise de la démocratie représentative, la crise de l'État, la croissance des inégalités, la dérégulation climatique, la crise énergétique, sont autant d'éléments nouveaux qui bouleversent notre représentation du monde et commandent de reconsidérer les outils historiques de la gestion publique.

Trois débats scientifiques et politiques, portant sur la durabilité du développement de notre société, participent de cette mutation planétaire :

Le premier touche le changement climatique et le réchauffement de la planète. Aujourd'hui, le constat d'un réchauffement climatique n'est plus guère contesté. Le débat porte essentiellement sur l'amplitude du phénomène (une hausse importante aurait des effets dévastateurs pour l'humanité) et sur la part de ce réchauffement qui serait due à l'activité humaine. C'est notamment sur ce second point que porte le débat politique, car s'il s'avère que l'homme est en grande partie responsable du changement, il en découle la nécessité de changer le mode de fonctionnement de nos sociétés.

Le deuxième débat touche l'augmentation des pollutions de l'air, de l'eau et du sol et de ses retombées sur la santé humaine. Ce point essentiel semble aujourd'hui un peu éclipsé par le premier débat, mais les conséquences sont potentiellement importantes, tant en terme d'augmentation des cancers, d'accès à l'eau potable diminué, de pollution des sols agricoles, d'allergie, d'asthme, etc.



Le troisième débat touche la problématique complexe de la crise énergétique et de l'épuisement des ressources naturelles : finitude des énergies fossiles et dépendance de notre société à des régions du monde politiquement et économiquement instables. La géopolitique mondiale semble se redessiner en fonction de l'accès à l'énergie et en premier lieu le pétrole. Parallèlement, l'extrême dépendance de notre société à une énergie dont les réserves s'épuiseront certainement avant la fin du siècle a de quoi inquiéter, les conséquences humaines d'une raréfaction brutale du pétrole dans nos sociétés actuelles étant potentiellement catastrophique.<sup>16</sup>

## 5.2 La ville, réponse écologique

La ville prend une place grandissante dans nos sociétés. D'ores et déjà, 80 % des Européens ont des modes de vie urbains. Les villes s'affirment comme les pivots de l'économie mondialisée. Le monde d'aujourd'hui sédimente de nouvelles formes urbaines. La ville d'aujourd'hui ne se pense plus comme un ensemble cohérent et fini, mais comme un réseau de connexions entre un centre-ville, des villages, de grands équipements, des quartiers résidentiels distendus le long des routes et rejoignant d'autres centres-villes...

Cette analyse rejoint le concept de « ville poreuse » développée par les urbanistes ces dernières années.<sup>17</sup>

Ce n'est pas la ville qui est source de pollution, mais l'avènement d'un mode de vie urbain éclaté dans des territoires ruraux. Un million de personnes concentrées dans une ville consomment moins qu'un million de personnes dispersées dans la campagne, en raison de la généralisation du mode de vie qui consacrent l'hyper-mobilité et le territoire à la carte. Aujourd'hui, habiter un village ne signifie plus concentrer ses activités dans ce village. On vit ici, travaille ailleurs, fait ses achats en un troisième lieu, amène les enfants en un quatrième, etc. Cette logique du territoire en archipel se pratique aussi bien en ville qu'à la campagne. Mais la ville, par sa concentration, propose des distances plus courtes.

Le territoire urbain consomme donc moins d'énergie pour fonctionner que le territoire étalé. Mais le territoire urbain ne permet pas seulement des distances plus courtes et des vitesses moyennes de déplacements plus faibles, il permet aussi l'existence d'un réseau performant de transport public, une meilleure mixité sociale, une rationalisation de la consommation de chauffage, une rationalisation de la distribution du gaz, de l'eau, de l'électricité, du courrier, etc.

### ● Définition d'un quartier durable

La notion de quartier durable associe deux termes, « durable », qui renvoient à la notion de développement durable, telle que définie dans le premier chapitre de la présente étude, et la notion de « quartier » qui doit elle aussi être précisé. À partir de quelle échelle peut-on parler d'un quartier ? Il s'agit ici de placer le curseur de la distinction entre l'« éco-urbanisme et l'éco-architecture ». Le second renvoie à l'échelle du bâtiment. Mais l'échelle de l'îlot ou du groupe de bâtiments, en restant au niveau du seul cadre bâti, semble encore trop restrictive pour un éco-urbanisme, qui devrait au minimum comprendre un espace public.

### ● Éléments généraux

De nombreux quartiers durables ont vu le jour ces dernières années en Europe. Les pays du Nord et notamment l'Allemagne, les Pays-Bas, la Suède, le Danemark, la Finlande, l'Angleterre se sont lancés dans des projets de construction de morceaux de ville ayant pour ambition une meilleure maîtrise des besoins énergétiques, une gestion rigoureuse des déchets, une prise en compte des problématiques de l'eau... Du point de vue de l'aménagement, les options visent essentiellement à :

<sup>16</sup> COOPARCH-RU. *L'introduction de critères de développement durable lors de l'élaboration de plans d'aménagement*, mai 2007, 6 p.

<sup>17</sup> Bernardo Secchi et Paola Viganò, équipe Studio 08. *La métropole du XXI<sup>e</sup> siècle de l'après-Kyoto*, décembre 2008, p. 9-19

- Promouvoir la compacité des projets et la densité du bâti. Ce point, jugé comme essentiel, est assez bien respecté dans l'ensemble des quartiers ;
- Concevoir des quartiers permettant aux habitants et utilisateurs d'avoir recours à d'autres modes de transport que la voiture individuelle. Ce point n'a évidemment de sens que si le reste de la ville est par ailleurs organisé dans le même esprit ;
- Promouvoir en général (pas toujours) la mixité des fonctions, même si cette mixité est plus ou moins forte (diversifiée) et plus ou moins spécialisée (par exemple avec le projet de Wiikki à Helsinki, formé autour d'un parc scientifique)
- Promouvoir la mixité sociale. Cet objectif n'est pas toujours atteint (Malmö, par exemple), à cause des surcoûts entraînés par les aménagements et matériaux spécifiques aux exigences environnementales et se répercutant sur le prix de vente des logements. Cependant, il faut citer le cas de Kronsberg, où des subventions permettent à 90 % des habitants de la ville de venir habiter le quartier.

Le plus souvent, ces quartiers se développent sur une friche urbaine, qu'elle soit portuaire, ferroviaire, militaire ou industrielle. Le cas d'une urbanisation totalement nouvelle existe aussi, ainsi que la rénovation d'un quartier existant, mais reste minoritaire dans les exemples les plus connus. <sup>18</sup>

### Densité

La densité projetée est en général assez élevée, telle que l'on peut la qualifier d'urbaine. Ainsi, trois quartiers (Kronsberg, Vauban, Malmö) projettent des densités égales ou supérieures à 100 habitants par hectare, jusqu'à 131 hab. /ha pour le quartier Vauban.

### La maîtrise foncière

Le site n'est pas systématiquement propriété publique. On peut notamment citer le projet de Leidsche Rijn aux Pays-Bas, se développant sur 2560 hectares de propriétés privées. La maîtrise du développement urbain passe ici par un cadre réglementaire strict et précis, qui canalise efficacement les acteurs privés. La maîtrise du foncier par les pouvoirs publics, si elle n'est pas obligatoire, rend cependant le processus plus simple et plus sûr. Ainsi, la Ville de Hanovre a régulièrement acheté les terrains de son site au début des années 1990, le site étant affecté en réserve foncière, jusqu'à posséder 80 % de la surface du site.

### Le montage de projet

La mise en place d'un quartier durable se distingue par une coopération forte entre tous les acteurs intéressés au développement du site, privés comme publics. Les premiers financent la construction et la commercialisation des logements. Les pouvoirs publics, qui sont souvent la Ville et l'État, parfois la Région et l'Union européenne, peuvent prendre à leur compte la dépollution du sol, le traitement écologique (soit par investissement direct, soit par subvention incitative).

### Les outils

Quel que soit le partenariat public/privé, ces opérations sont très fortement encadrées par les pouvoirs publics, via un masterplan ou un schéma directeur, subordonné en général à des documents d'orientation stratégique (projet de ville, projet de région). Les projets fixent des objectifs précis à atteindre, par exemple en termes de performance énergétique des bâtiments, ces objectifs étant contraignants pour la délivrance du permis.

La participation : Le processus participatif est systématiquement intégré dans le projet. Cette participation concerne fortement les habitants en cas de rénovation. En cas de construction de quartiers nouveaux, les futurs habitants et les futurs entreprises sont intégrés lorsqu'ils sont connus (quartier Vauban), mais la participation vise à impliquer tous les acteurs (promoteurs, développeurs, administrations) tout au long du processus. En revanche, ces quartiers

<sup>18</sup> COOPARCH-RU. *L'introduction de critères de développement durable lors de l'élaboration de plans d'aménagement*, mai 2007, 10 p.



Quartier Vauban  
Source : Modelmo,  
photo M.Opdebeek

intègrent la participation des futurs habitants et utilisateurs pour les questions de fonctionnement du quartier, une fois celui-ci sorti de terre, notamment pour les questions de gestion des déchets.

### ✕ Quelques éléments pratiques à retenir

Les éléments suivants, repris des expériences citées, semblent intéressants à retenir :

- un seuil minimal à atteindre pour la densité habitée (exprimée en nombre d’habitants par ha) ;
- le recours aux énergies renouvelables (solaire, géothermie, éolien, biogaz, etc.) ;
- le découpage du terrain en petites parcelles et vente préférentielle à des constructeurs individuels privés. Ceci pourrait permettre d’éviter un aspect trop uniforme du quartier, une unité visuelle trop parfaite pouvant être vécue comme monotone et froide ;
- la prise en compte des biotopes et des arbres les plus remarquables, en vue de maintenir, voire d’accroître la biodiversité ;
- des standards énergétiques minimaux pour la construction des bâtiments ;
- la mixité des fonctions, en tenant compte de l’environnement urbain du quartier, afin de limiter les besoins en matière de mobilité ;
- l’utilisation de matériaux de construction à faible impact environnemental ;
- la gestion des eaux pluviales et des eaux usées ;
- une hiérarchisation stricte des voiries et un aménagement ayant pour but à la fois la limitation de la vitesse des automobiles et le confort des usagers faibles ;
- la gestion des déchets de chantier ;
- la gestion des déchets de « fonctionnement » du quartier ;
- l’information en continu de la consommation énergétique de chaque logement <sup>19</sup>.

### ● La maîtrise de l’étalement urbain

Les villes en Wallonies, comme toutes les villes contemporaines, sont travaillées par l’étalement urbain, c’est-à-dire une croissance spatiale de l’agglomération plus rapide que son évolution démographique (l’étalement urbain est même constaté dans des agglomérations dont la démographie est stable, voir en baisse). Ce processus entraîne notamment une dédensification importante du territoire urbain, un allongement des distances et une déqualification des quartiers centraux et anciens.

Appelé aussi péri-urbanisation ou rurbanisation, l’étalement urbain progresse en archipel mêlant centres anciens, villages, surfaces agricoles, lotissements pavillonnaires, grands équipements publics et privés.

Les coûts de cet étalement, en termes économiques et environnementaux, sont importants : pollution de l’air et congestion routière croissante, étirement des impétrants, disparition et banalisation des paysages, paupérisation des centres-villes, fractures sociales inscrites dans le territoire et élévation du coût des distributions diverses.

C’est pourquoi la maîtrise de l’étalement urbain sera l’objectif central et transversal dans toute démarche visant un développement urbain durable.

### ● Promouvoir la densité

La densité sera le concept clé permettant de maîtriser l’étalement urbain et ses conséquences néfastes. La densité a souvent mauvaise presse. On lui attribue des maux qui en réalité ne lui appartiennent pas en propre. On la confond avec le gigantisme urbain, l’insécurité, la pollution, l’individualisme. Rappelons que la densité mesure simplement une occupation par rapport à une surface, sans prédire ni de la forme ni de la taille des agglomérations. Un village de 1 000 habitants peut être beaucoup plus dense qu’une ville d’1 million d’habitants.

La densité est un concept clé en urbanisme et en aménagement du territoire, car elle déter-

<sup>19</sup> COOPARCH-RU. *L’introduction de critères de développement durable lors de l’élaboration de plans d’aménagement*, mai 2007, 11 p.

mine et influe de nombreux paramètres du fonctionnement urbain. Un million de personnes réparti sur 1 000 ou sur 100 km<sup>2</sup> n'auront pas la même utilisation quotidienne du territoire et surtout n'auront pas la même la même consommation énergétique.

Or, les villes importantes en Wallonie comme Liège, Charleroi, Mons et Namur sont peu denses. La ville de Liège présente une densité de 28,12 habitants par ha et la ville de Charleroi de 20 habitants par ha.<sup>20</sup> La faible densité résulte tant de la morphologie dominante de l'habitat que de la subsistance jusqu'à proximité du centre-ville de nombreux espaces non urbanisés. Ces espaces non urbanisés sont de trois types : les versants trop raides creusés par les cours d'eau qui traversent ces villes, les zones industrielles (dans la vallée, mais aussi jusqu'aux plateaux où les terrils marquent les anciennes exploitations charbonnières) et de vastes espaces boisés.

Enfin, la densité n'est pas forcément synonyme de paupérisation ou de mal-être comme on le croit trop souvent. Paris, une des villes les plus dense avec 200 habitants par ha, figure parmi les cités les plus riches et les plus recherchées du monde. À l'autre bout du tableau, Charleroi, qui présente la même superficie que la capitale française (hors banlieues) mais compte 10 fois moins d'habitants, accumule malaise social, crise économique et taux de chômage record. Le but ici n'est pas de démontrer que c'est la sous-densité de Charleroi qui induit la paupérisation de son économie, mais que densité et qualité de vie sont relativement déconnectées l'une de l'autre.

### ● Pourquoi la densité

La ville peut être définie comme la réponse aux besoins de maximisation de stockage et d'échange de biens, d'informations et de personnes. Cette maximisation s'atteint via deux moyens, pouvant être complémentaires à un point d'équilibre, mais s'excluant l'un l'autre aux extrêmes : **l'accroissement de la vitesse de déplacement** ou **l'accroissement de la densité**. Or si la première méthode, utilisée à outrance depuis les années 1960, atteint ses limites et est extrêmement consommatrice d'énergie, la seconde semble apporter une série de réponses transversales et durables aux problématiques du développement territorial et urbain d'aujourd'hui.

#### En matière de contexte social et d'usages

La densité permet l'émergence de mixité des fonctions, favorisant la prise en compte des besoins diversifiés des habitants. Elle peut intégrer plus harmonieusement la diversification des types de logements. La densité permettra très efficacement d'atteindre une mixité sociale naturelle et non contrainte, en rapprochant les logements entre eux et en augmentant l'utilisation mixte des équipements et espaces publics.

Il faut noter que la densité est une condition incontournable mais en soi insuffisante pour permettre l'émergence de la mixité des fonctions. D'autres paramètres rentrent en ligne de compte, comme la place du quartier dans la ville, son accessibilité, le profil socio-économique de ses habitants, la volonté politique de favoriser la mixité ou au contraire la mono-fonctionnalité. En outre, si la mixité s'atteint en moyenne dans la ville, elle ne sera jamais parfaite au niveau d'un quartier. Il y a toujours eu et il y aura toujours des spécialisations par quartier (résidentiels, commercial, commerces spécialisés, quartier d'affaires, etc.).

#### En matière de consommation énergétique pour les transports

La densité permet de mieux maîtriser les dépenses énergétiques. Une densité élevée suppose des distances moyennes plus courtes et suppose une vitesse de déplacement plus basse. Les distances sont raccourcies non seulement parce que les bâtiments sont plus proches les uns des autres mais aussi parce que la densité va permettre l'émergence d'une meilleure mixité des fonctions, lesquelles seront ainsi mieux réparties dans la ville.



<sup>20</sup> <http://statbel.fgov.be/fr/modules/publications/statistiques/population>



Enfin, distance plus courte et vitesse plus basse rendent les modes doux comme les déplacements piétons, à vélo et en transports en communs concurrentiels à la voiture.

#### **En matière de bruit routier**

La densité participera à la maîtrise du bruit. Le degré de densification d'un territoire étant inversement proportionnel à la vitesse de déplacement nécessaire pour utiliser ce territoire, une densification supposera une vitesse moyenne de déplacement plus basse, ce qui luttera efficacement contre le bruit routier et rendra concurrentiel le report vers les modes doux.

#### **En matière de consommation énergétique dans les bâtiments**

La densité urbaine n'est pas toujours synonyme de rendement énergétique des bâtiments. C'est la compacité et la recherche de mitoyenneté des bâtiments qui concourent à limiter les surfaces d'enveloppe à isoler. Les typologies urbaines des villes anciennes sont à cet égard les plus performantes. En revanche, la densité a un impact sur le rendement énergétique parce qu'elle permet de limiter les pertes en ligne dans les réseaux de distributions électriques et dans le cas où elle permet des économies d'échelle via des solutions collectives de chauffage urbain par exemple.

#### **En matière d'eau**

Une densité élevée consommera moins de terrain et réduira les surfaces imperméabilisées. À l'échelle locale, cela peut sembler contradictoire lorsque l'on compare un centre-ville dense et minéralisé avec une périphérie verte. La contradiction est levée cependant lorsque l'on considère les kilomètres de routes nécessaires pour viabiliser un territoire sous-densifié.

#### **En matière d'air**

En rendant possible une mobilité plus durable dans l'hypothèse où emplois et logements à proximité sont disponibles l'un et l'autre, la densité contribue à lutter contre la pollution de l'air.

#### **En matière de paysage et de biodiversité**

Chaque logement que l'on ne construit ou ne rénove pas en ville se construira à la campagne et rendra leurs occupants plus dépendants de la voiture. La densité permet de conserver des activités et des paysages agricoles en luttant contre le mitage des campagnes. Elle permet de mieux considérer les espaces riches en biodiversité car elle contient mieux la ville et son étalement. Elle permet de lutter contre la pollution de l'eau et de l'air en rendant possible une mobilité douce et un meilleur rendement du chauffage.

#### **En matière de déchets**

En soi la densité a peu d'impact sur la maîtrise et le traitement des déchets, si ce n'est qu'elle permet certaines solutions collectives comme la mise en place de conteneurs de tri sélectif.

#### **En matière de sols**

La densité permet un usage parcimonieux du sol mais n'a pas vraiment d'impact en soi sur les questions de déblais, remblais, pollution du sol etc.<sup>21</sup>

21 COOPARCH-RU. L'introduction de critères de développement durable lors de l'élaboration de plans d'aménagement, mai 2007, p. 14-18.

## 6. MOTIVATIONS DU PUBLIC

### 6.1 Le facteur humain

#### ● **Préambule**

Dans les sociétés développées actuelles, l'énergie est principalement utilisée pour améliorer notre confort et pour gagner du temps, *ou en tout cas ce que l'on croit être le confort ou le gain de temps*. Les habitudes de chaque jour ont certaines significations symboliques, qui ne sont pas forcément la réponse à un besoin primaire. Nos modes de vies constituent une construction complexe, dépendant de paramètres socio-techniques, socio-symboliques et socio-temporel.

L'étude SEREC de 2007 caractérise les habitudes des consommateurs selon divers paramètres, à savoir : la région concernée, l'âge de la personne interrogée, le sexe de cette dernière, le type de logement, la taille du ménage, la composition du ménage, la composition associée à la personne interrogée, et enfin le revenu.

#### ● **La culture**

La culture constitue un premier facteur principal influençant nos comportements énergétiques. Certaines études (Hackett and Lutzenhizer, 1991) montrent par exemple que, pour réduire la consommation d'énergie dans leur maison, les personnes du Sud et des alentours de la Méditerranée réduiront la température de l'eau chaude sanitaire, tandis que les Européens préféreront limiter la température des locaux, et porter des vêtements plus chauds en hiver, et éteindre la climatisation en été, tandis que les Américains utiliseront le thermostat toute l'année. D'autres études portant sur la lumière et l'éclairage (Oxford Study concerning residential light, 1998) mettent en évidence les habitudes différenciées des habitants de l'Europe du Nord, du Sud, et du Japon par exemple, où l'usage des lampes fluorescentes est nettement plus répandu qu'en Europe.

#### ● **Les facteurs socio-économiques**

Les facteurs socio-économiques viennent en second plan, avec comme principal paramètre le revenu des ménages. La consommation d'énergie directe et indirecte croît avec le revenu, bien que la prise de conscience du problème environnemental augmente elle aussi avec le niveau de revenu (et d'éducation). Les ménages ayant des salaires élevés consomment plus d'énergie, et ce pour gagner du temps et pour maintenir leur confort habituel. Cependant, on constate que ces ménages ont proportionnellement des dépenses énergétiques moins grandes que les ménages à bas revenu, ce qui s'explique par le fait qu'ils utilisent des appareils plus efficaces (plus récents). En effet, les moyens financiers dont ils disposent leur permettent d'investir dans des appareils énergétiquement efficaces, ce qui n'est pas le cas des familles à bas revenus.

#### ● **Le niveau d'éducation**

Le niveau d'éducation est également synonyme de différences. Parmi les personnes ayant un niveau d'éducation élevé, la prise de conscience du problème environnemental est plus répandue et, cette catégorie de personnes semble plus concernée par les défis environnementaux que les personnes possédant un niveau d'éducation plus faible. Cependant, certaines études (Anker-Nilssen, 2003) mettent en évidence le fait que bien que les personnes d'un niveau d'éducation plus élevé soient plus conscientes des problèmes environnementaux, leurs comportements ne sont pas plus économes d'un point de vue énergétique.

### ● **L'âge**

L'âge peut également exercer une certaine influence. Les données sont différentes selon les pays et sont parfois contradictoires. Au États-Unis par exemple, il semble que les personnes plus âgées soient moins concernées par les problèmes environnementaux que les plus jeunes, alors qu'en Angleterre c'est la situation inverse qui se dégage. L'âge peut également influencer les consommations par le biais de la présence à la maison.

### ● **Le sexe**

Par ailleurs le sexe du consommateur est également mis en évidence, les femmes étant manifestement plus concernées par l'environnement et plus engagées dans les pratiques économisant l'énergie que les hommes.

### ● **La composition du ménage**

La composition du ménage intervient dans le bilan énergétique total. Les consommations absolues augmentent avec la taille du ménage, mais les consommations par personnes diminuent en raison des économies d'échelle qui s'ensuivent.

## **6.2 les différentes consommations**

### ● **Le chauffage**

Les habitudes varient fort d'une personne à l'autre et selon le contexte. Certaines personnes ne chauffent que le local dans lequel elles se trouvent (les études de cas dans ce guide montrent que c'est souvent dans le cas de la sous occupation du logement que l'on rencontre ce cas de figure, quand une personne seule ou un couple sans enfants habite une maison assez grande), tandis que d'autres préfèrent une température élevée dans toute la maison.

Selon l'étude SEREC, la majorité des Belges estiment que la température de leur séjour est égale ou supérieure à 21° C en hiver. On a respectivement 56 % des personnes interrogées en Wallonie qui expriment ce type d'exigence de confort, 62,4 % en Flandre et 44,6 % en région Bruxelloise.

La pratique consistant à diminuer la température pendant la nuit ou en cas d'absence semble assez répandue en Belgique.

Réduire la température ambiante de 1° C est une proposition plutôt bien acceptée par la population, mais cette mesure est fortement liée au revenu. Il semble effectivement que les ménages dont le revenu est plus faible sont plus favorables à cette mesure. Certains obstacles comme l'absence de régulation sont cependant à contourner. De même le remplacement de la chaudière, ou la mise en œuvre d'équipements plus performants au niveau thermique est une action qui semble pouvoir être acceptée par les ménages, particulièrement par ceux possédant un revenu élevé.

Par ailleurs, l'enquête sur la qualité de l'habitat en région wallonne nous apprend que, quel que soit le type de combustible utilisé, la consommation annuelle est plus élevée chez les propriétaires que chez les locataires.<sup>22</sup> Ceci peut s'expliquer par différents facteurs, comme par le type de logement. Par leur statut du propriétaire qui possède souvent des revenus plus élevés, par le type de combustible (le bois est par exemple utilisé comme combustible d'appoint chez les propriétaires).

### ● **L'eau chaude sanitaire**

La consommation d'eau chaude sanitaire est plutôt liée à certaines variables socio-économiques, comme le revenu, le type de maison, l'âge etc.

<sup>22</sup> 80,8 % des maisons unifamiliales sont habitées par leur propriétaire, et 72 % des bâtiments divisés en plusieurs logements ainsi que 67,4 % des appartements au sein des immeubles d'appartements sont occupés par des locataires.

Il apparaît que les plus grands consommateurs sont essentiellement les plus jeunes, les personnes vivant dans une maison et les ménages à haut revenu. Peu de personnes associent le fait de prendre un bain ou une douche à autre chose que de l'hygiène ou du confort. La raison principale poussant les gens à prendre une douche plutôt qu'un bain réside dans le gain de temps que cela procure, les préoccupations environnementales ont peu d'impact sur ce type de comportement.

Installer des pommeaux de douches économiques semble constituer la première action visant à réduire les consommations, proposition qui est majoritairement acceptée par les personnes jouissant d'un faible revenu, et par celles habitant un appartement.

## ● **L'électricité**

Le nombre d'appareils électroménagers ne cesse d'augmenter, ce qui contrebalance le fait qu'ils deviennent de plus en plus efficaces. Les caractéristiques des appareils électriques influencent largement les consommations électriques des ménages. Les électroménagers les plus efficaces consomment environ 40 % à 60 % de moins que les électroménagers classiques. En prenant le comportement des personnes vis-à-vis de l'éclairage comme base d'un comportement général (rappelons que l'éclairage représente une assez petite part de la consommation électrique comparée aux appareils 'électro-thermiques' comme les taques de cuisson électriques, les lave-linge, les sèche-linge ou les lave-vaisselle), l'étude met en évidence les comportements suivants.

Seulement le quart des personnes interrogées affirment éteindre les lampes chaque fois qu'elles quittent un local, même pour cinq minutes, et 42,5 % ne le font jamais. On ne constate pas de différences appréciables selon les variables telles que les régions ou le type de constructions. Par contre, le revenu, la taille du ménage ou l'âge ont une influence significative : près de 50 % des personnes à bas revenus admettent ne jamais éteindre la lampe derrière eux, contre 37 % pour les revenus élevés. Les personnes vivant seules et les personnes plus âgées ont également moins tendance à éteindre la lampe lorsqu'elles quittent un local. Il faut également noter que la première réponse à la question de savoir à quel aspect énergétique les personnes font le plus particulièrement attention est l'éclairage (qui ne représente pas un grand volume de consommations électriques).

L'étude montre que le Belge possède en moyenne cinq appareils domestiques électriques (un lave-linge, un séchoir, un frigo, un four et un lave-vaisselle) et quatre consacrés à l'information et à la communication (radio, télévision, lecteur DVD, ordinateur, console de jeux). Le nombre d'appareils décroît avec l'âge et augmente avec la taille du ménage, et donc corollairement avec la taille du logement.

57,8 % des Wallons possèdent au moins un appareil électroménager de classe A ou B, la Wallonie présentant un score légèrement inférieur à la moyenne Belge de 62 %. Cette proportion est plus importante pour les maisons que pour les appartements, ainsi que pour les personnes possédant un revenu plus élevé.

On constate que la majorité des personnes possèdent leur propre machine à lessiver, et 80 % des gens l'utilisent une fois par semaine au moins. Les personnes vivant dans des appartements présentent cependant un score plus faible, tant pour les lave-linge, que pour les sèche-linge et les lave-vaisselle. Il en va de même pour les personnes isolées et celles à faible revenu. L'utilisation des différents appareils est plus fréquente en Flandre qu'en Wallonie.

Une autre pratique corrélée à la consommation électrique est la mise en veille de certains appareils électrique, comme la télévision, l'ordinateur etc. Il apparaît que tout le monde ne connaît pas la différence entre la mise la mise en veille et l'extinction d'un appareil et que certains utilisent le mode veille sans en avoir conscience. 81 % des personnes interrogées

savent pourtant qu'un appareil en veille consomme de l'électricité. En ce qui concerne la télévision, appareil très répandu puisque seulement 1 % de la population n'en possède pas, on peut dire qu'en moyenne 32 % des Wallons laissent toujours leur télévision en mode veille s'il ne la regarde pas, que 16 % de ces derniers la laissent parfois et que 34 % ne la laissent jamais en veille.

80 % des personnes interrogées déclarent être pleinement d'accord d'utiliser l'énergie renouvelable. Cependant, différents obstacles freinent cette évolution, principalement des obstacles financiers ou des carences du niveau de connaissances. Investir plus dans des appareils consommant moins d'énergie semble bien accepté par la population, à raison de 70 % environ. Mais cela reste conceptuel dans la mesure où peu de gens reconnaissent que la consommation des appareils fasse partie des critères d'achat. Les habitudes sont aussi très présentes, et seulement 11 % des personnes accepteraient de ne pas utiliser de séchoir.

### 6.3 La représentation sociale

La corrélation entre revenu et consommation énergétique a été mise en évidence par de nombreux auteurs. Comme énoncé ci-dessus, d'une part les consommations des locataires sont en moyennes inférieures à celles des propriétaires, et d'autre part les ménages qui disposent des revenus les plus élevés consomment le plus d'énergie. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cet état de fait, comme le type (maison versus appartement) et la surface du logement (les logements les plus vastes sont souvent ceux des propriétaires).

Les ménages aux revenus élevés remplacent ou rénovent plus souvent les équipements et le logement. Les bas revenus sont donc susceptibles d'habiter les logements dont les déperditions de chaleur sont importantes, et font face au manque d'information et de moyens. Répondre aux besoins de ce groupe de population permettrait de concilier enjeux sociaux et environnementaux.

Les motivations conduisant à des pratiques réduisant l'énergie sont multiples. Les résultats obtenus concernant la principale motivation invoquée par les participants à l'enquête sont les suivants :

- Éducation : 8,7 %
- Raisons économiques : 14,7 %
- Sentiments de responsabilité collective : 17,7 %
- Protection de l'environnement : 28,8 %
- Contre le gaspillage : 24,8 %
- Intérêt pour les nouvelles technologies : 24,8 %
- Aucune motivation : 0,6 %

### 6.4 Évaluation du niveau de connaissance

Selon une étude menée en 2003 par Boardman et Palmer, la majorité des gens ne se sentent pas concernés par les changements climatiques, ou trop peu, et le niveau de connaissance concernant les émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est insuffisant. De plus, la confusion entre les différentes notions comme la couche d'ozone ou la pollution et les émissions de gaz à effet de serre est assez répandue. Cette prise de conscience est cependant en évolution ces dernières années et la médiatisation de plus en plus importante de la question climatique y est pour beaucoup.

On constate que le niveau de connaissance augmente avec le revenu et avec la taille du ménage. Les ménages habitant des maisons « 4 façades » ont une meilleure connaissance des problèmes environnementaux. La relation entre le niveau de connaissance et la mise en pra-

tique d'actions visant à réduire la consommation d'énergie mérite qu'on l'approfondisse. Les personnes possédant un grand nombre d'appareils électriques ont le plus haut niveau de connaissance sur les consommations de ces appareillages électriques (nombre d'appareils et utilisation), mais la mise en pratique de ces connaissances théoriques est rarement faite. La connaissance n'est donc pas suffisante à elle seule pour changer les habitudes de vie, et la majorité des gens restent préoccupés par le quotidien, sans réaliser le confort et le luxe inhérent atteint dans les pays développés. On remarque que peu de liens sont établis entre changements climatiques et consommation d'eau chaude sanitaire, température ambiante ou ventilation. Par contre, la relation avec la diminution de température pendant les absences est plus présente. La même constatation peut-être faite en ce qui concerne les énergies renouvelables : une meilleure connaissance de l'existence et de l'utilisation des énergies renouvelables n'est pas associée aux pratiques visant à économiser l'énergie. Par ailleurs, les mesures de déductions fiscales associées aux économies d'énergie ne sont pas connues de toute la population, dans certains cas la moitié des personnes interrogées n'en sont pas informées. Il est à noter que les plus bas revenus qui ne payent pas ou peu d'impôts sont peu concernés par ces mesures.

## 6.5 Choix résidentiels et acceptabilité des mesures

Les choix résidentiels influencent considérablement les consommations énergétiques. La localisation et les critères qui y sont liés comme la densité, l'orientation constituent des facteurs clés. Les caractéristiques du bâtiment comme le nombre de façades, la superficie par habitant, la compacité, constituent un deuxième volet de variables importantes. Ces aspects résultent de choix à long terme de la part des habitants, mais sont également influencés par les politiques d'aménagement du territoire. La source énergétique et l'utilisation quotidienne de cette dernière complète cette liste de paramètres importants. L'acquisition d'un logement et dans une moindre mesure sa location sont des choix à long terme qu'il semble difficile de modifier aisément. Par contre, les frais de chauffage et de transports peuvent être considérés comme frais variables sur lesquels le « sentiment de contrôle » est plus important. De façon générale, les améliorations techniques sont préférées aux mesures visant les changements de comportements, en particulier parmi les ménages à hauts revenus. De plus, les mesures relatives à la consommation énergétiques des logements sont préférées aux politiques visant à modifier les habitudes en matière de transport comme celles visant à réduire l'utilisation des véhicules individuels.

## 6.6 Conclusions

Les différents résultats de l'étude démontrent que l'intérêt collectif pour l'environnement est assez largement partagé en Belgique, mais beaucoup de personnes pensent que les solutions doivent venir d'un autre groupe que le leur. On peut aussi constater qu'une bonne connaissance des problèmes environnementaux n'est pas synonyme d'un fort investissement environnemental. D'autres facteurs que la connaissance interviennent également, et les habitudes et actions forment un système complexe où le paraître, le statut social jouent un rôle crucial.

La principale raison qui retient les gens d'investir dans leur maison pour réduire les dépenses énergétiques est la peur de perdre leur confort. L'impression de réaliser une action insignifiante et la limitation financière des ménages interviennent également dans le manque de prise de décision que l'on constate à l'heure actuelle.

Les ménages auraient une idée assez vague de l'utilisation de l'énergie des différents secteurs, surestimant l'énergie utilisée par l'industrie et sous-estimant celle utilisée par les ménages et le transport. De plus ils connaîtraient peu la consommation respective et les coûts financiers et environnementaux de leurs différents usages énergétiques (chauffage, eau chaude sanitaire et électricité). Au-delà de la diffusion d'information, qui semble nécessaire, un travail de sensibilisation est également nécessaire dans la mesure où la consommation énergétique est encore trop souvent considérée comme un signe de richesse.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> Scientific Support Plan for a Sustainable Development Policy (SPSD II), La consommation d'énergie dans le secteur résidentiel : facteurs socio-techniques SEREC, Belgian Science Policy, janvier 2006

### LECTURES COMPLÉMENTAIRES ET BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALITÉS

- NBN EN 15251, Critères d'ambiance intérieure pour la conception et évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, la thermique, l'éclairage et l'acoustique, 2007

### LECTURES COMPLÉMENTAIRES ET BIBLIOGRAPHIE CONFORT THERMIQUE ET VENTILATION

- ARCHITECTURE ET CLIMAT, Énergie+, [www.energieplus-lesite.be](http://www.energieplus-lesite.be), Louvain-la-Neuve, 2010
- LUCIEN FEBURE, La sensibilité et l'histoire, Annales d'Histoire Sociale, 1941
- BÉATRICE FONTANEL, Nos maisons du moyen âge au xx<sup>e</sup> siècle, Seuil, 2010
- ADELIN GUERRIAT, Maisons passives, Hommes-Habitat-Environnement, l'Inédite, 2008
- NBN D50-001, Dispositifs de ventilation dans les bâtiments d'habitations, 1991
- NIT192 : La ventilation des habitations, 1<sup>re</sup> partie : principes généraux, CSTC, 1994
- NIT 203 : La ventilation des habitations, 2<sup>e</sup> partie, mise en œuvre et performances des systèmes de ventilation
- NBN EN 62-002 : Performances thermiques de bâtiments - Calcul des coefficients de transmission thermique (valeurs U) des composants et éléments de bâtiments - Calcul des coefficients de transfert de chaleur par transmission (valeur HT) et par ventilation (valeur Hv), 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE00 - problématique et enjeux de l'Énergie, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, IBGE, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE02 - développer une stratégie du chaud, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE03 - développer une stratégie du froid, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, 2008
- MATRICIEL, ARCHITECTURE ET CLIMAT UCL, Projet Reloso, Étude pour le nouveau du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, chapitre 6 Assurer le confort thermique d'été, 2009
- MINISTÈRE DE LA RÉGION WALLONNE (MRW), DIRECTION GÉNÉRALE DES TECHNOLOGIES, DE LA RECHERCHE ET DE L'ÉNERGIE, Guide pratique de la ventilation naturelle des habitations, 2002
- MINISTÈRE DE LA RÉGION WALLONNE (MRW), DIRECTION GÉNÉRALE DES TECHNOLOGIES, DE LA RECHERCHE ET DE L'ÉNERGIE, Guide pratique de la ventilation mécanique des habitations, 2004

### LECTURES COMPLÉMENTAIRES ET BIBLIOGRAPHIE CONFORT VISUEL

- REITER, S. et DE HERDE A., L'éclairage naturel des bâtiments, Ministère de la Région Wallonne, 2001
- NBN EN 15193, Performances énergétiques des bâtiments – Exigences pour l'éclairage, 2007
- MATRICIEL, ARCHITECTURE ET CLIMAT UCL, Projet Reloso, Étude pour le nouveau du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, chapitre 5 Assurer le confort visuel, 2009

### LECTURES COMPLÉMENTAIRES ET BIBLIOGRAPHIE POLLUTION INTÉRIEURE

- DEOUX, S. et P., L'écologie c'est la santé, Éditions Frison-Roche, Paris, 1993
- ROULET, C.-A., Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2004
- DE CUYPER, K., Maîtrise de la légionelle : quelle longueur pour le branchement en amont du robinet ?, CSTC, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : CSS07 - Assurer la qualité de l'air ENE23 in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, IBGE, 2008

- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : CSS08 - Limiter les sources de pollution intérieure : pollution chimique et physique in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, IBGE, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : CSS09 - Colles et peintures : tenir compte de leur impact sur la santé et sur l'environnement in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, IBGE, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : CSS10 - Traitements du bois : tenir compte de leur impact sur la santé et l'environnement in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, IBGE, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : CSS11 - Limiter les sources de pollution intérieure : biocontaminants in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, IBGE, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : CSS12 - Limiter les sources de pollution intérieure : pollution magnétique, IBGE, 2008
- Belgian Bio Electro Magnetic Group (BBEMG), s'intéresse particulièrement aux effets des champs électriques et d'induction magnétique générés par le transport et l'utilisation de l'énergie électrique dans notre vie quotidienne ou sur notre lieu de travail
- Outil SQuATte, Bruxelles Environnement-IBGE, [www.bruxellesenvironnement.be](http://www.bruxellesenvironnement.be), SQuATte est un outil dynamique dont l'objectif est de vous faciliter la tâche lorsque vous voulez mettre en relation un problème de santé et les polluants intérieurs qui peuvent en être l'origine.

#### **LECTURES COMPLÉMENTAIRES ET BIBLIOGRAPHIE CONFORT ACOUSTIQUE**

- La nouvelle norme NBN S 01-400-1, Critères acoustiques pour les immeubles d'habitation, 2007
- IEA SHC TASK 37, Sophie Trachte-André De Herde, Advanced and sustainable housing renovation - A guide for designers and planners - SHC Program Task 37, 2010 - Service public de Wallonie - Département de l'énergie

#### **LECTURES COMPLÉMENTAIRES ET BIBLIOGRAPHIE CADRE DE VIE**

- COOPARCH-RU, L'introduction de critères de développement durable lors de l'élaboration de plans d'aménagement, 2007
- DEVILLERS, C., HAUMONT, A., NAPPI-CHOULET, I., WARNIER, B., SALLETZ, A., Formes d'habitat et densités urbaines : Quelles opportunités pour la ville de demain, Observatoire de la Ville, 2007
- OBSERVATOIRE DE LA VILLE, Réflexions et proposition du comité d'experts de l'observatoire de la ville : Formes d'habitat et densité urbaines, Risques et opportunités pour les villes de demain, Observatoire de la Ville 2007
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : TER01, Offrir des opportunités d'échanges sociaux in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, IBGE, 2008

#### **LECTURES COMPLÉMENTAIRES ET BIBLIOGRAPHIE MOTIVATION DU PUBLIC**

- SCIENTIFIC SUPPORT PLAN FOR A SUSTAINABLE DEVELOPMENT POLICY (SPSD II), La consommation d'énergie dans le secteur résidentiel : facteurs socio-techniques SEREC, Belgian Science Policy, 2006

# CHAPITRE 3 IMPACT ENVIRONNEMENTAL



Source: Wikipedia, domaine public, photo: V. Berger

# 1. PRÉSERVER LES RESSOURCES EN MATIÈRE PREMIÈRE, EN ÉNERGIE FOSSILES ET RÉDUIRE LES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT<sup>1</sup>

## 1.1 Enjeux

Certaines préoccupations environnementales ne sont pas neuves, on relève dans des textes du 16<sup>e</sup> au 17<sup>e</sup> des passages traitant de l'épuisement des ressources en bois, ou encore de la disparition de certaines espèces animales ou végétales.

L'accélération de certains phénomènes à la fin du 20<sup>e</sup> et au début du 21<sup>e</sup> comme l'usage immodéré des ressources et en particulier des énergies fossiles, la dégradation des milieux naturels, le recul de la biodiversité, l'abondance des déchets, rend la prise de mesures urgente. On ne peut donc plus se limiter à diminuer la consommation de l'énergie de fonctionnement des logements (chauffage, préparation d'eau sanitaire, consommation électrique, etc.) ; la démarche doit être plus globale et intégrer l'impact de l'utilisation des matériaux de construction sur les ressources disponibles et sur l'environnement.

### ● **Réhabiliter les bâtiments existants procède de la logique du recyclage**

Entreprendre des travaux de transformation pour faire en sorte que les logements existants répondent aux nouvelles exigences de confort, de performance et d'équipement, permet de faire l'économie de l'énergie et des matériaux nécessaires à une démolition reconstruction.

Rénover le bâti ancien et réaffecter les bâtiments déclassés ou inoccupés permet aussi d'éviter de lotir des terrains agricoles requalifiés en zones de logements. Cette stratégie entraîne aussi l'économie de construction d'infrastructure routière et de différents réseaux de distributions d'impétrants.

### ● **Pratiques de rénovation et performances énergétiques**

Les pratiques de rénovation permettent de limiter le volume des matériaux mis en œuvre et celui des matériaux à mettre en décharge ou à recycler, puisque seul une partie des ouvrages fera l'objet de réfections ou de transformations, les autres étant conservés.

L'amélioration de la performance énergétique des logements anciens repose principalement sur la transformation de leur enveloppe. L'importance des travaux à entreprendre dépendra du niveau de performance à atteindre et de la typologie architecturale et constructive du bâtiment existant. Ces deux critères influenceront le volume et la masse des matériaux qui devront être mis en œuvre. Il reste à définir les types et la qualité de ces matériaux.

## 1.2 Le choix des matériaux de construction

Les concepteurs et dans l'absence de ceux-ci, les différents acteurs de la construction orientent les choix de matériaux en fonction d'une série de critères objectifs de résistance mécanique, de performance thermique, de qualité esthétique, de coût, de facilité de mise en œuvre ou d'entretien. Jusque très récemment, la dimension environnementale du matériau et de son processus de production n'entraîne que très peu en ligne de compte.

On constate pourtant que du point de vue de leur impact environnemental, les différents matériaux de construction ne se valent pas.

<sup>1</sup> Sophie Trachte-André De Herde, Choix des matériaux-Ecobilans de parois - Service public de Wallonie - Département de l'énergie, 2010 - <http://energie.wallonie.be>

## ● Bilan environnemental d'un matériau

Le bilan environnemental d'un matériau ou écobilan se réfère à l'analyse de cycle de vie (ACV) life cycle analysis (LCA) de ce matériau.

« L'analyse de cycle de vie traite des impacts environnementaux potentiels tout au long du cycle de vie d'un produit, de l'acquisition des matières premières à sa production, son utilisation, son traitement en fin de vie, son recyclage et sa mise en rebut »<sup>2</sup>.

**Cette analyse recouvre**

### ✗ Des critères quantifiables

#### ✗ La consommation de ressources énergétiques

**Comptabilisation de toutes les ressources utilisées comme sources d'énergie dans le cycle de vie du produit (énergie grise)**

Pétrole, gaz naturel, charbon, uranium, bois, énergies renouvelables et énergies récupérées. Ces consommations sont exprimées sous forme de flux matière en kg et/ou sous forme de flux énergétique en MJ (Méga joules). La part d'énergie renouvelable issue de ressources non épuisables et celle des énergies récupérées (issues du recyclage par exemple des huiles usagées ou de l'incinération), seront mentionnées par rapport à l'énergie totale consommée.

#### ✗ La consommation de ressources non énergétiques

**Comptabilisation des quantités de matières premières utilisées par le cycle de vie du produit (autres que celles pouvant servir de sources d'énergie)**

On y trouve notamment tous les minerais métalliques et toutes les autres ressources minérales (calcaire, gypse, sable, graviers, argile, etc.) ainsi que toutes autres ressources entrant dans la fabrication du produit.

**Comptabilisation des matières récupérées**

Ce sont les matières premières issues de recyclage. Ces consommations représentent des économies de matières premières pour le produit étudié.

**Indicateur d'épuisement des ressources**

Chaque ressource est qualifiée par un coefficient correspondant à un indice de rareté (l'antimoine a une valeur de 1 par convention). Une valeur supérieure à 1 pour une ressource indique que l'on consomme une ressource plus rare que l'antimoine. Les ressources dont la valeur de l'indicateur est très faible (inférieure à 0,001) sont considérées comme non épuisables à l'échelle de l'humanité. L'indicateur est calculé en faisant la somme pondérée (par les coefficients de rareté) des quantités consommées par le produit pendant tout son cycle de vie. Donc, plus cet indicateur est grand plus le produit « épuise » les ressources. Il s'exprime en kg d'équivalent antimoine.

#### ✗ La pollution de l'environnement

**Comptabilisation des émissions dans l'air**

Toutes les émissions dans l'air directement ou indirectement liées au produit sont comptabilisées, comme les gaz à effet de serre ramenés en équivalent CO<sub>2</sub>, le CO, le SO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub> (Acidification atmosphérique), C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> (indicateurs de formation d'ozone troposphérique), hydrocarbures, COV (composés organiques volatiles), poussières, métaux lourds, etc. Ces émissions sont générées principalement par les transports, les procédés de combustion des énergies fossiles ainsi que par les activités minières.

**Comptabilisation des émissions dans l'eau**

Toutes les émissions dans l'eau directement ou indirectement liées au produit sont mentionnées. On y retrouve des polluants divers (hydrocarbures, métaux lourds, etc.).

**Comptabilisation des émissions dans le sol**

Les rejets directs ou indirects dans le sol, liés au produit, doivent être pris en compte. On y retrouve des polluants divers (hydrocarbures, métaux lourds, etc.). Dans le cadre des inven-

<sup>2</sup> EN ISO 14040: Management environnemental – Analyse de cycle de vie – Principes et cadres, 2006.

taires de cycle de vie, on considère que les émissions dans le sol contribuent à la pollution de l'eau par transfert du sol vers l'eau. Elles sont donc comptabilisées, pour l'essentiel, dans les émissions dans l'eau pour ne pas être comptabilisées deux fois.

#### ✘ **La production de déchets**

##### **Quantification de la production de déchets**

Quantification de tous les déchets, par catégorie réglementaire, qui sont éliminés. Ils sont classés conformément à la classification européenne des déchets : déchets dangereux, déchets non dangereux et déchets inertes.

##### **Quantification de la production de déchets valorisés**

Quantification de tous les déchets, par nature (métal, plastique, biomasse, etc.) qui sont générés par le cycle de vie du produit mais qui sont récupérés (recyclés ou encore valorisés). Si le produit, en fin de vie est utilisé comme matière première (secondaire) dans un autre cycle de vie, il sera comptabilisé (par exemple les gravats de béton utilisés en technique routière). Les déchets valorisés (recyclés ou réutilisés) en interne (par exemple, chutes ou casse de fabrication d'un produit réintroduits dans la fabrication de ce même produit) ne sont par contre pas pris en compte. Le recyclage conduit à une économie de matières premières, prise en compte dans la quantification des entrants et des sortants.

#### ✘ **Des critères non quantifiables**

##### ✘ **L'impact sur le paysage**

La production de certains matériaux dégrade les environnements naturels. C'est le cas de l'exploitation du bois, qui peut entraîner la déforestation quand elle n'est pas gérée de manière durable, c'est aussi le cas de certaines exploitations de roche ou de minerais. Ces impacts sont difficilement quantifiables à l'échelle d'un matériau.

##### ✘ **L'impact sur la biodiversité**

La biodiversité est la diversité biologique (quantité et variété des espèces vivantes) appréciée à l'échelle d'un écosystème qu'il soit local ou planétaire. Pour cet impact, il n'existe aucun indicateur quantitatif à l'échelle d'un produit. L'impact sur la biodiversité est la résultante de nombreux autres impacts cités précédemment et ne peut être appréhendé simplement au niveau d'un produit.

##### ✘ **L'impact sur la santé humaine**

###### **Des polluants présents dans l'environnement**

Les polluants ont un impact sur la santé humaine, principalement sur les pathologies respiratoires et cardio-vasculaires pour la pollution de l'air et sur la sécurité alimentaire pour les pollutions des sols et des eaux.

###### **Des substances présentes dans les matériaux de construction mis en œuvre**<sup>3</sup>

Ce domaine est complexe et une évaluation complète nécessiterait

- Des données scientifiques de l'impact sur la santé par l'exposition à des polluants multiples, en fonction des concentrations, du temps d'exposition, et de leurs interactions éventuelles.
- Des données techniques sur la composition des matériaux, la concentration et la durée des émissions éventuelles, en fonction du contexte hygrothermique.

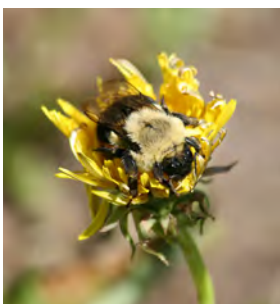
Les émissions primaires, issues des composants du matériau, sont importantes juste après la fabrication, diminuent de 60 à 70 % au cours des 6 premiers mois et disparaissent généralement après 1 an de mise en œuvre.

Les substances toxiques couramment utilisées sont les métaux lourds, les biocides et fongicides, certains solvants (toluène, benzène, xylène), les COV (composés organiques volatiles) dont le formaldéhyde, et certains additifs ignifuges et retardateurs de flamme.

Domaine public, photo Jami Dwyer



Domaine public, image After



Domaine public



<sup>3</sup> Voir aussi chapitre 2 p. 39-42

Les personnes les plus exposées à ces substances et aux émissions de ces substances sont les travailleurs impliqués dans le processus de fabrication et lors de la mise en œuvre des matériaux sur chantier, les habitants viennent en deuxième ligne.

### ● Diminuer l'impact environnemental des matériaux utilisés

L'ensemble des points qui suivent doivent tenir compte de la durée de vie des matériaux et éléments mis en œuvre. Ainsi, il faut favoriser les matériaux qui nécessitent peu d'entretien et peu de remplacement sur la durée de vie du bâtiment. Par exemple, un matériau peut avoir un impact environnemental faible, mais s'il doit être remplacé tout les 20ans, in fine avoir un impact environnemental élevé !

#### ✕ Limiter la consommation de ressources naturelles énergétiques

Pour limiter l'énergie grise d'un bâtiment, on choisit de préférence des matériaux dont le processus de fabrication est peu énergivore, et dont la provenance est peu éloignée.

Les matériaux nécessitant des processus de fabrication à haute température ou de longs temps de cuisson (métaux, terres cuites, verre, etc.) ou encore, des matériaux dont le processus de fabrication nécessite de grandes quantités d'énergie électrique (aluminium, aciers spéciaux, etc.) sont à éviter ou à utiliser en faible quantité ou quand ils sont issus de filières de recyclages.

#### ✕ Limiter la consommation de ressources non énergétiques

##### Limiter les quantités de matières premières utilisées

Favoriser l'utilisation des matériaux fabriqués à base de matières premières renouvelables sur les périodes les plus courtes possible (bois, végétaux) pour éviter l'épuisement des matériaux non renouvelables (pierre, métaux non recyclés, matériaux dérivés du pétrole,...)

##### Utilisation de matières récupérées

Favoriser la mise en œuvre de matériaux à base de produits recyclés.

##### Limiter les quantités d'eau utilisée

Favoriser la fabrication et la mise en œuvre de matériaux qui consomment peu d'eau (construction sèche).

#### ✕ Limiter la pollution de l'environnement

##### Limiter les émissions dans l'air, l'eau et les sols

- Favoriser l'utilisation de produits locaux permettant de limiter la pollution atmosphérique due au transport.
- Proscrire les matériaux dont le procédé de fabrication est particulièrement polluant.
- Utiliser du bois, s'il provient de forêts gérées durablement, permet de stocker le CO<sub>2</sub> absorbé par les arbres et a donc un impact positif sur les émissions de CO<sub>2</sub> et par extension sur beaucoup d'autres polluants atmosphériques.
- Favoriser les matériaux produits par des entreprises et des usines appliquant une politique d'utilisation rationnelle de l'énergie, une politique de limitation d'émission de polluants et utilisant des énergies renouvelables.

#### ✕ Limiter la production de déchets

- Réaliser des plans et métrés précis pour une évaluation facile de la matière à mettre en œuvre.
- Favoriser la préfabrication, qui permet une meilleure rationalisation des matériaux.
- Favoriser les matériaux en vrac qui permettent d'éviter les chutes de découpe.
- Organiser un tri des déchets de chantier et une évacuation vers les filières de recyclage existantes.
- Favoriser les assemblages mécaniques en lieu et place de colles qui permettront le tri en fin de vie.
- Préférer l'utilisation de matériaux recyclables.



Domaine public



Domaine public



Domaine public, photo A. Palmer



Domaine public, photo Frugio

× **Limiter l'impact sur le paysage et sur la biodiversité**

- Utiliser du bois provenant de forêts correctement gérées (labels FSC, EPFC ou forêts Wallonne, etc.).
- Créer des substrats à la biodiversité intégrés dans les projets de rénovation de bâtiments. Préservation et création d'espaces verts, de jardins, de micro agriculture urbaine <sup>4</sup> et d'aménagement de toitures vertes intensives ou extensives.
- Préférer la densification de l'habitat existant plutôt que son extension. Construire un étage supplémentaire à un bâtiment existant plutôt que de construire une annexe sur un jardin.

× **Limiter l'impact sur la santé humaine**

- Privilégier les matériaux dits naturels, présentant le moins de dangers pour la santé possible, c'est-à-dire le moins d'additifs de synthèse dont les effets à long terme ne sont pas ou mal connus et ce surtout pour les finitions intérieures directement en contact avec les habitants.
- Privilégier les fixations mécaniques plutôt que les colles.
- Prévoir une ventilation correcte des espaces intérieurs.

### 1.3 Outils existants en termes d'évaluation environnementale des matériaux de construction <sup>5</sup>

Depuis quelques années, le secteur de la construction est confronté à des labels et des déclarations concernant l'impact environnemental des produits. Face à cette multitude d'informations, il n'est pas toujours aisé de savoir à quoi font référence les différents labels ou déclarations et quelle est leur vraie valeur. Afin de remédier à cette difficulté, des normes internationales ont été créées, notamment pour fixer des mesures en matière de qualité et de contrôle des données et pour permettre l'homologation de labels environnementaux mis au point à l'étranger. Il existe aujourd'hui de nombreux labels écologiques. Certains, dits généraux, s'attachent un ensemble assez large de matériaux ; d'autres, dits spécifiques, sont liés à un seul type de matériaux.

× **Les Labels**

Les labels sont des déclarations environnementales de type 1 qui suivent la norme ISO 14020, élaborée en 2000. Les labels présentés ici sont les plus connus et les plus intéressants. Ce sont tous des labels de qualité, contrôlés par différents organismes de certification. Ils sont basés sur des évaluations multicritères intégrant des aspects liés à l'environnement, à la santé et aussi aux performances techniques.

× **Labels généraux**

- L'**Ecolabel européen** ([www.ecolabel.be](http://www.ecolabel.be)) - Union Européenne 1993. 1500 produits non alimentaires, basé sur une ACV (LCA), contrôle en laboratoire, contrôle indépendant, accent sur environnement, santé et contexte social. Exemple : peinture, vernis, produits d'entretien.
- Le label **Natureplus** ([www.natureplus.org](http://www.natureplus.org)) - Allemagne 2001 (en Belgique VIBE). 150 produits et matériaux de construction, basé sur une ACV (LCA), contrôle en laboratoire, contrôle indépendant, accent sur environnement, santé et contexte social. Exemple : isolants thermiques, panneaux de bois, matériaux de gros-oeuvre.
- Le label **NF Environnement** ([www.marque-nf.com](http://www.marque-nf.com)) - France 1991. 250 référentiels de certification, contrôle indépendant, accent sur environnement et santé. Exemple : peinture, vernis et matériaux de parachèvement.



<sup>4</sup> <http://villesentransition.net/>

<sup>5</sup> Branders Aline - Architecture et climat. Vers des enveloppes durables, Master of advanced studies (MAS) en architecture et développement durable, septembre 2009.

- Le label **Der Blaue Engel** ([www.blauer-engel.de](http://www.blauer-engel.de)) - Allemagne 1976.  
3 700 produits, 67 catégories, basé sur une ACV (LCA), contrôle en laboratoire, contrôle indépendant, accent sur environnement et santé.  
Exemple : peinture, vernis, panneau de bois, châssis, revêtements de murs et de sol.
- Le label **Milieukeur** ([www.milieukeur.nl](http://www.milieukeur.nl)) - Pays-Bas 1992.  
350 produits, 150 basés sur une ACV (LCA), contrôle indépendant, accent sur environnement et santé.  
Exemple : peinture, vernis, chapes, revêtements de murs et de sol.
- Le label **Nordic Swan** ([www.svanen.nu/eng](http://www.svanen.nu/eng)) - Pays Scandinaves 1989.  
852 produits, 67 catégories, basé sur une ACV (LCA), contrôle en laboratoire, contrôle indépendant, accent sur environnement et santé.  
Exemple : peinture, vernis, panneau de bois, châssis, revêtements de murs et de sol.

La majorité de ces labels sont comparés et présentés en détail sur le site [www.infolabel.be](http://www.infolabel.be). Des informations précises peuvent aussi être obtenues sur les sites spécifiques de chacun des labels.

#### × **Labels spécifiques**

- Les labels **FSC** (Forest Stewardship Council), USA 1993, [www.fsc.org](http://www.fsc.org) et **PEFC** (Pan European Forest Certification), 1999, qui deviendra (Programme for the Endorsement of Forest Certification) en 2003, [www.pefc.org](http://www.pefc.org).  
Ces labels s'attachent au bois et aux produits dérivés du bois. Les exigences du label FSC sont plus poussées que celles du label PEFC. L'attribution du label FSC se base sur un engagement et une pratique déjà concrétisés par des choix de gestion forestière et par un plan de gestion et traçabilité, tandis que le label PEFC est accordé sur base d'un simple engagement. De plus, le Label FSC peut être utilisé uniquement lorsque le produit est composé à 100 % de matériels certifiés FSC alors que le label PEFC peut être utilisé si le produit contient au moins 70 % de bois certifié PEFC.
- Le label **GUT** ([www.gut-ev.de](http://www.gut-ev.de)). Ce label est lié aux tapis plains et aux moquettes. Ce label garantit que certains polluants comme le chlorure de vinyle, le butadiène, le formaldéhyde ou les CFC n'ont pas été utilisés lors de la fabrication des textiles ou que leur présence est inférieure au seuil de détection. Il garantit également que les valeurs limites fixées par la réglementation européenne pour un certain nombre de polluants sont respectées.

#### × **Les déclarations environnementales établies par les producteurs et distributeurs**

Il s'agit de déclarations environnementales de type 2, la norme ISO 14021 précise les exigences auxquelles elles doivent satisfaire.

Ces déclarations sont établies directement par le producteur ou le distributeur du produit. Aucune vérification n'étant effectuée par une tierce partie. Ces déclarations environnementales sont généralement vagues et peu fiables.

#### × **Les déclarations environnementales EPD**

Déclarations EPD (Environmental Product Declaration) ou déclaration environnementales de type 3, cadrées par la norme ISO 14025.

Il s'agit de fiches d'information dans lesquelles le producteur ou le distributeur fournit des données quantitatives standards liées à l'impact environnemental des produits pendant l'entièreté de leur cycle de vie.

Ces données reposent principalement sur une analyse de cycle de vie ACV (LCA) réalisée selon les normes ISO 14040 et sont contrôlées par un organisme indépendant. Les fiches peuvent aussi comporter d'autres renseignements ne découlant pas d'une analyse de cycle



de vie, comme des informations sur certains composants ou performances du produit. Elles fournissent les données environnementales d'un matériau sur l'ensemble du cycle de vie. Elles ne garantissent en rien que le matériau est favorable à l'environnement ou à la santé, l'analyse et le jugement appartient au prescripteur.

Certaines de ces bases de données EPD sont accessibles sur Internet comme la banque de données néerlandaise **MRPI** (Milieu Relevante Product Informatie) [www.mrpi.nl](http://www.mrpi.nl) ou anglaise **BRE** (Building Research Establishment) [www.bre.co.uk](http://www.bre.co.uk)

Retenons que les bases de données qui semblent les plus adaptées au secteur de la construction en Wallonie sont les bases de données françaises **INIES** ([www.inies.fr](http://www.inies.fr)) et suisse **SIA** ([www.sia.ch](http://www.sia.ch)) puisqu'elles sont disponibles en langue française et décrivent des produits pour la plupart disponibles et utilisés sur notre marché de la construction.

### ✘ Les outils de type « Check-list »<sup>6</sup>

Les outils du type check-list sont les plus répandus et sont relativement faciles à utiliser.

Il s'agit d'une liste de critères environnementaux auxquels est associé un système de cotation. Un facteur de pondération est introduit pour chaque critère et additionné pour donner un résultat final. Ce score obtenu pour un matériau, une paroi, permet de donner une appréciation de type « à recommander en priorité », « à recommander », « acceptable », « à déconseiller », « à proscrire ».

La pondération définie dans le système de check-list implique un choix dans l'ordre d'importance dans les nuisances environnementales. Chaque check-list aura son accent ou sa coloration, certaines accorderont une plus grande importance aux émissions de gaz à effet de serre, d'autres à l'impact sur la santé humaine des matériaux de construction.

- Norme **NIBE** (Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie) [www.nibe.org](http://www.nibe.org)  
Pays-Bas 2002, documents payants.  
Accent sur environnement, santé, épuisement des ressources et destruction de paysages.
- Outils **ECOBAU**, fiches CFC (Code de Frais de Construction), ECO-devis  
Suisse, documents téléchargeables sur le site internet [www.eco-bau.ch](http://www.eco-bau.ch).  
Accent sur impact énergétique et environnemental.
- Outils **Passivhaus Bauteilkatalog IBO** (Institut für Baubiologie und Ökologie)  
Autriche, documents téléchargeables sur le site internet <http://www.baubook.at/phbtk/>  
Accent sur impacts énergétiques et environnementaux.
- **Green Guide to Housing Specifications** BRE (Building Research Establishment)  
[www.bre.co.uk](http://www.bre.co.uk), Angleterre, documents payants.  
Accent sur impacts énergétiques et émissions de gaz à effet de serre.
- **Leitfaden für nachhaltiges Bauen und Renovieren**  
**Directives pour construire et rénover de manière durable**  
CRTE (Centre de Ressources des Technologies pour l'Environnement)  
Luxembourg, documents téléchargeables sur le site internet  
<http://www.crtib.lu/Leitfaden/content/FR/111/C538/>  
Accent sur impact énergétique, sanitaire et gestion des déchets

<sup>6</sup> Concernant les informations sur les outils de type "check-list" et des logiciels ACV-LCA, plusieurs descriptifs ont été repris des présentations de Sébastien Breels et de Sophie Trachte/Aline Branders de la "Formation au choix écologique des matériaux de construction" proposée par l'Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement (IBGE). Ces présentations sont disponibles sur le site Internet de l'IBGE <http://www.bruxellesenvironnement.be/Templates/Professionnels/informer.aspx?id=3430&detail=tab1>.

## ✕ Les outils de type « ACV-LCA »

Ces outils visent à fournir une évaluation complète des impacts environnementaux et des impacts sur la santé au travers d'un ensemble de critères. L'évaluation fait appel à des bases de données de matériaux reprenant tout leur cycle de vie (du berceau à la tombe - from cradle to grave) et pour d'autres sur une section du cycle de vie (du berceau à la porte (du chantier) - from cradle to gate) ou encore en incluant le recyclage (du berceau au berceau - from cradle to cradle). Ces outils se présentent généralement sous la forme de logiciels qui utilisent des bases de données complètes de matériaux, les modes de fabrication et les ressources nécessaires et cela tant au niveau de la mise en œuvre (construction du bâtiment) qu'au niveau de son utilisation (gestion, entretien, maintenance). Ces logiciels permettent généralement de comparer les impacts de parois complexes et de faire des bilans détaillés d'éléments de construction à l'image de logiciels d'élaboration de métrés et de cahier des charges dans le monde de la construction.



- **Be\*ACV** ([www.beacv.be](http://www.beacv.be))  
Belge, documents téléchargeables sur le site internet  
Développé par la Plateforme Maison Passive a.s.b.l. (PMP) comme un outil simple de calcul du bilan énergétique global d'un bâtiment (énergie grise et énergie d'utilisation) et de ses émissions de gaz à effet de serre, du berceau jusqu'à la tombe.
- **Écobilans KBOB** ([www.bbl.admin.ch/kbob](http://www.bbl.admin.ch/kbob))  
Suisse, documents téléchargeables sur le site internet  
Accent sur l'utilisation des ressources énergétiques, de l'eau douce, des émissions (air, eau et sol) et de l'élimination des déchets.  
L'évaluation globale est convertie en Ecopoints UPB<sup>7</sup> : plus les écopoints sont élevés, plus la charge environnementale est importante.
- **CATALOGUE CONSTRUCTION** ([www.catalogueconstruction.ch](http://www.catalogueconstruction.ch))  
Suisse, documents téléchargeables sur le site internet  
Accent sur l'énergie grise, les émissions de gaz à effet de serre, intègre les points UPB (cf. KBOB)
- **ECO-BAT** ([www.ecobat.ch](http://www.ecobat.ch))  
Suisse, logiciel intégré payant  
Les résultats sont présentés de manière détaillée sous forme numérique et graphique.  
Le logiciel utilise deux bases de données de matériaux : ECOINVENT et KBOB
- **ECOSOFT** ([www.ibo.at](http://www.ibo.at))  
Autriche, logiciel en allemand payant (prix démocratique)  
Ce logiciel se présente sous forme d'un tableur Excel qui permet de composer différents types de parois et d'analyser leurs impacts environnementaux.  
Le logiciel utilise la base de données ECOINVENT et des déclarations environnementales de fabricants contrôlées par IBO (Institut für Baubiologie und Ökologie).

## ✕ Conclusions

**Les labels** permettent d'identifier et de prescrire des matériaux dont l'impact est moins important sur la santé humaine et sur l'environnement. C'est une démarche relativement simple, même si le coût des matériaux labélisés est souvent plus élevé sans que l'on sache dans quelle mesure il est justifié. Les labels ne permettent pas ou très difficilement la comparaison des matériaux entre eux en vue de déterminer le maître achat.

Le label Natureplus semble être à l'heure actuelle le label le plus exigeant. Il est intéressant notamment parce que les fabricants doivent obligatoirement présenter une analyse de cycle de vie pour pouvoir certifier leurs produits. Il a toutefois l'inconvénient d'être assez cher.

<sup>7</sup> Pour de plus amples informations sur la méthode de calcul des points UPB, voir : Frischknecht R, Steiner R, Braunschweig A, Egli N, Hildesheimer G., Swiss ecological scarcity method : the new version 2006, Uster, Switzerland, ESU- Services, 2006.

Les petits producteurs ne peuvent pas toujours payer la certification même si leurs produits remplissent toutes les conditions requises.

**Les déclarations environnementales EPD** permettent d'avoir une meilleure idée des caractéristiques environnementales d'un matériau et de commencer à le comparer à d'autres. La comparaison est fastidieuse et ne permet souvent pas de trancher de manière claire puisque les différents critères pris en considération ne sont ni normalisés, ni hiérarchisés.

**Les outils de type « check-list »** permettent de comparer des matériaux du point de vue de leur impact environnemental. Chaque outil arrive à des résultats différents en fonction des pondérations qui sont opérées dans les fiches ou au niveau du logiciel. Certains outils permettent de composer des parois de plusieurs matériaux pour pouvoir présenter un bilan global d'un bâtiment au lieu de comparer simplement des matériaux entre eux. Il devient donc possible de comparer des projets ou des variantes de projets de bâtiment entre eux au sein d'un même système de référence.

Les outils de la norme NIBE sont parmi les plus utilisés en Flandre à travers l'association VIBE (Vlaams Instituut voor Bio-Ecologisch Bouwen en Wonen). L'IBGE (Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement) a choisi cet outil pour évaluer l'impact des matériaux des projets participant au concours des bâtiments exemplaires du point de vue énergétique et environnemental.

**Les outils de type « LCA-ACV »** dans leur grande majorité prennent en compte uniquement les impacts environnementaux les plus facilement quantifiables (énergie grise, gaz à effet de serre et dans certains cas, gaz acidifiants et gaz entraînant la formation d'ozone troposphérique). Très peu d'outils reprennent des critères plus qualitatifs comme l'impact sur la santé, l'utilisation des ressources naturelles, le potentiel de recyclage, etc.

De manière générale, en matière d'analyse de cycle de vie et d'impacts environnementaux de matériaux, les outils anglais et suisses sont actuellement les plus poussés. La plupart des outils basent leurs études à la fois sur la base de données suisse ECOINVENT qui est aujourd'hui la référence en matière d'analyse de cycle de vie et sur des données de fabricants. Le baubook autrichien « Passivhaus Bauteilkatalog » très récemment publié (version papier et sur internet) est également un outil très intéressant puisqu'il présente à la fois des critères de performances « physiques » et des critères « environnementaux » pour chaque type de parois. L'avantage des outils suisses et de l'outil autrichien, outre le fait d'être partiellement, voire totalement gratuit et libre d'accès, par rapport aux outils anglais, vient du fait que ces premiers outils présentent des résultats chiffrés issus d'une base de données accessible dont les limites sont clairement exprimées. Les outils anglais, par contre, présentent une base de données de type « boîte noire inaccessible ». Il n'est dès lors pas possible pour un concepteur de vérifier l'exactitude des résultats obtenus. On notera aussi, que les outils Suisses sont disponibles en langue française.

Intégrer le bilan environnemental des matériaux de construction dans une démarche globale de rénovation n'est pas une démarche très répandue car la plupart des acteurs de la construction (architectes, ingénieurs, entrepreneurs) ne sont pas prêts à investir beaucoup de temps ou d'argent dans des études approfondies sur les impacts environnementaux de leurs projets. La difficulté vient aussi qu'un matériau peut avoir des performances très différentes suivant le critère environnemental envisagé.

Un isolant à base de fibre de bois est caractérisé par une énergie grise importante, mais par contre, son bilan au niveau des émissions de gaz à effet de serre est excellent, faut-il privilégier la préservation des énergies fossiles dans le processus de production ou privilégier le faible taux d'émission de CO<sub>2</sub> ?

Le béton est assez performant point de vue énergie grise, mais consomme une quantité importante d'eau, faut-il privilégier le bilan énergétique ou le bilan en eau ?

Ce sont des questions difficiles à trancher.

On constate en outre que dans les bilans environnementaux l'impact sur la santé est difficilement quantifiable alors que c'est souvent le critère le plus convaincant pour un maître de l'ouvrage qui se sent directement concerné.

## 1.4 Dans la pratique de la rénovation

### × Généralités

Jusqu'à présent les efforts faits pour réduire les consommations d'énergie fossiles et limiter les dommages causés à l'environnement et à la santé humaine, se sont principalement portés sur la réduction des énergies d'utilisation des bâtiments (chauffage, production d'eau chaude sanitaire, électricité domestique).

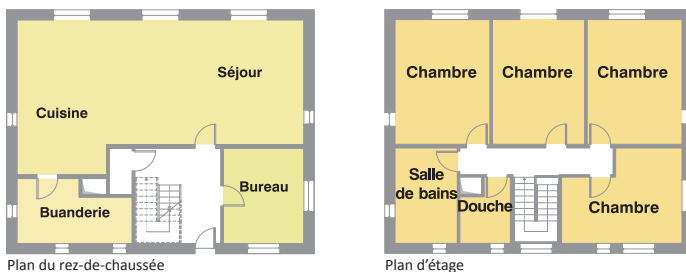
L'impact des émissions de polluants et de l'utilisation de l'énergie liée à la fabrication des matériaux mis en œuvre pour construire ou rénover ces mêmes bâtiments, est souvent mal connu et considéré comme un passage inévitable pour arriver à la performance d'utilisation.

### × Simulations de référence

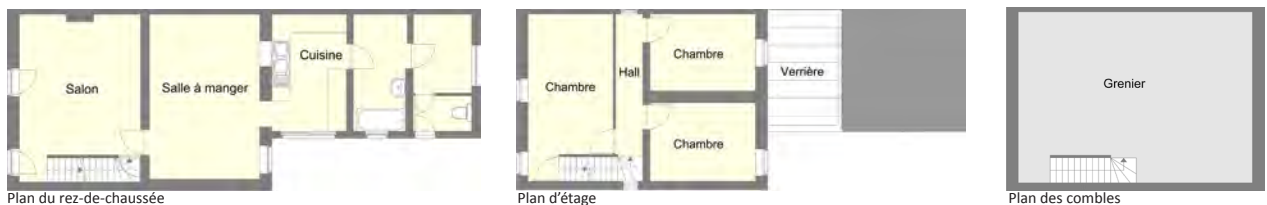
Pour pouvoir comparer une série d'indicateurs aussi bien en construction neuve qu'en rénovation, deux maisons ont été comparées.

Une construction neuve 4 façades et une rénovation 3 façades.

#### Maison neuve 4 façades



#### Maison rénovée 3 façades



Le projet de maison neuve est à la base de nombreuses simulations réalisées au sien de la cellule Architecture et Climat<sup>8</sup> de l'UCL portant sur l'énergie d'utilisation, l'inertie thermique et l'énergie grise.

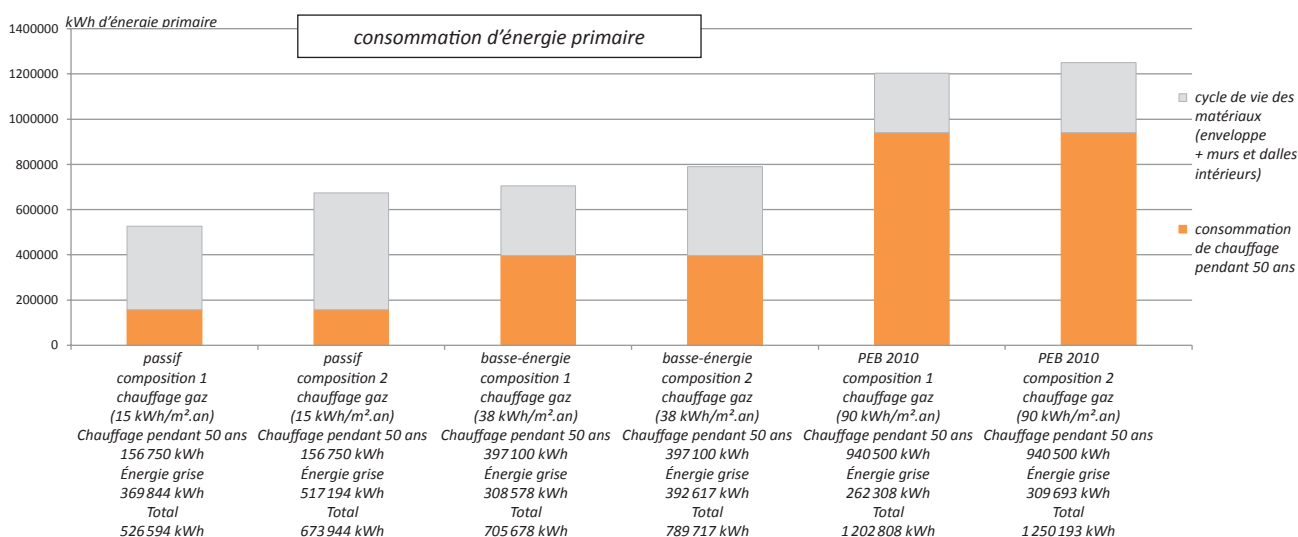
Le projet de rénovation est le premier projet repris dans la partie 6 du guide et à la base d'une série de simulations de mise à jour énergétique.

Les deux projets ont la même surface énergétique (surface de plancher sans les murs) à quelques m<sup>2</sup> près. Leur compacité (division du volume du bâtiment par la surface de son enveloppe) est identique et présente une valeur de 1,45. Ce qui à première vue est étonnant puisque la maison neuve présente quatre façades et le projet de rénovation trois. Les annexes assez découpées du projet de rénovation expliquent le résultat.

Les deux bâtiments sont donc parfaitement comparables au niveau thermique du point de vue de leur géométrie.

<sup>8</sup> Massart Catherine - Architecture et climat. Conception de maisons neuves durables, élaboration d'un outil d'aide à la conception de maisons à très basse consommation d'énergie, Ministère de la Région wallonne, octobre 2010.  
Téléchargeable : <http://energie.wallonie.be/fr/de-nouveaux-outils-pour-la-conception-de-maisons-a-tres-basse-consommation-d-energie-et-pour-l-iso-lation-par-l-interieur.html?IDC=6302&IDD=44707>

### Maison neuve 4 façades

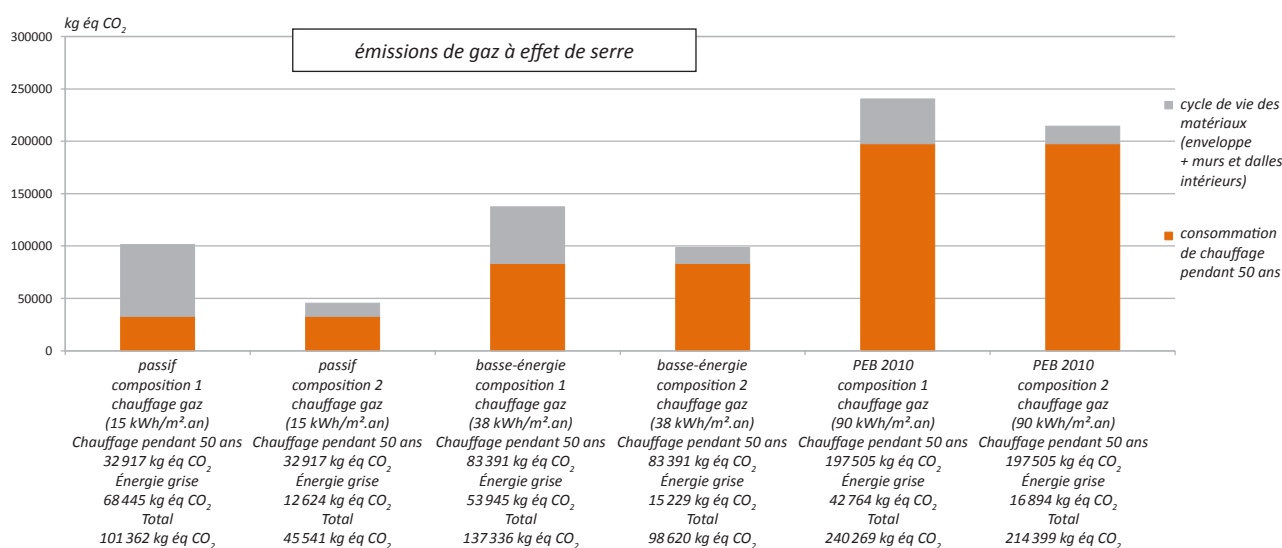


Les deux graphes reprennent la consommation totale de la maison quatre façades en énergie primaire ainsi que le total de ses émissions de gaz à effet de serre en kg équivalent CO<sub>2</sub> sur une période de 50 ans, en considérant un chauffage au gaz avec un rendement total de 80 %.

L'impact des matériaux de construction de la maison a été calculé en tenant compte de la fabrication du matériau, de son remplacement éventuel dans le cas d'une durée de vie inférieure à 50 ans et de son élimination en fin de vie.<sup>9</sup> Trois niveaux d'isolation différents sont envisagés avec deux variantes au niveau des matériaux.

composition 1 : utilisation de panneaux de laine de roche dans la toiture et dans les murs, de polystyrène extrudé dans la dalle de sol, de blocs silico-calcaires et d'un bardage zinc.

composition 2 : utilisation de fibre de bois en toiture et dans les murs, de panneaux de polyuréthane dans la dalle de sol, de blocs béton et d'un bardage bois.



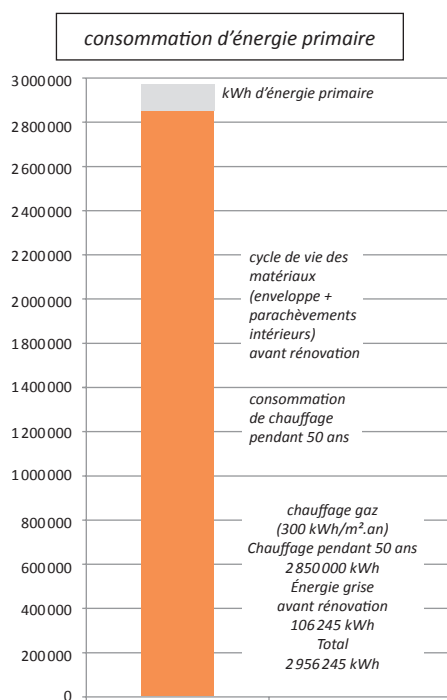
### Les graphes mettent en évidence les caractéristiques suivantes pour la maison neuve :

- Les constructions passives et basse énergie permettent de diviser la consommation d'énergie primaire d'utilisation respectivement par 6 et par 3 par rapport à l'obligation légale de la PEB 2010. On constate que l'énergie grise nécessaire à la construction de maisons plus économes sera toujours plus importante et pourra représenter jusqu'au double de la maison PEB 2010 dans le cas d'utilisation de matériaux à faible (composition 2) émission de gaz à effet de serre et dans le cadre d'une construction passive.

<sup>9</sup> Toutes les informations sur les bilans environnementaux des matériaux ont été puisées dans le document « choix des matériaux, écobilans de parois », Sophie Trachte - Architecture et climat. Choix des matériaux, écobilans de parois, Ministère de la Région wallonne, octobre 2010. Téléchargeable: <http://energie.wallonie.be/fr/de-nouveaux-outils-pour-la-conception-de-maisons-a-tres-basse-consommation-d-energie-et-pour-l-isolation-par-l-interieur.html?IDC=6302&IDD=44707>

- L'impact du choix des matériaux sur le bilan des émissions de gaz à effet de serre se révèle important. Dans le cas d'une maison passive, la quantité de CO<sub>2</sub> émise peut être 6 fois moins importante en utilisant des matériaux peu émetteurs (composition 2), étant donné la quantité de matière (principalement d'isolant) mise en œuvre. Pour les versions basse énergie et PEB, la différence entre la mise en œuvre des matériaux à faible émission (composition 2) et les matériaux conventionnels (composition 1), se situe dans un rapport du simple au triple.
- Dans le même ordre d'idée, une maison passive construite avec des matériaux conventionnels (composition 1) émettrait, énergie grise et énergie d'utilisation confondues, la moitié du CO<sub>2</sub> émis par une maison PEB 2010 construite avec des matériaux peu émetteurs (composition 2). Ce cas de figure confirme qu'une grande partie des avantages du passif sur le plan environnemental peut être perdue par un choix peu adéquat de matériaux.
- À l'inverse, une maison passive construite avec les matériaux les plus performants du point de vue environnemental (composition 2), générera 5 fois moins d'émissions, énergie grise et énergie d'utilisation confondues, qu'une maison PEB 2010 construite sans attention particulière (composition 1).
- Les matériaux qui émettent le moins de gaz à effet de serre ou ont même des valeurs d'émission négatives, c'est-à-dire qu'ils sont des « puits de carbone », ne sont pas ceux qui sont caractérisés par la plus faible énergie grise. En marge du processus de fabrication, qui peut en effet se révéler plus énergivore pour ces matériaux, on peut pointer deux autres facteurs. Ces matériaux sont généralement utilisés en plus grande quantité (les isolants végétaux par exemple sont moins performants que les isolants minéraux ou synthétiques et nécessitent d'être mis en œuvre en plus grandes épaisseurs pour atteindre les mêmes valeurs d'isolation). La densité de la plupart de ces matériaux d'isolation qui représentent la plus grande partie des matériaux supplémentaires mis en œuvre, est souvent plus élevée que celle des matériaux conventionnels qu'ils remplacent, or la quantité d'énergie grise est d'habitude fortement corrélée à la densité d'un matériau.

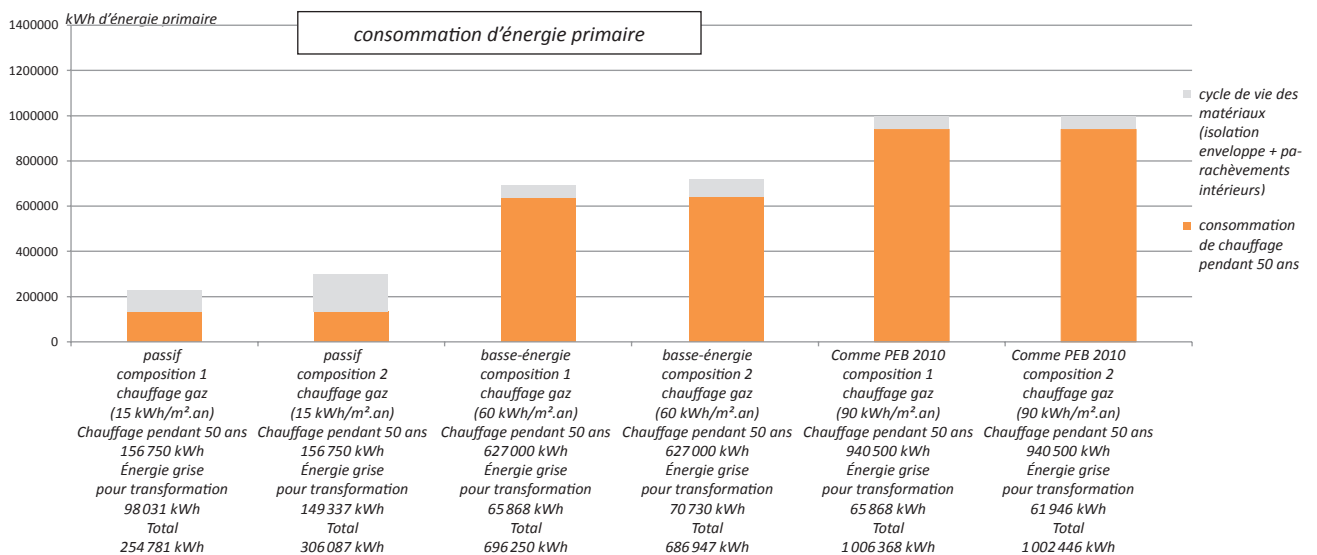
### Maison rénovée 3 façades



Sans surprise, le bilan en énergie d'utilisation avant transformation de la maison à rénover est très médiocre. Avec plus de 300 kWh/m<sup>2</sup>.an en besoin de chauffe théorique (avec une température de consigne de 19° C dans toutes les pièces), on est au triple d'une maison neuve PEB 2010. La quantité d'énergie grise de 106 245 kWh qui a été nécessaire à la construction de la maison au début du 20<sup>e</sup> siècle est par contre assez modeste. Les seuls matériaux à haut bilan énergétique sont les maçonneries de terre cuite et les tuiles, les autres éléments (planchers, charpente, châssis) sont en bois et présentent des valeurs très faibles, voire négatives.

L'énergie grise représente donc 1/28<sup>e</sup> de l'énergie totale consommée en 50 ans, soit moins de 5 %. Les émissions en équivalent CO<sub>2</sub> sont de +/- 19 000 kg pour la construction, elles atteignent près de 550 000 kg pour les besoins de chauffe théorique<sup>10</sup> pendant 50 ans.

<sup>10</sup> En réalité, la maison n'aura certainement pas consommé cette quantité d'énergie ni émit ce quota de CO<sub>2</sub>, puisque l'installation de chauffage central est relativement récente et qu'il n'y a toujours pas de radiateurs à l'étage, l'économie se faisant au prix du confort des habitants.

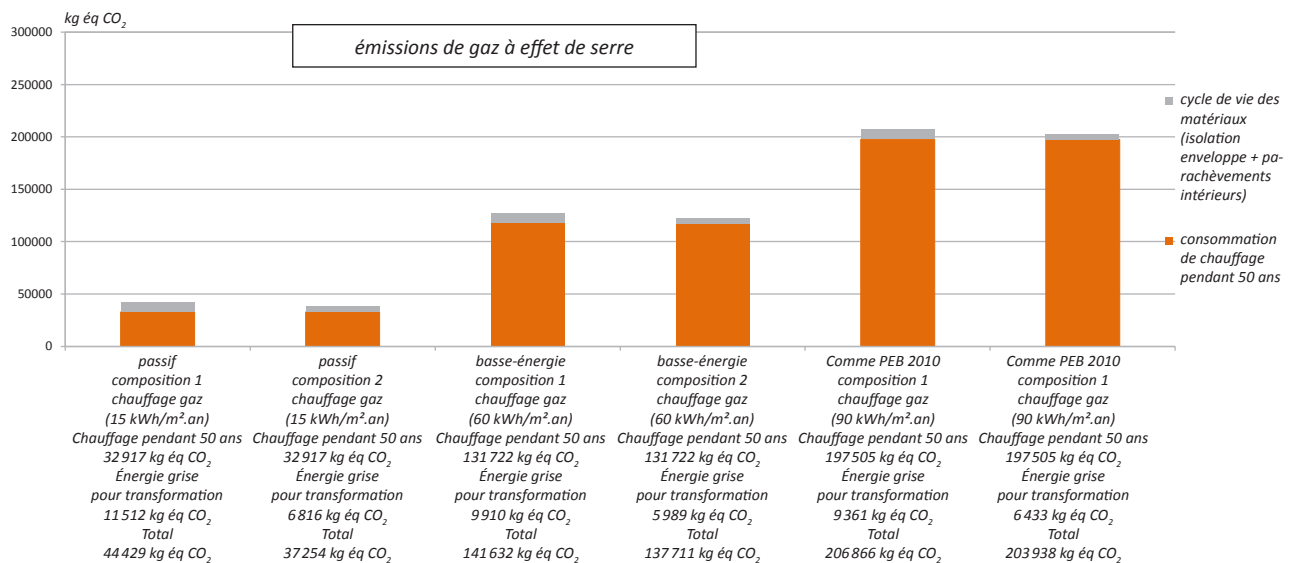


Les deux graphes reprennent la consommation totale de la maison trois façades rénovée en énergie primaire ainsi que le total de ses émissions de gaz à effet de serre en kg équivalent CO<sub>2</sub> sur une période de 50 ans, en considérant un chauffage au gaz avec un rendement total de 80 %.

L'impact des matériaux de construction de la maison a été calculé en tenant compte de la fabrication du matériau, de son remplacement éventuel dans le cas d'une durée de vie inférieure à 50 ans et de son élimination en fin de vie.<sup>11</sup> Trois niveaux d'isolation différents sont envisagés avec deux variantes au niveau des matériaux.

composition 1 : utilisation de matelas de laine de roche dans la toiture et pour les murs isolés par l'intérieur, de polystyrène extrudé sur la dalle de sol et sur les murs isolés par l'extérieur.

composition 2 : utilisation de cellulose injectée en toiture et de fibre de bois sur les murs et de panneaux de liège sur la dalle de sol.



### Les graphes mettent en évidence les caractéristiques suivantes pour la maison rénovée :

- Les variantes passives, 60 et 90 kWh/m<sup>2</sup>.an, permettent de diviser la consommation d'énergie primaire d'utilisation respectivement par 16, par 4 et par 2,5 par rapport à la situation avant transformation. Et de manière moins spectaculaire par 6 et par 1,5 pour le passif et la basse énergie par rapport à l'obligation légale de la PEB 2010, qui rappelons le, ne s'applique pas aux projets de rénovation.
- On note que les transformations énergétiques sont extrêmement économes en énergie grise. En les comparant avec les bilans des constructions neuves de même performance thermique, on s'aperçoit que les transformations consomment jusqu'à 5 fois moins d'éner-

<sup>11</sup> Toutes les informations sur les bilans environnementaux des matériaux ont été puisées dans le document « choix des matériaux, écobilans de parois », Sophie Trachte - Architecture et climat. Choix des matériaux, écobilans de parois, Ministère de la Région wallonne, octobre 2010. Téléchargeable: <http://energie.wallonie.be/fr/de-nouveaux-outils-pour-la-conception-de-maisons-a-tres-basse-consommation-d-energie-et-pour-l-isolation-par-l-interieur.html?IDC=6302&IDD=44707>

gie grise. Le bilan est un peu moins favorable pour la transformation passive, où l'on arrive à 1/3 du bilan de la construction neuve. Ces résultats s'expliquent par le volume restreint de matériaux mis en œuvre dans le cadre d'une rénovation et par le fait que les matériaux sont principalement des isolants thermiques et des parachèvements relativement peu gourmands en énergie grise.

- Le décalage en énergie grise persiste entre les matériaux à faible émission de gaz à effet de serre (composition 2) et les matériaux conventionnels (composition 1). Les transformations qui intègrent ces matériaux (composition 2) ont des bilans en énergie grise plus élevée. S'il est beaucoup moins important que pour la construction neuve, ce décalage reste d'autant plus marqué que la performance énergétique atteinte par le bâtiment rénové est élevée. Il tend à disparaître pour une performance énergétique proche des 90 kWh/m<sup>2</sup>.an
- En matière d'émission de gaz à effet de serre, le projet de rénovation présente un bilan bien meilleur que la construction neuve à performances d'enveloppe égale. Les bilans en énergie grise sont de 4 à 6 fois meilleurs selon l'importance de la performance énergétique.
- En rénovation, l'impact du choix des matériaux sur le bilan des émissions de gaz à effet de serre est moins important qu'en construction neuve. L'emploi de matériaux à faible émission réduit les émissions de moitié par rapport à des matériaux conventionnels, alors que ce rapport passe à un facteur de 3 à 6 en construction neuve.

## CONCLUSIONS

- 1. Le bilan en énergie grise est bien plus favorable en rénovation qu'en construction neuve pour des performances énergétiques comparables. On peut le considérer de trois à cinq fois moins important pour une surface habitable équivalente.**
- 2. Même si elle est souhaitable, la mise en œuvre de matériaux à faible émission de gaz à effet de serre n'est pas indispensable vu le gain important réalisé par ailleurs.**
- 3. Le coût financier d'une rénovation énergétique n'est par contre pas moins élevé qu'en construction neuve, si on tient compte du coût d'acquisition du bâtiment à réhabiliter. La quantité de matériaux à mettre en œuvre est moins grande mais demande une intensité de main-d'œuvre plus importante. C'est pourquoi, les politiques de subsides et de primes devraient principalement être alloués aux projets de réhabilitations énergétiques.**



## 2. L'EAU

Cette partie du guide aborde la problématique et les enjeux de la gestion de l'eau dans les logements wallons, de manière assez globale.

Comment le logement se connecte-t-il au cycle naturel de l'eau ?

Quels sont les comportements et dispositifs permettant un usage respectueux de l'eau ?

*« L'eau n'est pas un bien marchand mais un patrimoine naturel qu'il faut gérer et protéger. C'est l'esprit de la directive-cadre européenne sur l'eau (2000/60/CE) qui implique une gestion plus intégrée du cycle de l'eau, à l'échelle du district hydrographique ». <sup>12</sup>*

Malgré une densité de population élevée en Wallonie et des prélèvements importants, globalement les ressources en eau ne sont pas surexploitées. La consommation d'eau de distribution à usage domestique est en nette diminution depuis une dizaine d'années. C'est donc surtout la qualité de ses eaux que la Région doit contrôler, préserver et améliorer.

Pas mal d'efforts ont été consentis, notamment dans le domaine de l'assainissement collectif et autonome des eaux usées, et dans la diminution de la charge polluante des rejets collectifs et industriels ; les concentrations en nitrates et pesticides (utilisés en particulier par le milieu non-agricole) sont par contre en augmentation dans certaines nappes d'eau souterraine.

### 2.1 Contexte : la directive-cadre 2000/60/CE

L'Union Européenne a publié une directive établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau (directive 2000/60/CE). Les stratégies qui y sont développées visent à assurer le bon état des ressources en eau de l'Union européenne pour fin 2015. Cette directive impose une gestion intégrée des eaux par district hydrographique et fixe des objectifs environnementaux très stricts :

- restaurer et améliorer l'état des eaux de surface et souterraines et prévenir toute détérioration supplémentaire de la qualité de l'eau ;
- promouvoir une utilisation durable de l'eau ;
- réduire progressivement les rejets, les émissions et les pertes de certaines substances et supprimer définitivement le rejet de substances dangereuses ;
- atteindre le bon état des eaux d'ici 2015 (écologique et chimique) ;
- respecter les objectifs environnementaux dans les zones protégées concernées par d'autres directives européennes (Natura 2000, zones de baignade, etc.) ;
- contribuer à atténuer les effets des inondations et des sécheresses.

#### ✕ La transposition de la directive

La transposition de la directive et sa mise en œuvre ont mené à la réorganisation de la gestion de l'eau au niveau de la Région ; celle-ci a découpé son territoire en **15 sous-bassins hydrographiques** qui constituent désormais les unités de gestion pour la fixation des objectifs de qualité, pour les contrats de rivière, l'égouttage et l'assainissement des eaux usées.

#### ✕ Responsabilités au niveau de la Wallonie

- Les communes sont responsables de l'égouttage.
- Les organismes d'assainissement agréés (OAA) réalisent et exploitent les infrastructures d'épuration et de collecte.
- La SPGE (Société Publique de la Gestion de l'Eau) coordonne les actions des différents opérateurs, assure le financement de l'épuration collective, de l'égouttage prioritaire, de la protection des captages d'eau souterraine.
- La DGRNE (Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement - Ministère de la Région wallonne) est chargée de remettre des avis sur les déversements des eaux traitées.

<sup>12</sup> Tableau de bord de l'environnement wallon, p. 17

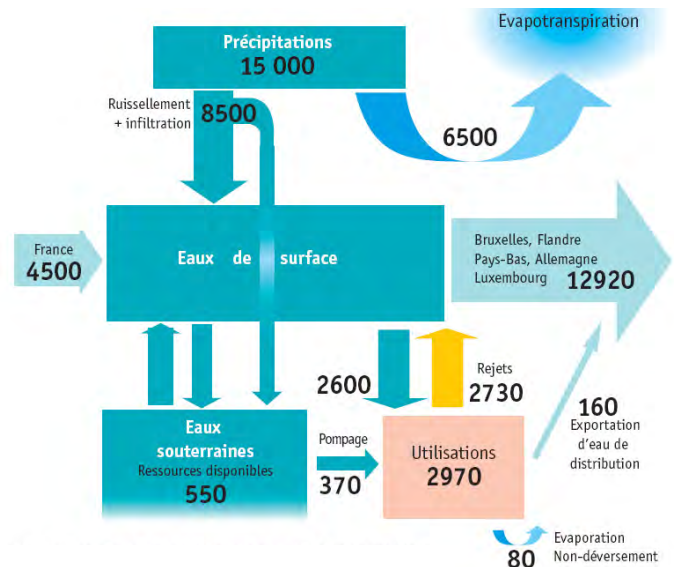
Afin d'améliorer la coordination entre la réalisation des égouts, la pose des collecteurs et la construction des stations d'épuration, la Région Wallonne a mis en place un règlement général d'assainissement (RGA), qui fixe le mode d'assainissement des eaux usées : collectif, autonome ou transitoire, et précise en outre les éléments que doivent contenir les plans d'assainissement par sous-bassin hydrographique (PASH).

Quatre districts hydrographiques sont présents en Wallonie : Escaut, Meuse, Rhin et Seine ; le territoire de la Région a été subdivisé en 15 sous-bassins hydrographiques. Les PASH (Plans d'Assainissement par Sous-bassin Hydrographique) servent de schéma directeur de la gestion des eaux usées, afin de mener une gestion intégrée du cycle de l'eau.

## 2.2 Cycle de l'eau en Région wallonne

La Région reçoit environ 15 000 millions de m<sup>3</sup> d'eau douce par an, soit environ 4 000 m<sup>3</sup>/hab. an (l'ONU a fixé le seuil de stress hydrique, sous lequel il existe un risque de pénurie, à 1 700 m<sup>3</sup>/hab.an). L'essentiel provient des précipitations, qui ne sont pas réparties uniformément sur le territoire, mais relativement homogènes au cours de l'année, ce qui permet une infiltration efficace de l'eau dans la plupart des sols wallons.

Entre 40 et 45 % du volume des précipitations retourne vers l'atmosphère (transpiration et évapotranspiration) ; le volume restant rejoint les cours d'eau et les nappes souterraines. La recharge des masses d'eau varie en fonction de l'utilisation du sol, de la nature du sous-sol, de la période de l'année (infiltration et recharge des aquifères presque exclusivement en hiver). Globalement, les ressources en eau souterraine disponibles en Région wallonne, sont de l'ordre 550.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> par an.



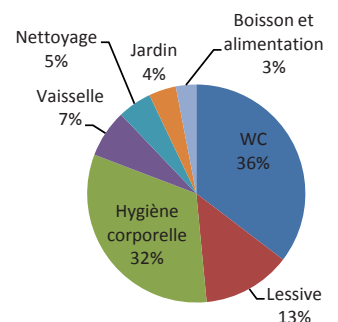
Bilan hydrique simplifié de la Région wallonne – Graphique < « Tableau de bord 2005 » p. 18, chiffres < DGRNE, Direction de l'Eau

### ✕ Prélèvements en eau

Les Wallons sont parmi les plus faibles consommateurs européens : **en moyenne 105 litres d'eau de distribution par jour et par habitant** (- 8,5 % entre 1995 et 2003). Pourtant, les nappes d'eau souterraine sont fortement sollicitées : en Europe, la Wallonie est une des Régions qui exploite le plus ses ressources en eau souterraine, en raison de la forte densité de population et de la qualité médiocre des eaux de surface qui nécessitent des traitements onéreux pour être potabilisées.

Les prélèvements dans les aquifères représentent ± 70 % des quantités disponibles. La grande majorité est destinée à la distribution publique d'eau potable. Près de la moitié de l'eau potabilisée est exportée vers Bruxelles et la Flandre.

Une part importante de l'eau de distribution utilisée quotidiennement pourrait être soit économisée (changements d'habitudes, installation d'appareils et dispositifs économes en eau), soit remplacée par de l'eau de pluie (WC, lessive, nettoyage).<sup>13</sup>



Répartition de la consommation d'eau de distribution selon les différents usages

Chiffres < IBGE, Guide pour la construction et la rénovation de petits immeubles

<sup>13</sup> La consommation d'eau est en baisse, suite notamment à l'augmentation du prix de l'eau, la généralisation d'équipements plus économiques (chasse d'eau, lave-linge, douche...), et l'utilisation plus fréquente de l'eau de pluie.

Pollution <b>PHYSIQUE</b> (traitement primaire)	
polluant	turbidité, matières en suspension
effets	barrière à la photosynthèse vie végétale impossible en profondeur
	↓ O <sub>2</sub> dissout perturbation de l'activité biologique des bactéries - par manque d'oxygène - par manque de lumière
mesurage	MES : matières en suspension (mg/l)
Pollution <b>ORGANIQUE</b> (traitement secondaire)	
polluant	êtres vivants, déjections, C, O, N, P → excès de matières organiques
effets	développement bactérien aérobie : consommation de l'oxygène (oxydation) ce qui mène à l'ASPHYXIE du milieu
	développement bactérien anaérobie : minéralisation des matières organiques
mesurage	DBO <sub>5</sub> : demande biologique en O <sub>2</sub> (mg/l en 5 j) DCO : demande chimique en O <sub>2</sub> (mg/l)
Pollution <b>MINÉRALE</b> (traitement tertiaire)	
polluant	phosphates, nitrates, ... < matières fécales, déchets de cuisine, détergents, engrais, ... ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), nitrite/ate (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )
effets	↑ minéralisation = ↑ nutriments → ↑ végétaux = EUTROPHISATION
mesurage	P <sub>total</sub> : Phosphore (mg/l)
	N <sub>total</sub> : Azote (mg/l) NH <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Pollution <b>MICROBIENNE</b> (traitement quaternaire)	
polluant	germes pathogènes, bactéries, virus, généralement d'origine fécale Coliformes et streptocoques fécaux/totaux, salmonella, vibrio, entérovirus ...
effets	diverses maladies
mesurage	Abattement charge bactériologique

**Pollution aquatique et mesurage** - Données < IBGE, Formation à la Gestion de l'eau dans le bâtiment, Valérie Mahaut - Les pollutions chimiques (pesticides, métaux lourds...), non reprises ici, sont complexes à aborder et ne sont habituellement pas considérées comme pollutions domestiques

## × Rejets : collecte et assainissement des eaux usées

L'être humain rejette chaque jour des eaux usées contenant diverses substances susceptibles de nuire à la qualité des cours d'eau récepteurs et à la santé humaine : matières organiques, graisses, agents tensioactifs, azote, phosphore, hydrocarbures... Les différentes contaminations sont détaillées dans le tableau ci-contre. Leur charge dépasse habituellement le pouvoir auto-épuration des milieux récepteurs. Il est donc nécessaire de collecter et épurer ces rejets domestiques, en plus de les réduire. L'union européenne a adopté une directive relative au traitement des eaux urbaines résiduaires (Directive 91/271/CEE) qui fixe des échéances pour l'épuration des eaux usées. Elle impose que les eaux usées produites par les agglomérations de > 2 000 « équivalents habitants » (EH) soient collectées et fassent l'objet d'un traitement secondaire avant de retourner à l'environnement.<sup>14</sup>

La SPGE (Société Publique de Gestion de l'Eau) coordonne et finance les actions des différents organismes wallons d'épuration. Depuis sa création en 2000, l'installation de stations d'épuration et le traitement des eaux usées résiduaires se sont accélérés. Les 338 stations en service en 2006 permettent d'atteindre un total de 2 660 000 EH, et cette capacité devait encore fortement augmenter en 2007. La majorité de ces stations sont de petite ou de moyenne capacité (< 10 000 EH dans 85 % des cas). Toutes les stations disposent d'un traitement primaire (physique) et d'un traitement secondaire (biologique). Beaucoup de progrès sont

encore nécessaires au niveau du traitement tertiaire (permettant de réduire de manière poussée la charge totale en azote et phosphore). L'ensemble des stations > 10 000 EH sera prochainement équipé d'un traitement tertiaire.

Selon les PASH, la longueur totale du réseau d'égouttage approche les 20 000 km en Région Wallone. Il faut toutefois noter qu'il n'y a pas vraiment de différence entre le taux d'égouttage des agglomérations qui disposent d'une station d'épuration et les autres. Cela montre que la concentration des eaux usées via les réseaux et leur rejet dans les eaux de surface ou souterraines reste fréquente. Le taux de collecte doit encore être fortement amélioré. D'importants investissements sont réalisés pour la construction de collecteurs (conduites reliant le réseau d'égouttage aux stations d'épuration). Il est à noter qu'une part importante du réseau d'égouttage nécessite une réhabilitation.

Le système de collecte le plus fréquent en Wallonie est de type unitaire (« tout à l'égout », y compris les eaux de pluies,...). Le RGA privilégie désormais la pose d'égouts séparatifs, transportant des eaux usées non diluées (amélioration de l'efficacité du traitement en station d'épuration). Ces mesures doivent aussi favoriser la recharge des aquifères. Cependant, l'évolution sera très lente.

## × Régimes d'assainissement des eaux usées

**Régime d'assainissement collectif** : collecte des eaux usées + traitement dans des stations d'épuration publiques ; concerne les agglomérations > 2 000 EH, ou plus petites s'il existe une station d'épuration, ou lorsque des spécificités environnementales le justifient ; 87 % de la population sont concernées et obligées de s'y connecter.

<sup>14</sup> L'équivalent habitant (EH)

Les capacités des stations d'épuration s'expriment en équivalent habitant (EH). L'EH exprime la charge polluante d'un effluent, quelle que soit l'origine de la pollution. En théorie, un EH correspond à un rejet moyen journalier de 180 litres d'effluent présentant une charge de 90 g de MES, 60 g de DBO<sub>5</sub>, 135 g de DCO, 9,9 g d'azote et 2 g de phosphore. Dans la réalité le rejet moyen journalier par habitant en Wallonie est de 105 litres.

**Régime d'assainissement autonome:** installation de systèmes d'épuration individuelle (SEI) ou groupée; zones de faible densité; 12 % de la population, soit ± 400 000 habitants.

**Régime transitoire:** zones non visées ci-avant (hétérogénéité de la densité de l'habitat, incertitude quant à l'évolution...) nécessitant des études complémentaires.

Dans les zones d'assainissement autonome, l'installation d'un système d'épuration individuelle est obligatoire pour toute nouvelle habitation, tandis que les anciennes habitations disposent d'un délai expirant le 1<sup>er</sup> janvier 2010 pour se mettre en conformité (il existe des aides financières, notamment une prime régionale). La Région souhaite favoriser une épuration individuelle de qualité en modulant son intervention financière selon la performance environnementale des systèmes d'épuration: systèmes agréés, contrôles, etc.<sup>15</sup>

#### ✕ Impacts des rejets

Les eaux souterraines, les cours d'eau, les eaux de baignade sont affectés par les activités humaines, notamment les rejets domestiques.

**Eaux souterraines:** on observe une détérioration de leur qualité physico-chimique, impliquant des traitements coûteux:

- ↗ teneur en nitrates, notamment causée par les puits perdants;
- pollution préoccupante < herbicides utilisés par des non professionnels.

Les zones les plus affectées sont celles qui sont exposées à une pression phytosanitaire intense (beaucoup de surfaces cultivées ou densité de population élevée), avec un sol perméable.

**Cours d'eau:** ± 13 000 km en Wallonie, qui peuvent être contaminés

Par différents types de rejets:

- des rejets directs: domestiques, industriels;<sup>16</sup>
- des eaux de ruissellement enrichies après leur passage sur des surfaces agricoles, des zones urbaines;
- les retombées atmosphériques (dans une moindre mesure),

Par différents types de pollution:

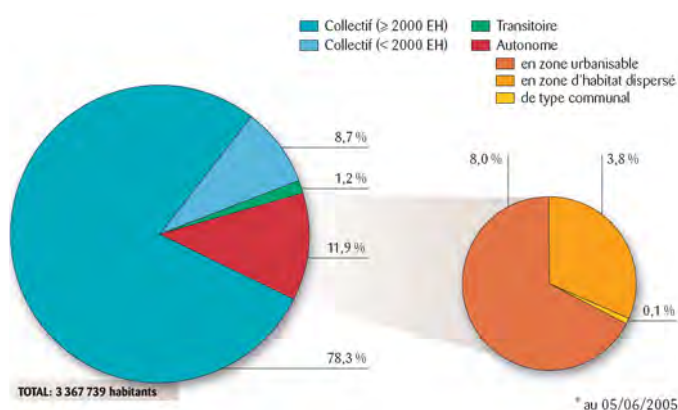
- matières organiques;
- substances eutrophisantes (azote, phosphore);
- d'autres composés polluants, généralement en plus faible concentration (métaux lourds, pesticides, germes pathogènes).

Les cours d'eau les plus contaminés sont situés dans des régions soumises à une pression intense: la qualité est meilleure dans les régions plus boisées, de même lorsque l'occupation du territoire est mixte (pâturages et forêts), moyenne à médiocre au nord du sillon Sambre-et-Meuse, en zones urbanisées ou de cultures intensives; elle devient mauvaise là où une urbanisation importante est associée à la présence de nombreuses industries.

**Eaux de baignade:** pour préserver ces sites, il importe d'épurer prioritairement les eaux usées des habitations proches.

<sup>15</sup> Malgré une croissance exponentielle du nombre de stations d'épuration individuelles installées ces dernières années, il est très peu probable que toutes les eaux usées domestiques soient épurées pour cette date; l'échéance sera probablement reportée à 2015.

<sup>16</sup> Il faut savoir que les quantités de macropolluants (C, N, P) déversées dans les cours d'eau par les ménages sont plus importantes que celles déversées par les industries.

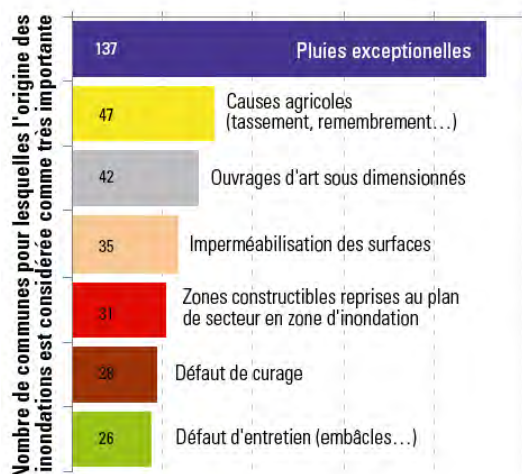


**Répartition de la population wallonne selon le régime d'assainissement des eaux usées** - Graphique < « Tableau de bord de l'environnement wallon 2005 » p. 36, chiffres < SPGE

## × Evolution actuelle

L'évolution actuelle est globalement positive, pour plusieurs raisons :

- augmentation du taux de collecte et d'assainissement des eaux usées ;
- utilisation de détergents sans phosphates et d'autres produits domestiques respectueux de l'environnement ;
- diminution du volume des effluents industriels et de leur charge polluante ;
- prise de conscience du public ;
- effet des nouvelles législations.



Perception de l'origine des inondations par les cours d'eau non navigables en Région wallonne (période 1982-2002) (Répondants : 257 communes) *Graphie < État de l'environnement wallon. Rapport analytique 2006-2007, p. 440 - DGRNE, PRW*

## × Inondations

Ces dernières années, les inondations ont été très fréquentes, causant d'importants dommages dans la majorité des communes wallonnes. Le graphe ci-contre représente la perception de l'origine de ces inondations. La première cause invoquée est l'aléa météorologique, mais les modifications apportées par l'homme, notamment par l'urbanisation et l'imperméabilisation des surfaces, constituent souvent des facteurs aggravants (ce facteur est considéré comme déterminant dans 35 communes). Notons toutefois que le ruissellement lié aux surfaces agricoles est beaucoup plus souvent incriminé (contrairement à la situation Bruxelloise, par exemple).

En raison de la fréquence et de l'importance des inondations ces dernières années, la Wallonie a lancé en 2003 la mise en œuvre du plan PLUIES<sup>17</sup> (Prévention et Lutte contre les Inondations et leurs Effets sur les Sinistres).

Dans le cadre de ce plan, 30 actions qui ont été entreprises au niveau régional, provincial et communal. Ces actions visent à :

- Améliorer la connaissance des risques de crues et d'inondations, par une cartographie des zones inondables, une adaptation des règlements d'urbanisme dans ces zones et une réorientation de la politique d'égouttage au sein des PASH (Plan d'assainissement par sous-bassin hydrographique).
- Diminuer et ralentir le ruissellement des eaux sur le bassin versant, par la préservation et la restauration des zones humides, la création de zones à inonder sur des terres agricoles et forestières ; de zones de rétention des eaux, en particulier sur les têtes de bassins, la construction de bassins de retenue pour l'agriculture, la plantation et l'entretien des haies, talus et bosquets. La mise en œuvre et l'optimisation des pratiques agricoles et du gel des terres, en ce compris les mesures agro-environnementales, en vue de limiter l'érosion des sols et le ruissellement, le démergement (évacuation des eaux d'inondations), la préservation des bras morts de rivières.
- Aménager les lits des rivières et les plaines alluviales par l'établissement de contrats de rivière pour la mise en œuvre des actions.
- Diminuer la vulnérabilité dans les zones inondables par une étude de pertinence des bassins écrêteurs ; par des travaux de dragage et de curage, la création de centres de regroupement pour produits de dragage et curage ; par la mise en œuvre d'ouvrages de protection locale dans les zones habitées, l'intégration des priorités de lutte contre les inondations dans les programmes triennaux et l'équipement des communes.
- Améliorer la gestion de crise en cas de catastrophe, en développant le réseau limnimétrique (enregistrement du niveau des eaux) en vue d'améliorer la procédure d'alerte. Améliorer l'implication régionale dans la gestion de crises, intensifier les coopérations intra-belges et les coopérations internationales.

<sup>17</sup> [http://environnement.wallonie.be/de/dcenn/plan\\_pluies/objectifs.htm](http://environnement.wallonie.be/de/dcenn/plan_pluies/objectifs.htm)

## EAU

En Wallonie, si globalement les ressources en eau ne sont pas surexploitées, les rejets et pollutions d'origine domestique ont toutefois un impact sur la qualité des eaux (en particulier souterraines), nécessitant des traitements coûteux. La directive-cadre européenne a mené à une réorganisation complète de la gestion de l'eau à l'échelle de la Région. Son esprit est que l'eau est à considérer comme un patrimoine naturel commun, que nous devons gérer durablement - afin de limiter les impacts négatifs des prélèvements et rejets d'eaux usées, et de diminuer les risques d'inondations. À l'échelle du logement et des ménages, les priorités d'action seront les suivantes :

- gérer les eaux sur la parcelle ;
- utiliser l'eau de distribution de manière sobre et rationnelle ;
- valoriser les eaux de pluie ;
- réduire la quantité et la nocivité des rejets d'eaux usées domestiques ;
- freiner drastiquement l'utilisation des herbicides et pesticides par le particulier.

## 2.3 Gestion de l'eau dans un projet de rénovation

### ● Gestion des eaux pluviales

Les autorités publiques, région, provinces, communes suivent une politique à long terme visant à rendre les sols plus perméables à l'eau de pluie. Cette politique a pour objectif d'atténuer le ruissellement et d'alléger la charge des infrastructures collectives d'assainissement existantes (égouts, collecteurs, stations d'épurations) et d'en améliorer le fonctionnement.

L'augmentation du volume d'eau de pluie à traiter dans les stations d'épuration et la dilution de la charge en eau ménagères et eau fécales de ces eaux, implique une diminution de leur efficacité et une dépense énergétique et financière supplémentaire. Une infiltration des eaux de pluies dans les sols contribue à prévenir les inondations et la pollution des eaux de surface ainsi qu'à alimenter les nappes phréatiques. Le but poursuivi est de limiter, à l'échelle de la parcelle privée, la quantité d'eau de pluie évacuée vers le réseau d'égouttage.

Il n'y a pas encore d'obligations légales au niveau régional en ce qui concerne les normes d'infiltrations sur la parcelle ou l'obligation de mettre en œuvre des toitures vertes ou des citernes d'eau de pluies pour des projets de construction ou de rénovations de logements, comme cela existe dans la législation régionale Flamande.

La politique en matière d'eau de pluie dans les limites des parcelles privées est déterminée par les communes. Dans certaines communes wallonnes, l'installation d'une citerne d'eau de pluie est cependant obligatoire en construction de logements neufs et le volume de celle-ci est proportionnel à la surface de la toiture.

### ● Dans la pratique en rénovation

Quand une extension du logement est nécessaire, en plus d'une réflexion programmatique se souciant d'une certaine économie de l'espace habitable, la volumétrie sera choisie pour minimiser l'emprise au sol du bâtiment. On construira de préférence un étage supplémentaire plutôt qu'une annexe imperméabilisant encore un peu plus la parcelle.

Dans un grand nombre de cas, l'aménagement des abords est déjà existant lorsque l'on aborde le projet de réhabilitation d'un logement. La révision de ceux-ci, pour les rendre plus perméable à l'infiltration des eaux n'est dans la plupart des cas pas une priorité des maîtres de l'ouvrage.

Cependant, si certaines surfaces des abords doivent encore être aménagés, tels que des chemins d'accès, des aires de stationnement, des terrasses, il convient qu'elles le soient de la manière la plus perméables possibles.

L'espace du jardin, 78 % des logements wallons en possèdent un, sera planté d'espèces variées avec arbres et buissons, qui limitent le ruissellement plus qu'une pelouse.

### ✕ Surfaces perméables pour l'aménagement des abords <sup>18</sup>

#### Graviers ou galets

- Solution simple et économique.
- L'épaisseur et la granulométrie à mettre en œuvre sont fonction de la charge.
- Posés sur une sous-couche et une fondation perméable.
- Ne convient que pour un trafic léger.
- Un ajout périodique de granulats permet de boucher les trous qui se forment.

#### Dalles gazon

- En béton ou matériau synthétique.
- Le gazon occupant jusqu'à 95 % de la surface.
- Posées sur une sous-couche et une fondation perméable.
- Épaisseur totale : 25 - 55 cm selon la charge.
- Les évidements peuvent aussi être remplis de graviers.



Photo: flickr.com



Photo: Sophie Trachte

### Pavements perméables à large joints, percés ou en béton poreux.

- La perméabilité dépend du type de pavé choisi.
- Les joints et percements sont remplis de sable/gravier fin ou de végétation (option qui réduit la perméabilité).
- Une légère pente sera prévue pour que l'eau excédentaire puisse être infiltrée dans une surface plantée voisine.
- Posées sur une sous-couche et une fondation perméable.
- Attention certains bétons poreux résistent mal au gel.
- Ce type de pavé existe aussi en terre cuite.



Photo : flickr.com

### ✕ Les dispositifs d'infiltrations spécifiques <sup>18</sup>

Le principe de ces dispositifs est de créer une zone où l'eau de pluie qui ruisselle sur les surfaces imperméables est infiltrée dans la terre au lieu d'être évacuée vers le réseau d'égouttage. En raison de leur emprise au sol relativement importante, ces dispositifs d'infiltrations et les dispositifs de stockage à ciel ouvert comme les bassins sont des ouvrages plus adaptés aux parcs et aux milieux périurbains et ruraux.



Photo : V. Mahaut

### Les bassins d'infiltration secs

Ce sont de simples dépressions. Ils sont appelés noues ou fossés s'ils se développent en longueur. Ils sont plantés ou couverts d'un matériau perméable. L'eau ne s'y accumule que pendant les périodes de pluie.



Photo : V. Mahaut

### Les bassins en eau

Comprennent une partie basse rendue imperméable. L'eau y reste en permanence. Au-dessus d'un certain niveau, les berges sont perméables et permettent d'infiltrer l'eau excédentaire accumulée pendant une pluie.

Noue.

### les massifs d'infiltration

Ce sont des zones remplies de matériaux poreux (graviers, argile expansé, etc.) entourés d'un géotextile. Ils sont appelés tranchés, lits ou puits selon qu'ils se développent en longueur, en surface ou en profondeur. Ils permettent de stocker plus d'eau que les bassins, et viennent parfois compléter ceux-ci.

Si la nappe phréatique se situe à moins d'1 m de la surface, l'infiltration est impossible, ces dispositifs peuvent alors être reliés au réseau d'égouttage et servent alors de réservoir temporaire. L'écoulement à débit régulé avec un retard sur la période de pluie réduit le risque d'inondation.



Photo : V. Mahaut

Bassin en eau.

**Dans la ville dense où la fréquentation et l'occupation des sols sont des contraintes fortes, les dispositifs de rétention et de stockage enterrés ou situés en toiture (toitures vertes) seront privilégiés.**



Photo : V. Mahaut

Fossé d'infiltration.

<sup>18</sup> Massart Catherine - Architecture et climat. Conception de maisons neuves durables, élaboration d'un outil d'aide à la conception de maisons à très basse consommation d'énergie, Ministère de la Région wallonne, octobre 2010.  
Téléchargeable : <http://energie.wallonie.be/fr/de-nouveaux-outils-pour-la-conception-de-maisons-a-tres-basse-consommation-d-energie-et-pour-l-iso-lation-par-l-interieur.html?IDC=6302&IDD=44707>

## × La toiture verte

La gestion des eaux pluviales sur la parcelle vise à compenser l'imperméabilisation des sols inhérente aux constructions et à l'aménagement de leurs abords. La toiture verte fait partie de ces mesures compensatoires et c'est un élément typiquement architectural qui peut-être intégré à la rénovation du logement proprement dit. Elle mérite que l'on s'y attarde un peu plus longuement.

Le principe de la toiture végétale existe depuis la préhistoire. Il consiste à recouvrir d'un substrat végétalisé un toit plat ou à pente modérée (0 à 35°). Son succès était alors dû à ses diverses propriétés d'isolation, thermique contre le froid dans les pays nordiques ou contre la chaleur dans les pays du sud, le tout avec des matériaux facilement disponibles localement. Les toitures vertes suscitent un regain d'intérêt car elles peuvent jouer un rôle intéressant notamment dans la rétention des eaux de pluie, dans la perspective de restauration ou de protection de la biodiversité et dans l'amélioration de la qualité de vie dans les zones très densément bâties.

### Un facteur de rétention des eaux de pluies

Les toitures représentent une surface importante dans les zones urbaines denses (entre 15 et 35 %). Les eaux de pluie qui tombent sur ces toits se déversent dans les réseaux d'assainissement et participent pour une grande part à leur engorgement. Les toitures vertes peuvent contribuer à réduire la part des surfaces imperméables d'une parcelle, on estime en moyenne qu'1 m<sup>2</sup> d'un système drainant de 8 cm en toiture peut stocker 30 litres d'eaux pluviales (valeur pouvant varier selon la pente du toit, le type de substrat, les conditions climatiques).

Une fois stockée, l'eau est pour une part absorbée par les plantes, pour une autre libérée par évapotranspiration. Le restant sera évacué graduellement par les canalisations, limitant ainsi les forts débits d'eaux pluviales tels que ceux engendrés par une augmentation de la pluviométrie constatée depuis quelques années et lors d'épisodes orageux.

### Un atout pour la qualité de l'air

Les effets positifs de la végétation sur la qualité de l'air sont connus. À travers le processus de la photosynthèse, elle fixe le CO<sub>2</sub> et produit de l'oxygène. La végétation joue également un rôle de filtre en diminuant le taux de particules fines en présence par le phénomène d'absorption des poussières. Le processus d'évapotranspiration élève l'humidité de l'air et favorise ainsi la création de rosée. C'est dans ces fines gouttelettes d'eau que se fixent pollens et poussières, et notamment les métaux lourds tels que les particules de plomb et les composés organiques. Elles sont ensuite fixées dans le substrat ou nourrissent les bactéries, plantes et insectes qui vont s'y développer.

Les systèmes de végétalisation extensive peuvent dégrader jusqu'à 90 % des composés tels que le monoxyde de carbone et le butane. Un mètre carré d'un toit vert (gazon) capture environ 0,2 kg de particules en suspension dans l'air par jour.<sup>19</sup>

Les toits verts sont en outre une réponse adaptée au contexte foncier particulier des centres-villes, où les fortes pressions liées au prix du m<sup>2</sup> réduisent les possibilités de créer de nouveaux parcs et espaces verts. L'aménagement de toitures végétalisées est de plus en plus souvent demandé par les autorités publiques comme compensation lors de demande de dérogation pour l'extension de bâtiments dans des zones déjà très densément bâties.

Les effets bénéfiques tangibles sur la masse polluante, l'hygrométrie et la température ambiante pendant les épisodes caniculaires ne se mesurent malheureusement qu'à partir de plusieurs milliers de mètres carrés de surface installée dans une zone fortement bâtie, il s'agit donc d'un effort collectif à fournir où les pouvoirs publics ont le devoir de montrer l'exemple.

<sup>19</sup> Selon l'ADIVET et le CSTB

### Un isolant thermique et phonique

La toiture végétalisée est reconnue comme isolant thermique complémentaire. Elle ne dispense pas d'isoler les toitures par des moyens plus conventionnels. Ses performances thermiques, variables dans le temps, sont fonction de la végétation, de l'épaisseur et de la contenance en eau du substrat, du drainage, etc. De plus, les valeurs de conductivité thermique des couches constitutives ne sont bien souvent pas connues avec précision.

La contribution des toitures vertes à l'augmentation de l'inertie thermique des toitures est par contre appréciable. En cas de fortes chaleurs, une toiture plate en béton peut atteindre 60 à 70°C, la toiture végétalisée dépasse rarement les 15 à 20°C. Or, la température de surface de la toiture influe sur la température intérieure d'un logement et donc sur les éventuels besoins en climatisation.

Il existe diverses solutions techniques pour permettre d'atténuer le bruit dans les habitations exposées, la végétalisation des toitures en est une. La couche supplémentaire sur le toit des bâtiments permet de réduire les nuisances sonores en général, mais est particulièrement recommandée dans les zones exposées au trafic aérien. La barrière antibruit fonctionne tant grâce aux plantes qui absorbent les hautes fréquences qu'au sol qui absorbe les basses fréquences. Un substrat de 12 cm d'épaisseur peut réduire les bruits de 40 dB à 50 dB.<sup>20</sup>

### Un facteur d'allongement de la durée de vie des revêtements de toitures

La membrane d'étanchéité de la toiture verte est protégée du rayonnement solaire et donc des rayons ultraviolets (UV) et infrarouges, de la grêle, ainsi que des changements brusques de température tels que ceux occasionnés lors d'un orage au cours d'une journée d'été chaude. Le caractère isolant de la toiture végétalisée permet de limiter considérablement les chocs thermiques, diminuant de 40 à 50°C l'amplitude thermique, limitant ainsi la dégradation des bitumes élastomère. La durée de vie de la membrane d'étanchéité s'en trouvera par conséquent prolongée, pour autant qu'elle résiste aux racines et aux micro-organismes. Par rapport à une toiture plate courante, la toiture verte se distingue par une moindre accessibilité de l'étanchéité. La recherche d'une fuite éventuelle s'avérera d'autant plus difficile, longue et coûteuse que le système de toiture verte est épais. Le plus grand soin doit donc être apporté à la réalisation de l'étanchéité et à la jonction des lés, points de passage préférentiels pour les racines en cas de défaut. Le risque majeur de perforation de l'étanchéité résulte du développement radiculaire. Si le système de rétention d'eau est asséché ou n'a pas été prévu, les plantes vont envoyer leurs racines à la recherche d'eau. Celles-ci risquent alors de pénétrer dans le complexe de toiture en traversant la membrane en partie courante ou en recouvrement de lés.

#### Les étanchéités bitumineuses

Les étanchéités bitumeuses n'ont pas de résistance intrinsèque aux racines. Cependant, l'utilisation d'adjuvants chimiques peut leur conférer une telle résistance.

#### Les étanchéités synthétiques

Les étanchéités synthétiques ont, dans l'ensemble, une meilleure résistance intrinsèque aux racines, à condition que les recouvrements soient homogènes (c'est-à-dire composés d'un même matériau). Pour l'EPDM (Copolymère d'éthylène, de propylène et de diène-monomère vulcanisé), les recouvrements réalisés avec une colle de contact ou des bandes autocollantes sont déconseillés en raison de leur moins bonne résistance mécanique au cisaillement et au pelage comparativement aux recouvrements vulcanisés ou soudés. Quant aux étanchéités en PVC (Polymère de chlorure de polyvinyle avec plastifiant), en CPE (Polymère de polyéthylène chloré non vulcanisé et exempt de plastifiant), en TPV (Elastomère thermoplastique vulcanisé) et en FPO (polyoléfines flexibles), la préférence va au soudage à l'air chaud. Dans certains cas, un mastic supplémentaire doit être appliqué sur les bords des recouvrements. À noter enfin que certaines étanchéités synthétiques (en PVC, par exemple) sont sensibles aux micro-organismes et qu'elles doivent être traitées en conséquence.<sup>21</sup>

<sup>20</sup> Selon l'ADIVET et le CSTB

<sup>21</sup> Pour la terminologie des membranes d'étanchéités

[http://www.energieplus-lesite.be/energieplus/page\\_10240.htm](http://www.energieplus-lesite.be/energieplus/page_10240.htm) et <http://www.dakweb.nl/RBF/2002-08/RB2002-8%20P46-49.pdf>



### Un rôle dans la préservation de la biodiversité et la continuité écologique

Les corridors écologiques ont pour fonction de permettre les déplacements nécessaires à la pérennité de nombreuses espèces animales et végétales. Un corridor assure une connexion physique entre différents écosystèmes ou habitats d'espèces permettant leur dispersion et leur migration. Il a été observé que l'étalement urbain et l'expansion de la forme bâtie en général conduisent à la rupture des continuités écologiques, ainsi qu'à la perte et à la fragmentation de l'habitat de nombreuses espèces animales. Les corridors naturels se heurtent aux nombreux obstacles artificiels notamment en milieu urbain. Il faut donc recréer ces connexions afin que les échanges s'effectuent et que la biodiversité se développe à nouveau. La végétalisation des toitures participe à la production de paysages vivants et au rétablissement des corridors écologiques dans les lieux densément bâtis. Ils peuvent accueillir de nombreuses espèces d'insectes et d'invertébrés, et contribuer ainsi à minimiser la perte de biodiversité.

#### ✕ Types de toitures vertes <sup>22</sup>

Les toitures vertes sont classées selon leur aspect, leur utilisation et le type de végétation ou selon la nature et le nombre de couches constitutives.

##### ✕ Les toitures-jardins ou toiture à végétation intensive élaborée

Une toiture-jardin est comparable en tout point à un jardin naturel, si ce n'est qu'il est réalisé sur une toiture plate.

Elles sont caractérisées par :

- l'utilisation possible de végétation intensive, c'est-à-dire de gazon, de plantes basses, d'arbustes et d'arbres, à condition de prévoir une épaisseur de substrat suffisante (de l'ordre de 25 cm au moins) et d'exclure l'usage de certaines plantes présentant un système racinaire dangereux pour l'étanchéité ;
- le choix quasi illimité de plantes, permettant de créer un espace esthétiquement attrayant (architecture paysagère) ;
- l'accessibilité de la toiture, qui peut ainsi être utilisée à des fins récréatives ;
- un entretien comparable à celui d'un jardin traditionnel ;
- l'utilisation d'un substrat d'épaisseur importante, qui crée une charge permanente élevée (au moins 400 kg/m<sup>2</sup>), c'est la raison pour laquelle les toitures-jardins peuvent rarement être réalisées dans le cadre d'un projet de rénovation, et doivent être étudiées dès la phase de conception du bâtiment lors du calcul des fondations et de la structure ;
- un support dont la pente est comprise entre 2 et 10 % (ou entre 1° et 6°).



##### ✕ Les toitures-jardins légères ou toiture à végétation intensive peu élaborée

Les toitures-jardins légères forment un compromis entre la toiture-jardin et la toiture végétalisée.

Elles sont caractérisées par :

- les épaisseurs de substrat sont réduites afin de limiter le poids ;
- tous les types de végétation sont envisageables, à l'exception des arbres ou arbustes de trop grande taille ou développant un système racinaire dangereux ;

<sup>22</sup> NIT 229 CSTC – septembre 2006

- la création d'un espace esthétiquement attrayant est possible dans la limite des plantes utilisables ;
- la toiture est accessible ;
- l'entretien est comparable à celui d'un jardin traditionnel présentant une végétation identique ;
- la réalisation en rénovation est parfois possible suivant la nature du support ;
- la pente de la toiture est habituellement comprise entre 2 et 58 % (1 à 30°), si la pente est plus importante, des dispositifs spécifiques de retenue des terres doivent être prévus ; au-delà de 15 % (8,5°), il y a lieu de tenir compte du fait que la circulation devient difficile et que la toiture ne se prête plus à un usage récréatif.

#### ✕ **Les toitures végétalisées ou toitures à végétation extensive**

Elles sont caractérisées par :

- l'utilisation d'une végétation extensive, c'est-à-dire des plantes du type mousses, sedums et certaines plantes vivaces. Cette végétation est plantée dans un substrat spécialement conçu pour ne nécessiter qu'une épaisseur très faible, de l'ordre de quelques dizaines de millimètres à quelques centimètres, et ne demander aucun apport d'eau ou d'engrais en climat tempéré ; dans certains cas, la végétation peut être fournie sous forme de tapis précultivés ;
- une végétation à croissance libre (ou 'sauvage') et d'aspect inorganisé ;
- un accès en général inexistant ou tout au moins fort limité, sauf aménagement spécial prévu à cet effet (dalles sur plots, planchers) ;
- un entretien réduit au contrôle annuel des évacuations d'eau à la fin de l'automne et à la suppression des plantes indésirables ;
- un usage possible en rénovation sur quasiment tous les types de support, vu les faibles épaisseurs de substrat et donc le faible poids (60 kg/m<sup>2</sup> en moyenne, avec un maximum de 100 kg/m<sup>2</sup>) ;
- un support d'une pente comprise entre 2 et 70 % (1 à 35°), au-delà de 35°, des dispositifs spéciaux d'ancrage doivent être prévus.

#### ✕ **Dans la pratique de la rénovation**

On devine sans peine que ce sont les toitures vertes à végétation extensive qui seront les plus utilisées en rénovation pour des questions de coût, de surcharge des plateformes existantes souvent constituées de gîtages et pour des questions d'entretien.

Apparus en Allemagne dans le courant des années 1980, les systèmes à végétation extensive ont pour but de parer aux deux inconvénients majeurs des toitures-jardins : le poids non négligeable et l'entretien important. La végétation extensive se protège naturellement contre la plupart des plantes indésirables. Dans la couche d'enracinement mince de quelques centimètres, ces dernières ne trouvent pas l'eau et la nourriture qui leur sont nécessaires pour survivre à long terme. Des plantes adventices (mauvaises herbes, trèfle, etc.) peuvent apparaître lors de périodes humides, mais elles disparaîtront dès que le soleil aura l'occasion de faire son œuvre. Ceci signifie bien entendu qu'une végétation extensive n'est pas conseillée dans des zones fortement ombragées.

Le seul inconvénient majeur d'une végétation extensive tient au fait que les plantes utilisées ne peuvent pas être piétinées trop souvent. Les surfaces ne peuvent donc pas être utilisées pour des besoins récréatifs ou de circulation. De nombreux architectes ont contourné le problème en prévoyant, sur une partie de la toiture, des planchers en bois imputrescibles ou des



Photo Sophie Trachte



Photo Aline Branders

dalles sur plots. Une végétation extensive offre l'avantage de pouvoir être installée sans trop de difficultés sur des toitures en pente, ce qui se révèle nettement plus compliqué avec une végétation intensive. Signalons que sur les toitures inclinées fortement exposées au soleil (de par leur inclinaison ou leur orientation), une installation d'irrigation au goutte à goutte est généralement nécessaire. Dans ce domaine, l'expérience du poseur joue un rôle essentiel.

Certaines plantes présentant une grande agressivité racinaire sont déconseillées en toitures vertes, on distingue deux types d'agressivité racinaire :

- certaines plantes, à la recherche d'eau et de nutriments, peuvent développer un système racinaire très dense (plusieurs kilos par m<sup>2</sup>) et/ou très étendu (jusqu'à 15 m ou plus) ; ces racines rampent sur l'étanchéité et sont donc surtout agressives au droit des joints et des relevées, profitant de la moindre imperfection pour pénétrer sous l'étanchéité, où elles trouveront éventuellement un peu d'humidité en période sèche.
- d'autres plantes, comme les bambous, les joncs (*Miscanthus*), développent des racines perforantes ou pivotantes ; les plantes dont la nocivité en toiture est plus ou moins bien reconnue peuvent éventuellement être utilisées, à condition de prendre des précautions spéciales telles que la mise en place de bacs en métal ou en matières synthétiques.

Les toitures vertes nécessitent un certain entretien. Minimale pour les types à végétation extensive (contrôle avant et après l'hiver), cet entretien devient, dans le cas d'une toiture à végétation intensive (toiture-jardin), aussi exigeant que celui d'un jardin ordinaire.

Dans tous les cas, on veillera au minimum à débarrasser les avaloirs de tous résidus de végétaux et à l'éradication des pousses d'arbres germées amenées par le vent dont les racines ont un grand pouvoir de perforation (bouleau et peuplier).

Les différents détails d'exécution de composition des toitures et d'aménagement des écoulements sont repris p. 41 à 46 de la Note d'Information Technique NIT 229 élaborée par le CSTC qui fait autorité dans le domaine.

Critères de choix	Végétation extensive	Végétation intensive peu élaborée	Végétation intensive élaborée
Applicable en rénovation ?	oui	à étudier	difficile
Epaisseur	< 0,1m	Entre 0,1 et 0,25 m	> 0,25 m et en fonction du type de végétation
Végétation	Mousses, sédums, graminées (enracinement superficiel)	Végétation extensive et intensive de petite taille	Toutes les plantes d'un jardin traditionnel
Support	Toit plat ou incliné 2% à 70%	Toit plat ou incliné 2% à 57%	Toit plat 2% à 10%
Structure portante	Normale	A étudier	A renforcer
Surcharge	30 à 100 kg/m <sup>2</sup>	100 à 400 kg/m <sup>2</sup>	> 400 kg/m <sup>2</sup>
Accessibilité	non	oui	oui
Surcoût (incluant renforcement de la structure)	16 à 32% selon la superficie	40%	40%
Entretien	quasi nul	régulier	important

Source : Advanced housing renovation with solar and conservation, IEA SHC TASK 37, S. Trachte

## ● Gestion des eaux usées

### ✕ Assainissement et évacuation

L'assainissement et l'épuration des eaux usées, c'est-à-dire des eaux noires (eaux fécales, eaux chargées ou encore eaux vannes) et eaux grises (eaux ménagères) est régie en wallonie par une série d'impositions et de recommandations au niveau communal.

Auparavant, la détermination du mode d'épuration auquel un logement était soumis, collectif par égout ou autonome, se basait sur des plans appelés PCGE (plan communal général d'égouttage). Depuis 2005 chaque habitation dépend de la zone d'assainissement définie par les PASH (Plans d'Assainissement par Sous-bassin Hydrographique) qui remplacent les PCGE.

#### ✕ Pour chaque zone, les PASH fixent donc différentes zones d'assainissement :

##### Une zone d'assainissement transitoire

Zone non définie destinée à évoluer vers l'assainissement collectif ou autonome.

##### Une zone d'assainissement collectif

Zone où il est possible et le plus souvent obligatoire de collecter les eaux usées dans un réseau d'égouttage qui sont dirigées vers une station d'épuration collective, ce sont principalement les zones urbaines pour lesquelles le réseau d'assainissement est la solution la plus efficace vu la densité bâtie et le peu d'espace disponible pour développer des solutions alternatives.

##### Une zone d'assainissement autonome

Zone où l'égouttage n'est pas envisagé. Dans ce cas, un système d'épuration individuelle doit être prévu pour traiter les eaux usées.

#### ✕ La mise en application de l'épuration individuelle est envisagée de deux manières :

##### Par un assainissement autonome individuel

Les eaux usées sont traitées via un système d'épuration individuelle

##### Par un assainissement autonome communal

En fonction de différents paramètres, notamment la distance séparant les habitations, l'administration communale peut porter un projet de regroupement des eaux usées de plusieurs ménages pour les épurer dans une seule station d'épuration « individuelle collective ».

Un logement situé en zone d'assainissement autonome individuel, doit être équipé d'un système d'épuration individuelle. Ce système est composé d'un pré-traitement, d'un traitement proprement dit et d'une évacuation finale des eaux épurées.

**Attention, les eaux de pluie ne peuvent pas passer par le système d'épuration individuelle. Elles seront soit récupérées pour être utilisées dans la maison soit dirigées en aval du système d'épuration pour être évacuées avec les eaux épurées.**

#### ✕ Le pré-traitement (fosse septique)

Il a pour but de décanter les eaux et de dégrader certains polluants (avec des bactéries anaérobies). Un dégraisseur peut être présent pour séparer les graisses (de vaisselle et d'hygiène corporelle) dans les eaux grises, qui vont rejoindre les eaux noires, fécales, vannes ou chargées (des toilettes).

#### ✕ Le traitement

##### Les dispositifs « intensifs »

Ils rassemblent divers systèmes d'épuration avec éventuel traitement mécanique et oxygénation. Ce sont des minis stations d'épuration, il existe une liste des systèmes d'épuration individuelle agréés en région wallonne.<sup>23</sup>

L'évacuation finale des eaux épurées se fait soit via une eau de surface ou une voie artificielle

<sup>23</sup> [http://environnement.wallonie.be/publi/de/eaux\\_usees/index.htm](http://environnement.wallonie.be/publi/de/eaux_usees/index.htm)

d'écoulement des eaux pluviales (ruisseau, rivière, étang, fossé, rigole, aqueduc), soit par infiltration dans le sol (épandage par drains dispersants, filtre à sable,...) pour autant que le système d'épuration individuelle ne soit pas implanté dans une zone de prévention rapprochée de captage d'eau potable (risques de pollution de la nappe phréatique).

#### **Les dispositifs « extensifs »**

Ils ont pour principe le traitement naturel via filtre planté, lagunage, zone humide reconstituée, etc. C'est un dispositif qui demande un espace plus ou moins conséquent mais qui nécessite moins d'entretien et qui présente un certain intérêt paysager.

L'épuration des eaux usées par traitement naturel, tout en étant aussi performante et adaptés que les systèmes intensifs, présente des avantages économiques et écologiques car ils participent à l'amélioration des écosystèmes et à l'aménagement des espaces extérieurs tout en responsabilisant, l'utilisateur sur sa propre consommation en eau et en produits détergents ou lessiviels.

#### ✕ **Le lagunage ou phyto-épuration des eaux usées**

La technique du lagunage est basée sur la transformation et l'assimilation des eaux usées domestiques (les eaux de pluie sont exclues de ce système d'épuration). Elle permet une dépollution organique et une décontamination microbienne grâce à un écoulement lent des eaux usées dans des bassins successifs, une association biologique couvrant toute une chaîne alimentaire (bactéries aérobies, bactéries anaérobies, algues et phytoplancton).

#### **Les filières sont de deux types**

##### **– Les filières simples**

Filières composées d'un seul bassin, à écoulement vertical ou horizontal.

Les eaux épurées doivent obligatoirement être évacuées dans le sol dans lequel une épuration tertiaire (nitrates et phosphates) pourra être réalisée.

##### **– Les filières complexes**

Filières composées de deux ou trois bassins :

- Bassin à écoulement horizontal
- Zone humide reconstituée

ou

- Bassin à écoulement horizontal
- Lagune à mycophytes
- Zone humide reconstituée

#### ✕ **Quelques recommandations**

#### **Le pré-traitement des eaux usées**

Les eaux usées, avant d'être acheminées vers les bassins d'épuration doivent être prétraitées :

- les eaux noires ou vannes sont prétraitées dans une fosse septique,
- les eaux grises sont prétraitées dans un dégraisseur

#### **Le temps de séjour de l'eau à épurer**

Le temps de séjour des eaux à épurer dans les bassins de lagunage doit être supérieur à 30 jours. Cela correspond à une surface totale « de plan d'eau » d'environ 5 m<sup>2</sup> par usager.

#### **L'étanchéité des bassins**

Les bassins de lagunage doivent obligatoirement être étanches afin d'éviter toute pollution des nappes phréatiques. De plus, si les bassins ne sont pas suffisamment étanches, ils risquent de ne jamais se remplir d'eau et donc de ne pas remplir correctement leur rôle d'assainissement.

### La qualité du substrat

Le substrat dans lequel les plantes aquatiques sont enracinées doit garantir :

- un bon écoulement de l'eau
- un bon contact entre l'eau à épurer et les racines des plantes aquatiques
- la fixation des micro-organismes (plancton, bactéries, rotifères,...)

### L'écoulement et l'évacuation des eaux épurées

Il faut être attentif au bon écoulement des eaux entre les différents bassins.

L'isolation des canalisations doit être prévue en cas de périodes de gel

L'évacuation des eaux épurées se fait dans le sol, via :

- un lit d'épandage souterrain ;
- un fossé ;
- un cours d'eau, lorsqu'il n'est pas possible de recourir aux deux premiers procédés

### × Type de bassins

#### - Roselière sur lit de gravier

Surface : 4 à 5 m<sup>2</sup>/usager

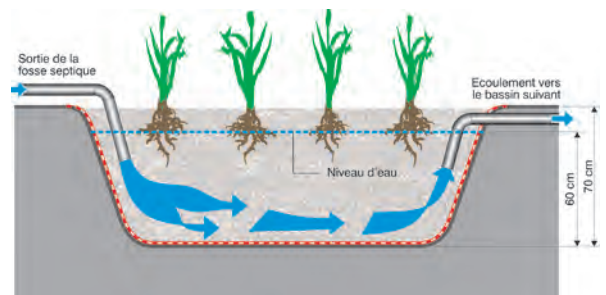
Hauteur d'eau : 60 cm

Substrat : grenailles calibre 7-14 mm

Hauteur de substrat : 70 cm

Plantes : Roseaux, iris des marais, jonc, rubasier,...

L'ensemble du bassin est rempli de grenailles de manière à ce que le niveau d'eau soit au minimum 5 cm sous le niveau du substrat. Écoulement horizontal. Les roseaux doivent occuper les ¾ de la surface en amont de la lagune, le ¼ aval devant être planté d'une autre espèce.



#### - Filtre à sable planté de roseaux

Surface : 2,5 m<sup>2</sup>/usager

Hauteur d'eau : /

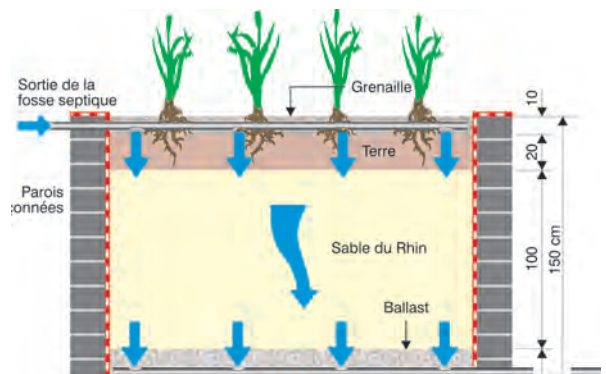
Substrat : terre, sable de rivière, ballast 20-40 mm. Substrats utilisés en couches successives de différentes épaisseurs

Hauteur de substrat : 150 cm

Plantes : Roseaux

Filtre à sable planté de roseaux dans lequel l'eau s'écoule verticalement de haut en bas – ne peut être aménagé que dans des terrains présentant une déclivité de minimum 1,5 m.

Les roseaux empêchent le colmatage du filtre, fournissent l'oxygène à la biomasse et participent à l'épuration par l'absorption de l'azote et du phosphore



#### - Zone humide reconstituée

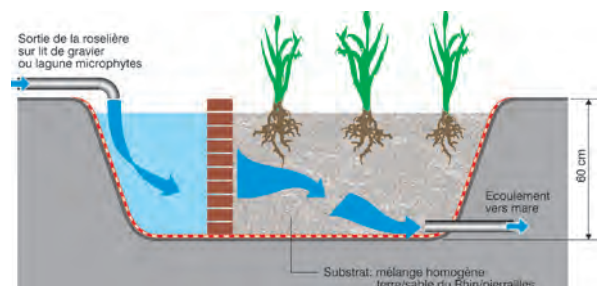
Surface : 3 à 4 m<sup>2</sup>/usager

Substrat : terre, grenailles et sable du Rhin

Hauteur de substrat : 60 cm

Nécessité d'une zone tampon de 1,5 m<sup>3</sup> (sans substrat – hauteur d'eau de 60 cm)

La lagune proprement dite est remplie de substrat - sans eau apparente. L'évacuation se fait au niveau inférieur de la lagune



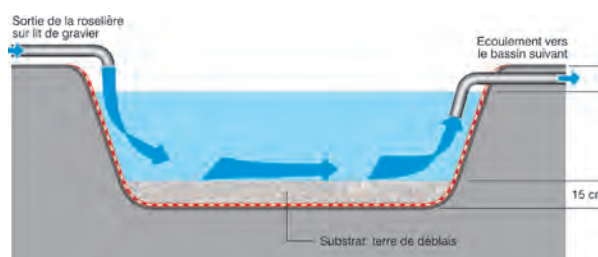
### – Lagune à microphytes

Surface : 2 m<sup>2</sup>/usager

Hauteur d'eau : 60 cm

Substrat : terre argileuse de déblais

Hauteur de substrat : 75 cm



Lagune non plantée, réservée au développement du plancton. L'intégration de ce type de lagune dans une filière d'épuration permet de créer un écosystème « mare » en récupérant les eaux épurées et de réaliser un stockage d'eau pour l'arrosage des jardins.

## × Assainissement et recyclage

L'assainissement traditionnel vise à évacuer dans le réseau d'égouts ou en épandage souterrain les eaux usées, sans envisager la possibilité qu'elles puissent être retraitées sur place afin d'être réutilisées au lieu d'être rejetées directement. Il est parfaitement possible de réutiliser les eaux usées. Les eaux usées grises de par leur pollution limitée se prêtent bien au recyclage après traitement. Plus de la moitié de l'eau consommée par personne est ainsi potentiellement recyclable. En milieu urbain dense, la quantité d'eau de pluie récoltée sur les toitures est souvent trop faible pour couvrir l'ensemble des besoins en eau non potable, principalement pour les immeubles à appartements.

### Deux familles de système de recyclage d'eau grises

#### Les systèmes de type WATER CONVERT®

Ce type de système de recyclage récupère l'eau grise de la douche ou du bain pour le rinçage de la cuvette des WC. Chaque utilisation de la douche et du bain permet de récupérer, de traiter et de stocker l'eau grise. Cette eau est ensuite utilisée pour rincer la cuvette du ou des WC de l'habitation. L'eau grise provenant de la baignoire ou de la douche est ainsi récupérée par un petit réservoir. Ce réservoir contient un filtre mécanique et une pompe. Le système est très compact et se place simplement derrière la cuvette du WC. L'eau est traitée automatiquement par un doseur avec une solution aqueuse colorée en bleu, parfumant et bactéricide. Cette solution contient des agents antitartre et s'oppose ainsi à la formation de dépôts tartreux dans les réservoirs et canalisations des WC. Il ne nuit pas aux stations d'épurations. Une technique équivalente est utilisée dans les avions et les trains à grande vitesse. En cas de pénurie d'eau grise, le système utilise automatiquement l'eau de distribution.

#### Les systèmes de type Pontos Aquacycle

Ce type de système de recyclage des eaux usées de la salle de bains, ne permet pas de potabiliser l'eau mais d'obtenir une eau de qualité sanitaire utilisable pour les douches et les bains et une autre qualité d'eau dite technique pour le rinçage des toilettes, l'alimentation des lave-linge et les usages d'entretien et d'arrosage.

① **L'unité de filtration** : filtre mécanique composé d'un logement pour filtre, avec filtre à tamis en acier inoxydable pour retenir les particules, avec rinçage automatique du filtre par contre courant à durée programmée (réglable individuellement selon le cas) ;

② et ③ unité de pré-recyclage et unité de traitement principal : seconde étape du traitement biologique : traitement aérobie de l'eau grise, avec des mousses adaptées au procédé pour la fixation de la biomasse, exploitée comme réacteur biologique à alimentation en discontinu avec une aération intermittente pour l'optimisation des consommations énergétiques et l'évacuation automatique à durée programmable des sédiments. Transport de l'eau grise pré-

traitée au moyen d'une pompe submersible dans la prochaine unité. Réservoir avec trop-plein raccordé au tout-à-l'égout ;

④ Basculement automatique en eaux potables : dans le cas de manque d'eau technique ou dans le cas d'un dysfonctionnement de la lampe UV-C pour garantir une qualité d'eau aux points de consommation ;

⑤ Désinfection : éradication des résidus de produits chimiques et de germes de l'eau traitée biologiquement et mécaniquement à l'aide d'un réacteur UV-C en réponse aux exigences hygiéniques ;

⑥ Unité de stockage : composé d'un réservoir d'eau technique avec trop-plein au tout à l'égout ;

⑦ Groupe de surpression : pour l'alimentation de l'eau technique traitée dans le réseau vers les points de puisage ;

⑧ Commande de l'installation : commande entièrement automatique du fonctionnement de l'installation avec affichage des défauts, possibilité de modifier le réglage usine des paramètres du processus et du module de programmes pour une exécution automatique du démarrage après rodage.



Source [www.pontos-aquacycle.de](http://www.pontos-aquacycle.de)

La qualité de l'eau traitée générée correspond aux exigences hygiéniques/microbiologiques de la directive CEE concernant la qualité des eaux de baignade du 8 décembre 1975, ainsi que du tableau 3 de la notice H201 du fbr (association allemande professionnelle de l'utilisation des eaux pluviales et industrielles) de janvier 2005.

#### ✕ Dans la pratique en rénovation

Ce type d'installation permet de réduire considérablement la quantité d'eau rejetée aux égouts et d'assurer un approvisionnement régulier et en plus grande quantité en eau de qualité sanitaire recyclée, donc gratuite. Il est surtout adapté à la rénovation de bâtiments collectifs présentant des toitures de surface restreintes en regard de leur taux d'occupation. Même si le retour sur investissement est similaire à celui d'une installation solaire thermique, il faut bien reconnaître que ces systèmes ne sont pas encore très diffusés.

### ● Un usage rationnel de l'eau

Avant de penser à une source d'approvisionnement alternative à l'eau de distribution, il convient comme pour l'utilisation de l'énergie d'en réduire la consommation.

#### ✕ La réduction de la consommation d'eau chaude <sup>24</sup> comme d'eau froide sanitaire est obtenue par :

##### – La réduction du temps d'utilisation ;

Les habitudes d'utilisation sont souvent les plus difficiles à faire évoluer. Entrent en jeu des considérations sociales, de mode de vie et de plaisir.

##### – La réduction de la pression :

Une pression trop élevée donne naissance à une vitesse excessive qui provoque une consommation importante, du bruit dans les canalisations et une fatigue prématurée des équipements (d'où un risque accru de fuites).

On retiendra qu'en théorie, le gain en débit varie comme la racine carrée de la pression : si la pression chute au quart, le débit chute de moitié. Un régulateur de pression est fortement recommandé si la pression en amont est supérieure à 4 bars.

<sup>24</sup> voir aussi chapitre 5 p. 238 et 239

– **Le placement de « moussers » ou limiteurs de débit :**

Il s'agit d'un régulateur de débit qui réduit la section de passage en fin de robinetterie et/ou qui crée un mélange air/eau. Il participe en même temps à la performance acoustique du robinet. Il permet par exemple de réguler un débit maximum de 6 ou 8 litres/minute. Certaines douches économiques permettent, notamment par de l'adjonction d'air, de réduire la consommation jusqu'à 6 litres/minute tout en maintenant un bon confort d'utilisation.

– **Le placement de mitigeurs avec butée :**

Ce type de robinetterie s'utilise comme un mitigeur classique. Toutefois, un point « dur » ou une butée délimite les 2 zones de fonctionnement : une zone économique (de 0 à 6 litres/min environ) et une zone de confort (jusqu'à environ 12 litres/min).

– **Le placement d'une robinetterie thermostatique :**

permet de faire un réglage plus rapide du bon débit et de la bonne température. Un mitigeur thermostatique est également plus confortable puisque la température de l'eau est plus stable. Il convient cependant d'éviter des mitigeurs thermostatiques à levier car ils sont souvent maintenus en position tiède d'où une consommation inutile d'eau chaude.

– **Le placement d'un « stop-douche » :**

Une simple pression de bouton permet d'arrêter temporairement l'écoulement de l'eau pour le savonnage. Après le savonnage, l'eau est à nouveau disponible à la même température.

– **Le choix d'un lave-vaisselle ou d'un lave-linge en fonction de leur consommation d'eau :**

Une machine à laver de 5 kg efficace consommera 40 litres pour un cycle de lavage moyen contre 60 litres pour un modèle énergivore. Les modèles les plus performants en consommation d'eau et d'énergie sont renseignés sur le site [www.topten.be](http://www.topten.be).

– **Le choix de WC avec des chasses d'eau double commande 3-6 litres ou de toilettes sèches.** Des WC de type 'double commande' « 2,5 à 4 litres » avec amplificateur de débit permettent de réduire davantage les consommations liées au poste le plus consommateur qu'est le rinçage des toilettes.

L'utilisation d'une toilette sèche ou à « litière bio-maîtrisée » est identique à celle d'une toilette classique mis à part que les résidus ne sont pas évacués au moyen d'eau directement vers les égouts mais récoltés dans un seau et recouverts de matière carbonée. Le contenu sera versé sur un compost lorsque le récipient sera plein. L'économie en eau est radicale et l'évacuation des effluents vers les égouts est inexistante, il est cependant faux de prétendre que ce système n'est pas plus contraignant qu'un système de toilette classique, il est en outre difficilement applicable dans des logements ne disposant pas d'un jardin permettant un compostage aisé.



Source : domaine public



Source : domaine public

Impact des mesures d'économie d'eau sur les besoins par poste de consommation

Type d'usage	Consommation [litres/jour/personne]	Répartition [%]	Réduction grâce aux dispositifs d'économie d'eau	Valeurs attendues [litres/jour/personne]	Nouvelle Répartition [%]
Sanitaires	43 l/jour/personne	36 %	+/- 50% si chasse d'eau double commande	21 l/jour/personne	24 %
Lessive	16 l/jour/personne	13 %	+/- 25% si lavelinge économe	12 l/jour/personne	12 %
Cuisine	4 l/jour/personne	3 %	+/- 33% si réduction de pression sur les robinets	8 l/jour/personne	8 %
Vaisselle	8 l/jour/personne	7 %	choix de 2 éviers + lave-vaisselle économe		
Hygiène corporelle	39 l/jour/personne	33 %	Jusqu'à 40% si limiteur de débit	35 l/jour/personne	35%
Entretien et abords	10 l/jour/personne	8 %		10 l/jour/personne	10%
TOTAL	120 l/jour/personne	100 %	+/- 30% peuvent être économisés moyennant la mise en place de dispositifs d'économie d'eau	86 l/jour/personne	100 %

On estime qu'une réduction de +/-30% des besoins en eau peut être obtenue en combinant différentes mesures qui concernent notamment le choix des équipements (robinetterie, WC, etc.) et des habitudes comportementales (douches plutôt que bains). Les dispositifs d'économie d'eau ne requièrent qu'un faible surcoût d'investissement, préservent le confort d'usage et réduisent la facture (cf. tableau ci-contre).<sup>25</sup>

## ● Récupérer l'eau de pluie

Le placement d'une citerne d'eau de pluie est une obligation légale pour toute construction neuve dans certaines communes en wallonie, rien n'est par contre prévu en cas de rénovation de bâtiments existants.

Après mise en œuvre des mesures d'économie d'eau, environ 60 % des besoins peuvent être couverts par l'utilisation d'eau de pluie pour des usages ne requérant pas d'eau potable. Cela peut s'avérer une solution environnementalement intéressante et selon les conditions locales du projet, cela peut également dégager des économies financières. Contrairement au recyclage des eaux grises l'emploi d'eau de pluie ne réduit pas la quantité d'eau usée rejetée aux égouts.



Citerne en polyéthylène



Citerne en béton

L'eau de pluie étant faiblement minéralisée, légèrement acide et peu dure (cf. tableau ci-contre), elle peut être utilisée dans des équipements sans risques d'entartrage ou de colmatage, à partir du moment où des filtres sont prévus en aval du groupe hydrophore (pompe de distribution).<sup>25</sup>

Composition de l'eau de pluie en fonction des paramètres de qualité de l'eau potable

Paramètres physico-chimiques	Eau potable (normes maximales)	Eau de pluie
Acidité de l'eau [pH]	pH entre 6,5 et 9,2	pH entre 4 et 6 (avant passage dans la citerne) pH entre 7 et 8 (stockage dans une citerne en béton)
Dureté de l'eau [°fH ou °dH]	jusque 67° fH	jusque 5° fH
Teneur en calcium	270 mg/l	21 mg/l
Teneur en sodium	150 mg/l	1,6 mg/l
Teneur en potassium	12 mg/l	0,8 mg/l
Teneur en halogénures (chlorure)	200 mg/l	6 à 9 mg/l
Teneur en nitrates	50 mg/l	6 mg/l
Teneur en sulfates	250 mg/l	9,5 mg/l
Qualité bactériologique	bonne	variable

### ✕ Type de toiture

- La pollution des eaux de ruissellement est principalement due à leur passage sur des voies de circulation ou de parking, c'est pour cela que les eaux à destination d'un stockage en citerne sont récoltées uniquement en toiture.
- L'eau de ruissellement récupérée de toitures métalliques ou de toitures à forte proportion d'éléments métalliques (cuivre, zinc, étain ou plomb) peut être plus ou moins chargée en métaux lourds (largage d'ions métalliques par ruissellement sur la couverture de toiture). Il est donc déconseillé de la récupérer pour un autre usage que le rincage des toilettes et le nettoyage.
- Les toitures vertes n'empêchent pas la récupération de l'eau de pluie mais sont une contrainte importante de sorte qu'un arbitrage est souvent réalisé entre la mise en œuvre d'une citerne et celle d'une toiture verte sur une grande surface. L'eau récoltée est moins importante et est chargée en matières organiques suite au passage à travers le substrat. Il faut donc prévoir une filtration physique plus importante et parfois une oxygénation forcée de l'eau pour éviter la dégradation de sa qualité. Notons que les toitures vertes extensives mises en œuvre sur des plateformes ne représentent qu'une surface restreinte par rapport aux toitures principales d'une maison, ce qui ne nécessite généralement pas de filtrage complémentaire à celui normalement prévu lors d'un raccordement en citerne.
- Des couvertures de toitures inertes comprennent l'ensemble des toitures qui ne présentent pas un risque de dissolution de particules ou de matières organiques ou de composés chimiques ou métalliques dans l'eau de ruissellement : ardoises, tuiles, membranes epdm, aluminium thermolaqué, etc.
- Les possibilités de récupération de l'eau dépendent fortement du type de toiture existante. Tous les types de toiture ne permettent pas de récupérer la même quantité d'eau de pluie (cf. le tableau ci-contre).<sup>25</sup>

Type de toiture	Taux de récupération
Toit plat recouvert de gravier	60%
Toit plat recouvert de matières synthétiques ou bitume	70 à 80%
Toit plat recouvert de végétation extensive	50 à 70%
Toit plat recouvert de végétation intensive peu élaborée	30 à 40%
Toit en pente recouvert de panneaux ou de tuiles	75 à 95%

<sup>25</sup> Matriciel, Architecture et climat UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouvellement du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, octobre 2009, chapitre 16 pg.3

## ✕ Couverture des besoins

En fonction des surfaces de toitures disponibles et du type de matériau de couverture, des besoins peuvent être, en partie ou complètement, couverts par de l'eau de pluie :

Synthèse des besoins en eau et couverture potentielle par une source alternative

Type d'usage	Consommation (litres/jour/personne)	Répartition (%)	Remplaçable par une source d'eau alternative	Volume annuel d'eau (m <sup>3</sup> /an/personne)
Sanitaires	21 l/jour/personne	23-30%	OUI (avec filtrage 25µ)	7,7 m <sup>3</sup> /an
Lessive	12 l/jour/personne	13-17%	OUI (avec filtrage 25µ et 5µ)	5,84 m <sup>3</sup> /an
Cuisine	8 l/jour/personne	9-11%	NON (contraintes sanitaires)	2,92 m <sup>3</sup> /an
Vaisselle				
Hygiène corporelle	20-40 l/jour/personne	44-28%	NON (contraintes sanitaires)	7,3-10,95 m <sup>3</sup> /an
Entretien et abords	10 l/jour/personne	11-14%	OUI (avec filtrage 25µ)	3,65 m <sup>3</sup> /an
TOTAL	75-85 litres/jour/personne	100%	Entre 56 et 62% peuvent être couverts par une source d'eau alternative	entre 27,4 et 31 m <sup>3</sup> /an/personne

– L'usage pour l'entretien des bâtiments, des abords et l'arrosage des plantations peut être envisagé sans traitement particulier, partant du principe que cet usage présente un risque de contact ou de nébulisation (pulvérisation en aérosol respirable) limité.

- L'usage d'eau de pluie dans les toilettes est le moins contraignant du point de vue du maintien de la qualité de l'eau de pluie. Il n'y a pas de contact direct et le risque d'encrassement des équipements est limité. Ce poste est en outre le plus consommateur en eau.
- L'usage de l'eau de pluie pour les machines à laver nécessite l'usage d'un filtre à sédiment de 5µ. Le traitement de l'eau au charbon actif pour l'amélioration de la qualité visuelle (eaux chargées en matières organiques), la disparition des odeurs et autres substances organiques dissoutes est fortement recommandé.

## ✕ Équipements

### Filtres en amont de la citerne

Le placement d'une chambre de décantation est conseillé pour des toitures de plus de 100 m<sup>2</sup> et en cas de toiture verte de surface importante.

Placée en amont de la citerne de récupération, elle permet aux matières organiques de se déposer et limite l'arrivée de ces matières au niveau de la citerne de récupération de l'eau de pluie. Cela en facilite l'entretien (évacuation des boues limitées à un seul compartiment facilement accessible) et évite un dysfonctionnement de la citerne. La chambre de décantation peut-être intégrée ou non à la citerne.

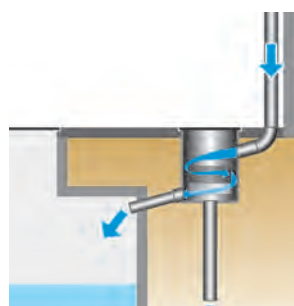
Les descentes d'eau pluviales sont pourvues en partie haute de crépines et de préférence de pré-filtres autonettoyants (en colonnes ou à cyclone) en pied de descente qui permettent :

- la rétention et la séparation des matières sédimentables ou en suspension et des corps plus grossiers (feuilles, etc.) afin de limiter le dépôt de matières organiques dans la citerne de récupération d'eau pluviale. Ces matières organiques pourraient se dégrader en absence d'oxygène (anaérobie) provoquant le dégagement d'une odeur nauséabonde.
- la limitation du risque de colmatage des descentes d'eau pluviales et des organes d'entrée de la citerne.

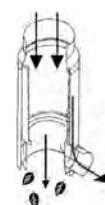


Crépine en tête de descente d'eau

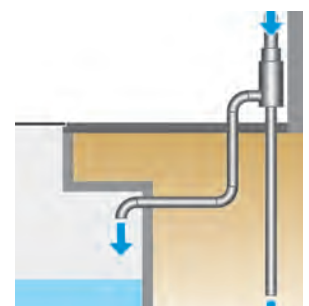
Source : www.bmr.co



Filtre cyclone



Filtre en colonne

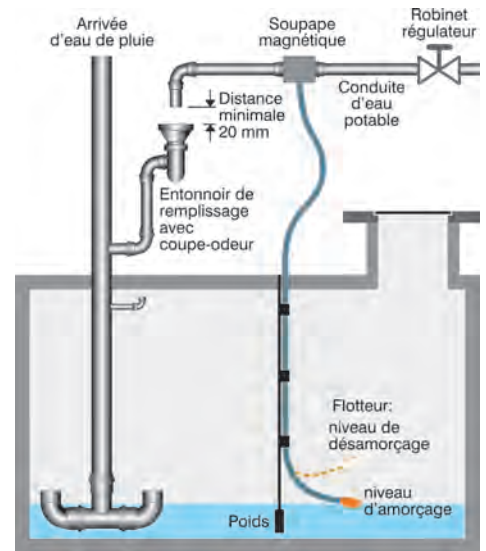


### Équipements de la citerne de récupération

Le tuyau d'arrivée des eaux de pluies dans la citerne est muni d'un dispositif qui ralentit l'arrivée de l'eau (éviter les remous). Ce tuyau sera prolongé par un dispositif (coude ou autre) qui permet d'éviter à la boue déposée en fond de citerne d'obstruer le tuyau. La prise d'eau vers le groupe hydrophore sera munie d'un filtre sur flotteur (prise d'eau à 10 cm de la surface).

La législation impose une déconnexion physique (min. 2 cm) entre le réseau d'eau potable et le réseau d'eau de pluie. Trois alternatives sont possibles :

- pompe avec basculement automatique sur l'eau de ville lorsque la citerne est vide ;
- sonde de niveau dans la citerne qui enclenche le remplissage de la citerne par de l'eau de distribution quand l'eau de pluie fait défaut ;
- basculement manuel vers l'eau de ville ou vers le remplissage de la citerne pour les habitations unifamiliales. Ce geste permet à l'habitant de contrôler si le système fonctionne correctement et fait prendre conscience de la vitesse à laquelle l'eau de la citerne est consommée, permettant ainsi d'éventuellement adapter la consommation au cycle de remplissage.



### Maintien de la qualité de l'eau stockée et filtres en aval de la citerne avant consommation

Des techniques existent pour maintenir la qualité de l'eau tout au long du stockage.

Elles consistent par exemple à oxygéner le milieu pour éviter une fermentation anaérobie de l'eau stockée. Un filtrage, après le groupe hydrophore (pompe de distribution), avant consommation, sera prévu en fonction des usages pour protéger les appareils installés en aval (ultrasons, rayons UV, osmose inverse, javellisation, etc.).

- Une aération de l'eau de la citerne au moyen d'un surpresseur (injectant de l'air dans l'eau) ou pour les petites citernes (moins de 10 m<sup>3</sup>) une ventilation efficace située au-dessus du niveau du trop-plein permet de limiter l'apparition des odeurs et une couleur brunâtre de l'eau. Elle limite le risque de fermentation anaérobie des matières organiques présentes dans l'eau de ruissellement des toitures (poussières, feuilles, etc.).
- La filtration mécanique qui retient les impuretés dans l'eau (terre, sable, rouille) est nécessaire. Un filtre à sédiments 25µ est suffisant pour un usage de rinçage des WC. Un filtre plus fin pour finaliser le traitement, filtre à particules de 5µ est conseillé si l'eau est destinée à des équipements sensibles au colmatage (lave-linge). Ces filtres seront choisis de préférence avec des cartouches lavables.
- Le traitement de l'eau au charbon actif qui améliore la qualité visuelle (eaux chargées en matières organiques), la disparition des odeurs, la diminution du chlore, de l'ozone et de micropolluants comme les pesticides et autres substances organiques dissoutes est recommandé.
- Une ultrafiltration par osmose inverse peut être envisagée pour les eaux destinées à alimenter les douches/bains permettant une qualité proche d'une eau potable. C'est un système d'ultrafiltration par membrane poreuse. Cette technique permet de réduire les sels dissous contenus dans l'eau et d'obtenir une eau dont la composition physico-chimique est stable. Néanmoins le débit d'eau filtrée passant à travers la membrane, est relativement faible : entre 2 et 8 litres rejetés par litre d'eau traité. Cette technique entraîne donc un gaspillage d'eau important, sauf si cette eau est rejetée à la citerne.



Filtres combinant post filtration et le traitement de l'eau au charbon actif relié au groupe hydrophore



Osmoseur

- Une désinfection par filtres UV permet aussi d'offrir une qualité d'eau destinée aux douches/bains. Cela consiste en l'usage d'une ampoule UV placée dans un manchon en quartz qui par rayonnement ultraviolet inactive les micro-organismes pathogènes. Ce procédé entraîne une consommation d'électricité non négligeable.



Filtre UV avec filtre 20  $\mu$  et 5  $\mu$  combiné avec un filtre à charbon actif

Source : www.autonomie-demain.com

- Réseaux de distribution d'eau  
Les réseaux d'eau potable et d'eau non potable (récupération d'eau de pluie) seront séparés et clairement identifiés. L'eau de pluie est légèrement acide (pH entre 4 et 6 avant passage dans la citerne) et peut avoir un effet corrosif sur les canalisations métalliques. L'usage de tuyauterie en acier inoxydable ou en plastique (polypropylène) est donc conseillé. Néanmoins, en présence d'une citerne en béton ou cuvelée par un enduit au ciment, l'acidité de l'eau de pluie va être neutralisée par des éléments calcaires (hydroxyde de calcium) issus de la réaction du ciment avec l'eau. En cas de mise en œuvre d'une citerne en matériau synthétique, l'acidité de l'eau peut-être diminuée en plaçant en fond de citerne quelques blocs de béton lourd ou mieux encore des blocs à base de chaux.

#### ✕ Dans la pratique en rénovation

Une citerne d'eau de pluie est souvent présente dans les maisons urbaines du 19<sup>e</sup> et du début du 20<sup>e</sup> siècle. C'était une manière d'avoir à disposition une réserve d'eau non potable pour les besoins de nettoyage et d'hygiène corporelle avant l'apparition des systèmes de distribution d'eau courante. Jusqu'au milieu du 19<sup>e</sup> siècle, l'eau potable était transportée par la domesticité ou des porteurs d'eau rétribués à la course depuis les fontaines publiques jusqu'aux logis. Elle y était stockée dans de grands vases ou réservoirs en cuivre de 60 à 100 litres de contenance équipés d'un robinet en partie basse.

La consommation d'un ménage était à cette époque d'approximativement 15 litres d'eau potable par jour <sup>26</sup> pour une moyenne de 105 litres par personne en région wallonne aujourd'hui.

Il y a quelques années encore, les citernes existantes étaient condamnées ou comblées par des gravats de démolition lors de campagnes de rénovations de bâtiments anciens.

Le placement d'une citerne neuve et d'un système de récupération d'eau de pluie reste relativement coûteux et ne pourra être rentable qu'à long terme. Il est donc intéressant de réhabiliter une citerne existante, l'investissement s'en trouve réduit de moitié, voir plus.

#### Les travaux de réhabilitation doivent au minimum

- Permettre de rendre la citerne étanche à l'eau et à la lumière. Les travaux d'étanchement consistent le plus souvent en un ragréage ou un remplacement du cimentage intérieur avec un enduit au mortier hydrofuge (mortier additionné d'un entraîneur d'air). Ce mortier contiendra de préférence 10 % de chaux pour réduire le taux d'acidité de l'eau. Ce type d'intervention suffira quand la citerne se trouve en pleine terre et ne présente pas un mur commun avec une cave. En cas de mur commun avec une cave, un cimentage qui reste légèrement poreux ne suffira pas à garantir une étanchéité parfaite, des produits d'étanchéité à base de bitume à froid ou la pose de membranes d'étanchéité de type « piscine » sont alors malheureusement indispensables.
- Permettre les visites d'entretien. Un trou d'homme sera aménagé s'il n'existe pas et équipé d'une taque de fermeture à double couvercle.

<sup>26</sup> Béatrice Fontanel, « Nos maisons du moyen âge au XX<sup>e</sup> siècle », *Seuil*, septembre 2010

### 3. DÉCHETS

#### ● Déchets ménagers

Selon l'office Wallon des Déchets, un habitant a produit en 2004, en moyenne 550 kg de déchets ménagers sur l'année. Cela comprend l'ensemble des déchets, y compris ceux qui ne sont collectés qu'une fois par an comme les encombrants.

La part des déchets collectés en porte-à-porte et de manière hebdomadaire est de l'ordre de 300 kg par habitant par an. Cela comprend les sacs tout venant et ceux des collectes sélectives. Le détail des compositions de ces déchets est repris dans le tableau ci-contre.<sup>27</sup>

Une campagne de mesures réalisées en 2003-2004 s'est concentrée sur la composition des ordures ménagères brutes.

La production d'ordures ménagères collectées en porte-à-porte (sacs « tout-venant » des ménages) en Région Wallonne sur base des relevés 2003-2004 est de : ± 123,3 kg/hab.an.

L'analyse de la composition révèle que +/-5% du verre et +/-10% du papier/carton échappe à la collecte sélective.

Le gisement total des déchets ménagers tend à se stabiliser. Le gisement moyen de déchets non triés (ordures ménagères brutes) a fortement diminué ces dernières années (entre 1997 et 2003). Dans cette fraction, la part de matière organique représente en moyenne 55 %.

La proportion de valorisation et de recyclage des déchets ménagers est reprise dans le tableau ci-contre<sup>27</sup>. On remarque que la proportion de déchets non valorisés, éliminée en centre d'enfouissement technique CET (en décharge), représente encore +/-30 % du total. La valorisation des déchets organiques devrait encore progresser puisqu'ils ne sont valorisés qu'à hauteur de 15 % alors qu'ils représentent plus de 50 % de la masse totale.

Dans le cadre de la rénovation d'une **maison unifamiliale**, l'auteur de projet implantera un espace de tri, dans la cuisine, dans un local technique, un débarras, ou dans un coin du garage.

La surface de cet espace sera telle que les habitants puissent entreposer au minimum une poubelle « verre » et les 3 poubelles obligatoires en Région Wallonne :

- le sac bleu pour les bouteilles et flacons en plastique, emballages métalliques et cartons à boissons (propres et secs) ;
- le sac jaune pour les papiers et cartons (propres et pliés) ;
- le sac blanc pour les déchets ménagers non triés.

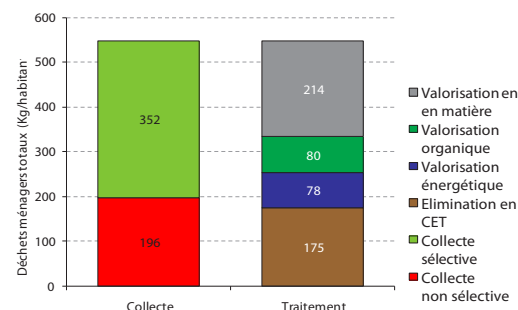
Enfin, il est important de prévoir dès à présent un espace pour le tri des déchets organiques qui va devenir une réalité.

Dans **les petits logements collectifs** (jusqu'à 4-6 logements), une gestion individuelle des déchets est également le plus réaliste.

Dans **les grands immeubles collectifs** (de 7 à 10 logements et plus) et où une personne (ex. : concierge, propriétaire, etc.) s'occupe de l'entretien, un espace commun (centralisé) de stockage est envisageable.

Année 2004	Collecte		Collecte sélective
	kg/hab	kg/hab	Soit en % par rapport à la collecte totale
<b>Ordures ménagères</b>	<b>307,4</b>	<b>111,2</b>	<b>36 %</b>
verres	35,7	28,4	80 %
papiers et cartons	76,9	53,4	70 %
cartons à boissons	7,0	1,4	21 %
plastiques	20,8	6,1	30 %
métaux	18,7	12,5	67 %
textiles	3,7	0,3	9 %
matières organiques	108,7	7,1	7 %
déchets spéciaux des ménages	2,8	2,4	86 %
résidus	33,1	0,0	0 %
<b>Fractions grossières</b>	<b>240,5</b>	<b>240,5</b>	<b>100 %</b>
déchets verts (fraction grossière)	66,2	66,2	100%
déchets inertes	93,1	93,1	100%
encombrants	81,2	81,2	100%
<b>Déchets ménagers totaux</b>	<b>547,8</b>	<b>351,6</b>	<b>64%</b>

Composition moyenne de la poubelle d'ordures ménagères en Région Wallonne		
	Moyenne 2003 - 2004	
	kg/hab	%
Fines	2,1	1,7 %
Organiques compostables	66,5	53,9 %
Papier	10,6	8,6 %
Carton	3,6	2,9 %
Verre	4,3	3,5 %
Métal	3,8	3,1 %
Plastique	9	7,3 %
Textile	2,1	1,7 %
Textile sanitaire	10,3	8,3 %
Combustible	1,9	1,5 %
Incombustible	4,7	3,8 %
Complexe	3,4	2,8 %
Spéciaux	0,2	0,2 %
Bois	0,9	0,7 %
<b>Total</b>	<b>123,3</b>	<b>100 %</b>



<sup>27</sup> Matriciel, Architecture et climat UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouvellement du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, octobre 2009, chapitre 19 pg.1 à 5



## ● Déchets de construction <sup>28</sup>

Le gisement annuel des déchets de construction et de démolition est d'environ 2 100 000 tonnes (1995) (entre 1/5 et 1/4 de la totalité des déchets produits), dont 18 % provenant de chantiers de constructions neuves, 18 % issus de chantiers de rénovations et 64 % liés à des démolitions complètes, principalement résidentielles.

La rénovation du bâti existant a évidemment un rôle clé à jouer pour limiter l'impact des déchets de construction en limitant au minimum les démolitions reconstructions qui génèrent énormément de déchets ; par ailleurs, toute une série de mesures spécifiques doivent être prises : identification des déchets, imposer des conditions de gestion des déchets, sensibilisation des concepteurs (dès le stade de la conception), développer des guides spécifiques de bonne pratique, encourager les nouveaux métiers de déshabillage des bâtiments, rendre obligatoires le tri et la collecte, normaliser et certifier les matériaux recyclés, imposer leur réutilisation, etc.

### ✕ Mesures préventives portant sur les procédés de construction

Le procédé de construction et les choix constructifs devront permettre de limiter au maximum les déchets produits sur le chantier de rénovation.

Pour ce faire, le concepteur veillera à :

#### ✕ Travailler avec des dimensions standardisées et des éléments de construction préfabriqués

Le recours aux dimensions standardisées et aux éléments préfabriqués dans un procédé de construction permet de réduire sensiblement la production de déchets sur chantier.

Les déchets liés à la fabrication sont directement et plus facilement triés en atelier.

Cette solution permet également une mise en œuvre plus aisée (pas de prise de mesures et de découpe sur chantier) et une réduction sensible de la durée du chantier.

Ce type de mesure est cependant plus difficile à appliquer sur des chantiers de rénovation, elle est applicable pour la construction d'extensions quand elles sont nécessaires et pour des postes comme les menuiseries intérieures.

#### ✕ Utiliser des techniques de construction permettant un démontage ultérieur aisé

Favoriser les assemblages mécaniques en lieu et place de colles qui permettront le tri en fin de vie.

### ✕ Mesures préventives portant sur les matériaux de construction

Le choix des matériaux de construction réalisé lors de la phase de conception d'un bâtiment va avoir des conséquences plus ou moins importantes, lors de la fin de vie de celui-ci, sur la quantité de déchets et sur la gestion nécessaires à l'élimination et la valorisation de ces déchets.

**De manière générale :**

- on exclura les matériaux ou produits de construction générant des déchets dangereux ;
- on envisagera la réutilisation de certains matériaux in situ, sans traitement préalable (réutilisation de brique issu de la démolition, réutilisations de bois de charpente ou de gîtes démontés, récupération de matériaux de couvertures en bon état lors de la transformation de toitures, réutilisation de portes anciennes, etc.).

**En terme de rénovation durable, il convient d'effectuer un choix des matériaux de construction en tenant compte de :**

- la teneur en matière recyclée
- la capacité du matériau de construction à être recyclé
- l'aptitude à la déconstruction du matériau (système de fixation, possibilité d'être séparé des autres matériaux connexes).

<sup>28</sup> Plan wallon des déchets - Horizon 2010

#### Remarques :

Bien que l'industrie du recyclage soit en pleine expansion, il paraît également important de tenir compte des filières de recyclage existantes et de leur situation par rapport au chantier (filière implantée dans la région, le pays ou un pays limitrophe).

#### ✕ Mesures préventives portant sur la gestion de chantier

Une gestion efficace des déchets permet de trier davantage et à la source les déchets de manière à pouvoir les valoriser dans les filières de recyclage

Une gestion efficace des déchets de démolition sur chantier implique de travailler en 5 phases :

- L'identification des différents matériaux intégrés au bâtiment existant et susceptibles de devenir des déchets ;
- Le démontage sélectif (et non la démolition) des différents matériaux ;
- Le tri des déchets, selon les obligations légales propres à la région, selon les conditions locales et l'organisation du chantier ;
- Le choix des filières de valorisation ou à défaut des filières d'élimination ;
- L'identification des débouchés.

#### DÉCHETS

##### PRIORITÉS POLITIQUES POUR LA GESTION DES DÉCHETS :

###### 1. Prévention :

**Diminuer les quantités générées, diminuer la nocivité des déchets générés, augmenter la recyclabilité des matériaux**

Pour les déchets de construction : réutilisation de matériaux facilement démontables et réutilisables.

→ La prévention doit conduire à l'utilisation de matériaux facilement démontables et recyclables.

→ Les produits issus du recyclage doivent présenter une garantie de réutilisation.

###### 2. Valorisation matière :

**Réutilisation, récupération, recyclage, compostage, biométhanisation**

Pour les déchets de construction : la « valorisation matière » est en pleine expansion (en 1995, 10 installations de tri/recyclage existaient et traitaient déjà 650 000 tonnes par an de déchets de construction). Les produits du recyclage de ces déchets de construction et de démolition étaient utilisés dans les soubassements et les fondations de routes ainsi que dans l'asphalte.

→ L'objectif du Plan wallon des déchets est la valorisation de 75 % du gisement.

###### 3. Valorisation du potentiel énergétique :

**Co-incinération en cimenterie, en sidérurgie, dans les fours à chaux...  
(objectif premier = fabrication de produits)**

Environ 25 % des déchets de construction étaient mis en CET en 1995.

→ La mise en CET doit être réduite au minimum pour approcher les 10 % en 2010.

###### 4. Incinération :

**Incinération des déchets avec ou sans récupération d'énergie  
(objectif premier = élimination des déchets).**

→ Cette incinération doit se faire en respectant les normes environnementales.

###### 5. Mise en CET

**Mise en centre d'enfouissement technique avec ou sans récupération d'énergie  
(objectif premier = élimination des déchets).**

→ Chaque étape doit se réaliser dans des conditions sûres pour la santé publique et l'environnement.

< État de l'environnement wallon, Tableau de bord 2005 - DGRNE, MRW - Conception CEEW (Cellule État de l'Environnement wallon)

### LECTURES COMPLÉMENTAIRES ET BIBLIOGRAPHIE MATÉRIAUX, ÉNERGIE GRISE ET SANTÉ

- FRIEDRICH KUR, L'habitat écologique, quels matériaux choisir ?, Terre Vivante, 1998
- J.P. OLIVA et S. COURGEY, L'isolation thermique écologique, conception, matériaux et mise en œuvre, neuf et réhabilitation, Terre Vivante, 2010
- JUTTA SCHWARZ, L'écologie dans le bâtiment, guides comparatifs pour le choix des matériaux de construction, Verlag Paul Haupt, Berne, 1998
- DOCTEURS DEOUX, Le guide de l'habitat sain, éditions MEDIECO, 2002
- O.ARUP and PARTNERS, The Green Construction Handbook, A manuel for Clients and construction Professionals, JT Design Build, 1993
- ADEME, Qualité environnementale des bâtiments, manuel à l'usage de la maîtrise d'ouvrage et des acteurs du bâtiment, 2002
- IBGE (Institut bruxellois pour la Gestion de l'Environnement), Guide pratique pour la construction et rénovation de petits bâtiments (<1 000 m<sup>2</sup>) – fiches matériaux et santé, Bruxelles, 2007
- MEMENTO, Caractéristiques des produits pour la construction durable, choisir et prescrire des solutions environnementales adaptées, Le Moniteur, 2008
- DANIEL KULA et ELODIE TERNAUX, Materiology, matériaux et technologies : l'essentiel à l'usage des créateurs, Birkhauser and Frame publishers, 2009
- JEAN-MARC HUYGEN, (2008), La poubelle et l'architecte, vers le réemploi des matériaux, L'impensé chez ACTES SUD
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : TER05, Maximiser la productivité écologique in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, IBGE, 2009
- MATRICIEL, ARCHITECTURE ET CLIMAT UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouveau du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, chapitre 18 Matériaux et procédés de construction, 2009
- BRANDERS ALINE - ARCHITECTURE ET CLIMAT, Vers des enveloppes durables, Master of advanced studies (MAS) en architecture et développement durable, 2009
- MASSART CATHERINE - ARCHITECTURE ET CLIMAT, Conception de maisons neuves durables, élaboration d'un outil d'aide à la conception de maisons à très basse consommation d'énergie, Ministère de la Région wallonne, 2010  
Téléchargeable : <http://energie.wallonie.be/fr/de-nouveaux-outils-pour-la-conception-de-maisons-a-tres-basse-consommation-d-energie-et-pour-l-isolation-par-l-interieur.html?IDC=6302&IDD=44707>
- SOPHIE TRACHTE - ARCHITECTURE ET CLIMAT, Choix des matériaux, écobilans de parois, Ministère de la Région wallonne, octobre 2010  
Téléchargeable : <http://energie.wallonie.be/fr/de-nouveaux-outils-pour-la-conception-de-maisons-a-tres-basse-consommation-d-energie-et-pour-l-isolation-par-l-interieur.html?IDC=6302&IDD=44707>

### LECTURES COMPLÉMENTAIRES ET BIBLIOGRAPHIE GESTION DE L'EAU ET BIODIVERSITÉ

- IGEAT-ULB (Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire), Étude commanditée par l'AED sur l'imperméabilisation en Région bruxelloise et mes mesures envisageables en matière d'urbanisme pour améliorer la situation, 2006
- IEB (Inter-Environnement Bruxelles), Aménager votre habitation pour mieux préserver le « patrimoine-eau » de la Région, 2007
- ISA St-Luc-CERAA asbl, Étude en support au « Plan Pluies » pour la Région de Bruxelles-Capitale, Annexe Contexte urbain de chaque ville. Mesures structurelles de gestion des eaux pluviales : techniques préventives mises en œuvre, 2006
- CEESE (Centre d'Études Économiques et Sociales de l'Environnement), Étude en support au « Plan Pluies » pour le Région de Bruxelles-Capitale, Annexe Mesures non structurelles de gestion des eaux pluviales. Coûts et modalités de financement de la gestion des eaux pluviales, décembre 2006

- ECOLAS (Environmental Consultancy & Assistance), Étude en support au « Plan Pluies » pour le Région de Bruxelles-Capitale, Annexe Gand et Londres, décembre 2006
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : TER06 : « Réaliser des toitures vertes », in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, IBGE, 2008
- IBGE – Bruxelles Environnement, Comparaison de mesures alternatives pour la gestion des eaux de pluie à l'échelle de la parcelle – Outil interactif et Info Fiches Mesures compensatoires, 2009
- LIEBARD A., DE HERDE A., Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, Paris, 2005.
- VLAAMSE MILIEUMAATSCHAPPIJ, Waterwegwijzer voor architecten - een handleiding voor duurzaam watergebruik in en om de particuliere woning, 2002
- BELGAQUA, Prescriptions techniques installations intérieures, Bruxelles, 2007
- DE CUYPER, K., l'utilisation rationnelle de l'eau potable. Actions concrètes en faveur de la construction durable, CSTC, 1998
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : EAU01 Gérer les eaux pluviales sur la parcelle, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, IBGE, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : EAU 02 Faire un usage rationnel de l'eau, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, IBGE, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : EAU 03 Récupérer les eaux de pluie, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, IBGE, 2008
- MATRICIEL, ARCHITECTURE ET CLIMAT UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouveau du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, chapitre 16 Faire usage rationnel de l'eau, 2009
- MATRICIEL, ARCHITECTURE ET CLIMAT UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouveau du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, chapitre 17 Gérer l'eau sur la parcelle, 2009
- ARCHITECTURE ET CLIMAT, Guide conseil logements collectifs pour les concepteurs - Critères techniques pour une mise en œuvre énergétique et durable, mai 2006
- BRUXELLES ENVIRONNEMENT – IBGE, Maillage vert et bleu, Bruxelles, 2000
- DEMANET M. and MAJOT J.P., Manuel des espaces publics bruxellois. Éditions Iris, 2000.
- DE HERDE, A., VERMEIR, G., GODART, M-F., HANIN, Y., BOLAND, P., REITER, S., RYCHTARIKOVA, M., CASTIAU, E., PONS, T., MARTIN, N., MEURIS, C., MOREAU, A., XANTHOULIS, S., Design and Renovation of Urban Public Spaces for Sustainable Cities. Final Report Phase 1. (Research Programme Science for a Sustainable Development), Brussels : Belgian Science Policy, 2009
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : TER06, Réaliser des toitures vertes in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, IBGE, 2009
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : TER07, réaliser des façades vertes in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, IBGE, 2009
- DUNNET, N., KINGSBURY, N., Toits et murs végétaux nouvelle édition revue et corrigée, Édition de la Rouergue, 2008
- LASALLE, F., Végétation extensive des terrasses et des toitures, Édition du moniteur, 2008
- CSTC, Note d'information technique n° 229 – les toitures vertes, Bruxelles, 2006
- DE SCHUTTER, G., GRYSEELS, M. and KEMPENEERS, S., Biodiversité en Région de Bruxelles-Capitale : la nature de Bruxelles in Bulletin de l'Institut des Sciences Naturelles de Belgique, n° 70-suppl., 2000, pp. 35-39

## LECTURES COMPLÉMENTAIRES ET BIBLIOGRAPHIE GESTION DES DÉCHETS

- ALBERT ZEGELS, DGRNE, Gérer les déchets ménagers, 2004
- PLANS WALLON DES DÉCHETS - Horizon 2010
- RDC ENVIRONNEMENT, Évaluation des objectifs fixés par le Plan Wallon de Déchets – Horizon 2010, Ministère de la Région Wallonne, 2007
- RDC ENVIRONNEMENT, Étude statistique de la composition des ordures ménagères en Région Wallonne - Rapport final (campagnes 2003 & 2004), Ministère de la Région Wallonne, 2005
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : MAT01 – Concevoir des dispositifs didactiques/ergonomiques de gestion des déchets, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, IBGE, 2008
- MATRICIEL, ARCHITECTURE ET CLIMAT UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouveau du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, chapitre 19 Gérer les déchets, 2009

# CHAPITRE 4

## ANALYSE DU BÂTI



# 1. INTRODUCTION : CONTEXTE, OBJECTIFS ET ÉVALUATION DES BESOINS DE RÉHABILITATION

« Nonobstant ces lacunes, la Wallonie présente des attraits importants en matière de logement. La qualité du cadre architectural ancien de certaines agglomérations est un atout certain et l'échelle particulière des petites et moyennes villes est accueillante. La région offre en outre de vastes espaces ruraux et des paysages remarquables, et l'état de son environnement est relativement bon. Les efforts de rénovation et d'assainissement améliorent son image globale. »<sup>1</sup>

## 1.1 Contexte

La présente étude paraît à un moment de conscientisation collective – assortie d'une grande inquiétude – par rapport :

- aux dérèglements environnementaux, et surtout climatiques, liés à nos modes de vie (une étude récente menée à l'échelle européenne situe l'inquiétude climatique en seconde place dans les préoccupations des Européens, après la question du pouvoir d'achat) ;
- à la fin inéluctable de l'énergie peu chère, et à la fluctuation des prix des combustibles qui rend les factures énergétiques de plus en plus imprévisibles pour une part importante des ménages.

Parallèlement, il semble que cette prise de conscience s'accompagne chez beaucoup d'une volonté de « prise de responsabilité » : si chacun est en partie responsable de la crise environnementale actuelle, chacun a également la possibilité d'agir concrètement pour faire évoluer les choses positivement.

Nos modes d'habiter doivent être largement incriminés dans ce contexte de « crise énergétique », et s'il est bien un endroit où il est possible d'agir, c'est dans l'amélioration de la qualité thermique de nos logements – secteur qui présente probablement le potentiel d'économies d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre (GES) le plus « facilement » mobilisable.

*Les mesures réglementaires prises depuis la crise pétrolière de 1973 ont porté leurs fruits puisque les habitations construites aujourd'hui en Europe consomment en moyenne 60 % moins d'énergie pour leurs besoins thermiques qu'il y a trente ans... Pourtant, la consommation globale d'énergie pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire continue de croître dans l'UE. La consommation totale d'énergie dans le bâtiment (résidentiel et tertiaire) a doublé en valeur absolue depuis 1970. L'explication est simple, car augmentent simultanément :*

- le nombre d'habitats ;
- la surface moyenne par habitant ;
- la proportion des espaces chauffés dans chaque habitat ;
- le niveau des températures moyennes.<sup>2</sup>

On sait que le parc de logements wallons est globalement ancien, et d'une qualité thermique médiocre (l'un et l'autre étant liés puisque la plupart des logements ont été construits à une époque de faible coût de l'énergie) – mais très fortement améliorable.

La mise en œuvre de la rénovation énergétique de nos habitations – que certains qualifient de « chantier du siècle » – constitue dès lors un défi stimulant qu'il est urgent de relever pour à la fois

- diminuer l'impact environnemental de nos logements (en diminuant très nettement les consommations énergétiques et les émissions de GES) ;
- améliorer leur confort ;
- réduire drastiquement le coût (de plus en plus élevé) de la facture énergétique domestique.

<sup>1</sup> SDER (Schéma de développement de l'espace régional), p. 38

<sup>2</sup> « La conception bioclimatique », Samuel Courgey et Jean-Pierre Oliva, p. 21

La réglementation thermique wallonne connaît aujourd'hui une importante évolution liée à la directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments (PEB).

Le renforcement des exigences thermiques concerne toutefois, dans un premier temps, essentiellement les constructions neuves ; or c'est au niveau du bâti ancien que le potentiel d'amélioration est le plus important.

Les économies d'énergie sont ici tout à fait centrales : si l'on part du postulat que l'énergie la plus propre est celle que l'on ne consomme pas, un objectif clair pour la rénovation des logements est d'en diminuer très fortement les besoins thermiques.

Toutefois, cette amélioration de l'efficacité énergétique ne pourra se faire au prix d'autres dimensions du projet – sous peine de tomber dans une démarche trop spécialisée et déséquilibrée – mais devra prendre place dans le cadre plus global d'une rénovation « durable », ayant pour objectifs centraux :

- l'amélioration du confort (au sens large) des habitants : confort (hygro) thermique, visuel, acoustique, qualité de l'air, cadre de vie, facilités, environnement, etc. ;
- l'atténuation de l'impact environnemental global des logements : gestion responsable du cycle de l'eau, diminution de la production de déchets, préservation des ressources (territoire, matières premières, etc.),

Le tout dans le respect des qualités architectoniques, du « caractère » et des matériaux du bâti ancien.

## 1.2 Objectifs

L'objectif de cette analyse est de dégager des potentiels d'amélioration et des priorités d'action en termes de rénovation énergétique et durable du parc de logements wallons.

Dans un premier temps, on s'attache à donner une vue d'ensemble du bâti existant, par la mise en évidence de différents aspects ;

### ● Des caractéristiques générales :

- quelle est l'importance du parc de logements wallons, où est-il principalement localisé ?
- quelles sont les configurations de logements les plus courantes, qu'en est-il de la taille des logements, de leur ancienneté ?
- quelle est la satisfaction des habitants par rapport à leur environnement et leur « cadre de vie » (facilités, services, éventuelles nuisances...) ?

### ● Des caractéristiques énergétiques et environnementales :

- quelles sont les consommations du secteur domestique, et comment se répartissent-elles en fonction du type de logement, du type d'utilisation, etc. ?
- quels sont les choix en matière de combustibles ?
- quelle est la qualité thermique actuelle des logements wallons : isolation des parois, chaudières, etc. ?

L'examen de ces différentes caractéristiques identifie des catégories de logements majoritaires, ainsi que des priorités pour la rénovation énergétique et durable des logements.

La plupart des caractéristiques analysées sont liées, interdépendantes. Leur croisement permettra, en conclusion du présent rapport, de mettre en évidence une petite dizaine de typologies de logements prioritaires – largement représentatives de l'ensemble des logements wallons améliorables.

### 1.3 Évaluer les besoins de réhabilitation : trois « indicateurs synthétiques »

Commençons par évaluer globalement les besoins en réhabilitation des logements wallons sur base de trois indicateurs synthétiques : l'indice de salubrité, l'indice de qualité, et l'état du logement.

Ces indicateurs ont été développés sur base des résultats de l'enquête-qualité 2007 (pour les 2 premiers) et de l'ESE 2001 (pour le dernier). Ils proposent une évaluation globale pour chaque logement et permettent de quantifier les besoins de réhabilitation à l'échelle de la Région.

Le moment où un logement fait l'objet de travaux de réhabilitation importants est en effet idéal pour améliorer sa qualité énergétique globale : lors de l'amélioration de la salubrité, de la qualité ou de l'état d'un logement, sa réhabilitation thermique devrait être systématiquement encouragée.

#### ● Salubrité des logements

La « salubrité » concerne les conditions minimales d'habitabilité des logements ; elle est contrôlée par la DGATLP et les communes. Un arrêté du Gouvernement wallon définit les « critères minimaux de salubrité » liés à la sécurité, l'équipement sanitaire, l'étanchéité, la ventilation, l'éclairage naturel, la santé, la configuration et le surpeuplement des logements. D'après l'Enquête-qualité 2007, 62,2 % des logements sont salubres et 9,5 % sont insalubres.

**« Chacun a le droit de mener une vie conforme à la dignité humaine. Ce droit comprend le droit à un logement décent. »<sup>3</sup>**

Le Code wallon du Logement vise à garantir à chacun le droit de vivre dans un logement décent. La salubrité en est une notion centrale. Le gouvernement wallon a pris des arrêtés qui définissent des « critères minimaux de salubrité ». Ceux-ci concernent :

- la sécurité : stabilité de l'enveloppe extérieure et de la structure portante, installations électriques et de gaz, installation de chauffage, circulation au niveau des sols et des escaliers ;
- l'équipement sanitaire : assainissement des eaux urbaines, existence de points d'eau potable, WC, douche ;
- l'étanchéité et la ventilation : problèmes d'infiltration, d'humidité ascensionnelle, de condensation, possibilité d'ouverture et de ventilation ;
- l'éclairage naturel ;
- l'impact du bâtiment sur la santé des occupants : CO, amiante, moisissures, plomb, radon ;
- la configuration et le surpeuplement du logement.

L'administration de logement (DGATLP) ou les Communes agréées effectuent des enquêtes qui visent à évaluer si un logement est salubre, améliorable ou non, habitable ou non, surpeuplé ou non, adapté ou inadapté (handicap).

#### × Indice de salubrité

Sur base des résultats de l'Enquête-qualité de 2007 a été élaborée une évaluation globale appelée l'indice de salubrité.

Chaque logement a reçu une cotation globale basée sur des critères :

- propres au bâtiment : étanchéité de la couverture et des murs extérieurs, stabilité de la charpente, évacuation des eaux pluviales, souche de cheminée, planéité et stabilité des planchers, qualité des menuiseries extérieures ;

<sup>3</sup> Article 23 de la Constitution belge

- propres au logement : ventilation en cuisine et salle de bains, présence ou non d'humidité, état de l'installation électrique

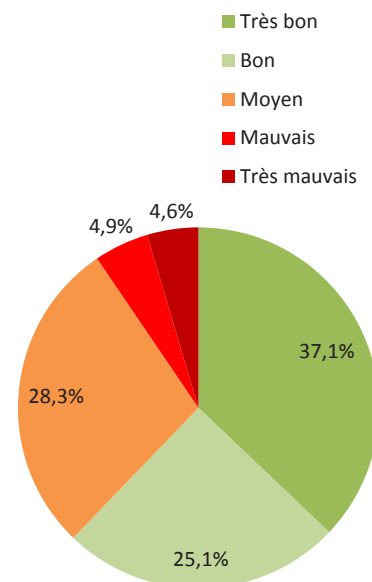
Les résultats globaux sont repris dans le tableau et le graphique ci-contre. Globalement, l'enquête révèle une grande qualité de la structure des bâtiments wallons. L'étanchéité des toitures, la stabilité de la charpente, les éléments d'évacuation des eaux pluviales, les souches de cheminée sont en bon état dans près de 90 % des cas. Les murs et planchers sont stables. Ces éléments sont en constante amélioration depuis 1981.

De même, le « petit confort » (présence de WC, salle de bains, eau chaude, existence de points d'eau potable) est rencontré dans plus de 98 % des logements (±90% en 1991).

Les points faibles se rapportent à des problèmes d'humidité ou à l'état des menuiseries extérieures.

En 2007, on compte 62,2 % de « logements salubres » (bons et très bons) - soit un peu moins de deux logements sur trois, et 37,8 % de logements moyens à très mauvais. En 1996, la proportion était de 46,4 % de logements salubres. L'amélioration du parc de logements au cours de la dernière décennie est donc très nette. Elle est probablement liée entre autres aux politiques en faveur de la réhabilitation des logements menées par la Région.

Indice de salubrité	% logements
Très bon	37,1%
Bon	25,1%
Moyen	28,3%
Mauvais	4,9%
Très mauvais	4,6%



Répartition des logements wallons en fonction de l'indice de salubrité

Chiffres < Enquête sur la qualité de l'habitat en Région wallonne 2006-2007 - DGATLP, MRW

### ● Qualité des logements

L'Enquête-qualité 2007 évalue « a priori » la qualité des logements visités qui sont répartis au moment de l'interview au sein de 5 catégories : très bonne qualité, valable, nécessité de travaux de moyenne importance, de travaux importants, d'une restructuration ou assainissement fondamental.

Par la suite, a été élaboré un « indice de qualité » plus global que l'indice de salubrité. Ce nouvel indice élargit l'évaluation à des préoccupations environnementales et de confort.

Comme pour la salubrité, on se base ici sur les résultats de l'Enquête-qualité de 2007.

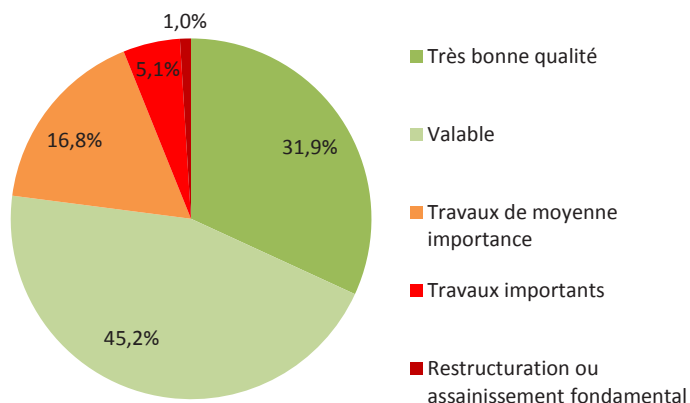
La qualité de l'habitat comprend à la fois celle des bâtiments (structure, stabilité, étanchéité, collecte des eaux pluviales, souches de cheminées) et celle des logements (locaux humides, dangerosité de l'installation électrique, isolation acoustique, circulations intérieures, sécurité).<sup>4</sup>

Les points faibles constatés au niveau des bâtiments concernent surtout des problèmes d'humidité et la qualité des menuiseries extérieures, avec toutefois une forte amélioration ces dix dernières années.

Pour la qualité des logements, les problèmes d'humidité restent très présents, de même qu'une mauvaise isolation acoustique.

Une évaluation globale de la qualité avait été définie a priori :

- **Logements de très bonne qualité** : qualité des matériaux, des revêtements et des parachevements (revêtements de sol en pierre naturelle ou en bois dur), bonne isolation acoustique, circulations agréables et lumineuses, cuisine bien équipée et correctement éclairée, modes d'éclairage diversifiés selon les pièces et les activités, salle de bain spacieuse et bien équipée.



Évaluation « a priori » de la qualité des logements

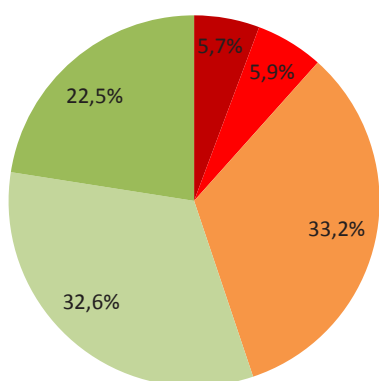
Chiffres < Enquête sur la qualité de l'habitat en Région wallonne 2006-2007 - DGATLP, MRW

<sup>4</sup> L'atlas du logement, basé sur les résultats de l'ESE 2001, propose lui aussi une définition de la qualité : cette définition, un peu différente, tient compte de la présence/absence de certains équipements (toilette, salle de bains, cuisine, chauffage central, doubles vitrages), de la superficie du logement et de l'importance des réparations déclarées nécessaires par le chef du ménage qui l'occupe. Cette qualité est variable en lien avec la situation géographique, le degré d'urbanisation, le type et l'âge des logements.

- **Logements valables** : pas de manquements importants ; peuvent nécessiter quelques petits travaux.
- **Travaux de moyenne importance** : travaux représentant une certaine importance ou un certain coût (revêtement de sol en très mauvais état, peintures fortement défraîchies, carrelage qui se soulève, etc.)
- **Travaux importants** : par exemple, caves régulièrement inondées, sanitaires mal agencés, humidité importante, mode de chauffage inadéquat ou dangereux, etc.
- **Restructuration ou assainissement fondamental** : appréciation franchement négative.

#### × Indice de qualité <sup>5</sup>

Indice de qualité	% logements
Très mauvais	5,7%
Mauvais	5,9%
Moyen	33,2%
Bon	32,6%
Très bon	22,5%



- Très mauvais
- Mauvais
- Moyen
- Bon
- Très bon

Répartition des logements wallons en fonction de l'indice de qualité (évaluation « a posteriori »)

Chiffres < Enquête sur la qualité de l'habitat en Région wallonne 2006-2007 - DGATLP, MRW

L'Enquête-qualité 2007 s'ouvre à de nouveaux enjeux, transversaux, notamment les modes de consommation énergétique et la mobilité.

L'analyse des résultats introduit a posteriori une nouveauté : en plus de l'indice de salubrité a été élaboré un indice de qualité. En effet, aujourd'hui, la qualité de l'habitat ne se réduit plus à la seule lutte contre l'insalubrité. C'est pourquoi l'indice de qualité élargit ce dernier pour intégrer notamment les exigences de confort du standard de vie contemporain, le défi de la performance énergétique des bâtiments, les préoccupations environnementales. L'indice de salubrité a donc été combiné avec

- un indice « confort » : type de chauffage (central ou autre), présence ou non de double vitrage, qualité de circulation au sein du logement, isolation thermique et acoustique ;
- un indice « environnement » : présence ressentie de pollutions intérieures, existence ou non de nuisances extérieures.

Les tendances observées précédemment sont confirmées, toutefois le passage de l'indice de salubrité à l'indice de qualité réduit la proportion de très bons logements (on passe de 37 à 22 %).

#### ○ État du logement

L'indicateur synthétique « état du logement » <sup>6</sup>, basé sur les résultats de l'ESE 2001, évalue l'état physique et structurel des logements belges selon une méthodologie adaptée du code flamand du logement. Pour le parc wallon, on trouve 19,1 % de logements « mauvais » et « très mauvais ». Globalement, les résultats sont moins bons pour les logements loués, les appartements, les logements situés en agglomération et dans le sud du pays, les logements anciens.

L'ESE 2001 posait de nouvelles questions ; celles-ci ont permis de développer un nouvel indicateur synthétique qui évalue l'état physique et structurel des logements sur base de l'appréciation, par le chef du ménage, de plusieurs éléments ou équipements de l'habitation :

- « Que pensez-vous de l'état de votre logement (ou du bâtiment dans lequel celui-ci est situé) ? »
- Question portant sur 6 catégories d'équipements : installation électrique, murs intérieurs, murs extérieurs, fenêtres, gouttières, toit.

« En bon état, nécessitant de petites réparations, nécessitent de grosses réparations »

Sur l'ensemble des logements belges, 13,6 % nécessitent au moins une grosse réparation, avec de moins bons résultats pour les logements loués (22,3 %), et pour les appartements ou studios (16,6 %)

<sup>5</sup> Les exigences en matière d'isolation restent probablement assez secondaires dans la définition de l'indice de qualité, sinon, comme on va le voir plus loin, c'est une toute grosse majorité du bâti qui pourrait être qualifiée de « mauvaise ».

<sup>6</sup> L'indicateur synthétique « état des logements » a été élaboré et développé sur base des résultats de l'ESE 2001 (I. Thomas, D. Vanneste, I. Laureyssen, article « État du logement : Une proposition méthodologique » - Les Échos du logement n° 5/2005, Région Wallonne)

L'élaboration de l'indice synthétique « état du logement », se base sur la méthode développée dans le Code Flamand du logement. Ce code vise à garantir un logement abordable et décent ; il propose donc des normes de qualité et des règles pouvant être appliquées pour combattre le délabrement et l'inoccupation ; elles sont recensées dans un rapport technique permettant d'établir juridiquement si un logement peut être qualifié d'inadapté, inhabitable, surpeuplé ou « non conforme ».

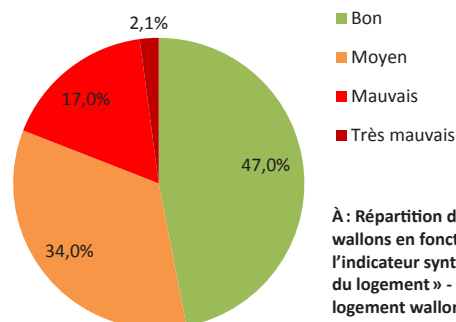
Le rapport technique comprend une quarantaine de points à évaluer. Des points de pénalisation (maximum 77) sont attribués et pondérés en fonction des défauts techniques. Au delà d'un certain seuil, le logement est déclaré inadapté.

Par rapport à la méthode flamande, l'indicateur « État du logement » wallon prend en compte de manière accrue les problèmes liés à l'humidité (fenêtres, état des gouttières), ce qui porte à 88, ramenés sur 10, le nombre total de points de pénalisation.

L'appréciation globale est la suivante :

- score 0                            « bon logement »
- score 0 → 2                    « logement moyen »
- score 2 → 6,6                 « mauvais logement »
- score 6,6 → 10                « très mauvais logement »

État	Total	Maisons	Apparts	Propriétaires	Locataires
Bon	47,0%	47,6%	44,2%	51,6%	35,9%
Moyen	34,0%	33,9%	34,5%	33,3%	35,8%
Mauvais	17,0%	16,6%	18,5%	14,0%	24,2%
Très mauvais	2,1%	1,9%	2,9%	1,2%	4,1%
Mauvais + très mauvais	19,1%	18,5%	21,4%	15,2%	28,3%



À : Répartition des logements wallons en fonction de l'indicateur synthétique « État du logement » - B : État du logement wallon selon le type de logement et le statut d'occupation

Source : Article « État du logement » - Échos du logement n° 5/2005

Le tableau et le graphe ci-dessus nous montrent qu'en Wallonie, 19 % des logements sont « mauvais à très mauvais » sur base de l'indicateur synthétique « État du logement » ; à l'inverse, plus de 80 % des logements wallons sont moyens à bons.

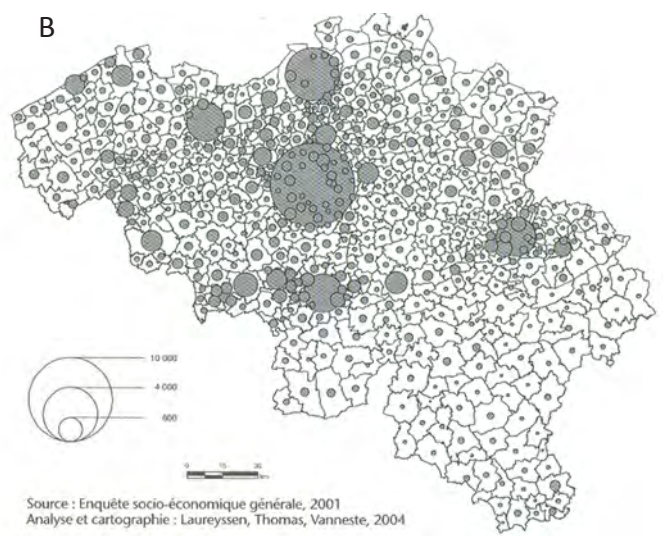
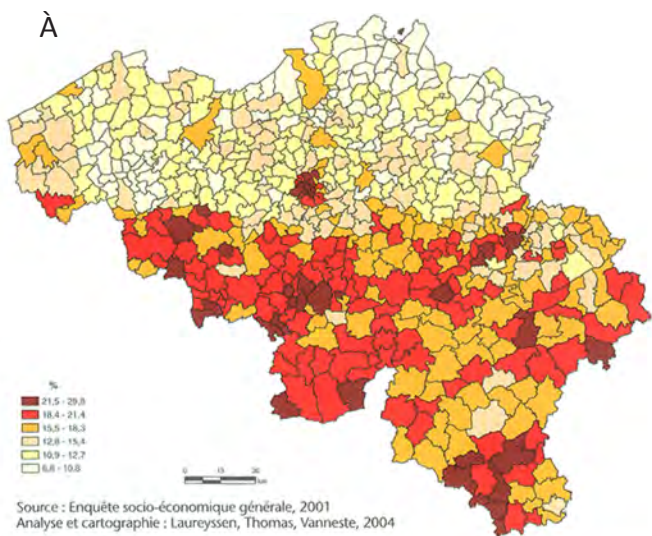
Les appartements, les logements situés en agglomération, anciens (corrélation entre l'ancienneté et l'état) ou loués, obtiennent globalement de moins bons scores.

## ● Variations spatiales

En Belgique, on observe de grandes différences entre les régions, mais aussi à l'intérieur des régions. Les communes de Wallonie sont en moyenne caractérisées par une plus forte proportion de logements en mauvais et très mauvais état que les communes flamandes - à l'exception du Brabant Wallon et des Cantons de l'Est. Plusieurs éléments expliquent cette différence ; un des principaux est la plus grande ancienneté du bâti wallon, liée à l'histoire socio-économique différente des deux régions.

Notons cependant que si le pourcentage de logements en mauvais et très mauvais état est nettement plus faible en Flandre qu'en Wallonie, le nombre absolu de logements flamands « à améliorer » est lui aussi très élevé (voir carte en bas).

En Wallonie, les problèmes se concentrent surtout à proximité des anciens centres industriels.



- A. Pourcentage de logements en mauvais et très mauvais état**
- B. Nombre de logements en très mauvais état**

Source : Article « État du logement » -  
Échos du logement n° 5/2005

## PRIORITÉS POUR LA RÉNOVATION DURABLE

### Évaluation des besoins de réhabilitation :

- Indice de salubrité
  - 37,8 % de logements « moyens à très mauvais »
  - 9,5 % des logements « mauvais et très mauvais »
- Indice de qualité
  - 44,8 % de logements « moyens à très mauvais »
  - 11,6 % de logements « mauvais à très mauvais »
- État du logement
  - 53 % de logements « moyens à très mauvais »
  - 19,1 % de logements « mauvais et très mauvais »

→ LIER TRAVAUX DE RÉHABILITATION ET RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE GLOBALE

## 2. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES LOGEMENTS WALLONS <sup>7</sup>

### 2.1 Le parc de logements wallons : localisation, évolution

#### ● La Wallonie en quelques chiffres (2008) :

##### Occupation du territoire

- Superficie totale : 16 844 km<sup>2</sup>
- forêt 29,5 %
- agriculture 52,6 %
- zones bâties 13,6 %
- 5 provinces, 262 communes
- Nombre de logements : ± 1 554 110 en 2008

Pour 2008 on estime que le parc de logements réellement occupé et hors résidences secondaires est de 1 478 000 logements soit 0,8 % de plus qu'en 2007, alors que la population ne croît que de 0,6 %. <sup>8</sup>

##### Population et ménages

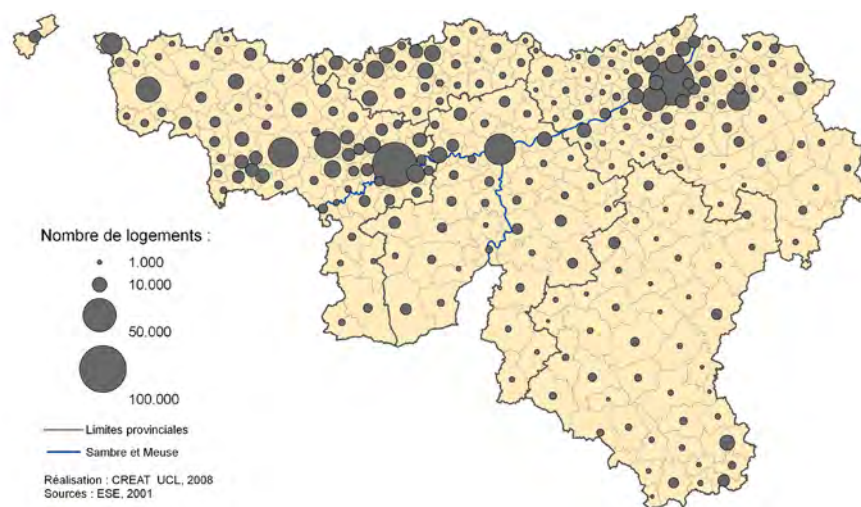
- Population : 3 457 000 habitants <sup>9</sup>
- Taille moyenne des ménages : 2,30 personnes/ménage <sup>10</sup>
- Densité : 205,2 hab/km<sup>2</sup> (UE25 : 32 ; France : 96 ; Flandre : 441)
- Population active (15-64 ans) : ± 1 390 000 personnes

#### ● Localisation des logements wallons

Le nombre de logements est directement lié au nombre d'habitants. Les deux ne cessent de croître, mais la taille des ménages diminue depuis des décennies.

En Wallonie, la densité de population moyenne est d'environ 205 hab/km<sup>2</sup> et on approche 90 logements/km<sup>2</sup>. Cette répartition est toutefois très loin d'être homogène sur l'ensemble du territoire.

L'observation des différentes cartes met nettement en évidence la forte concentration de l'urbanisation et des logements **le long du sillon Sambre-et-Meuse** et au nord de la Région.



##### Nombre de logements dans chaque commune

Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE, SPF Economie - Cartographie CREAT 2008

<sup>7</sup> Caroline Kints-André De Herde - La rénovation énergétique et durable des logements wallons, analyse du bâti existant et mise en évidence de typologies de logements prioritaires - Service public de Wallonie - Département de l'énergie, 2010

<sup>8</sup> Source ICEDD et ACED - Parc de logement en Wallonie (données au 1<sup>er</sup> janvier 2008)  
Nombre de logements : ± 1 554 110 en 2008 pour +/- 1 538 956 en 2007 et +/- 1 512 055 en 2005

<sup>9</sup> Source DGSIE - Statistiques démographiques (données au 1<sup>er</sup> janvier 2008) soit une hausse de 0,6 % par rapport à 2007

<sup>10</sup> Source DGSIE - Recensements et enquête socio-économique (données au 1<sup>er</sup> janvier 2008)

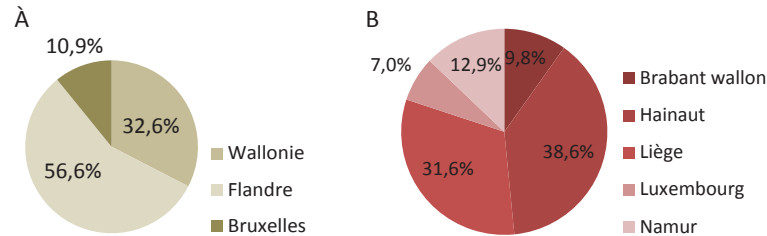
## ● Par région et Province

Les logements wallons représentent un peu moins du tiers des logements belges, dont plus de la moitié est localisé en Flandre et un peu plus de 10 % à Bruxelles.<sup>11</sup>

La Wallonie compte 5 provinces (Brabant wallon, Hainaut, Liège, Namur, Luxembourg) et 262 communes, dont 9 germanophones. Les Provinces du Hainaut et de Liège sont les plus peuplées : à elles deux elles regroupent plus de 70 % des logements wallons.

### A. Répartition des logements au sein des 3 Régions de Belgique B. Répartition des logements entre les 5 Provinces de la Région wallonne

Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE, SPF Economie



## ● Sur le territoire le territoire wallon

Le territoire wallon est occupé pour moitié par des terres agricoles et pour un tiers par des bois. Les surfaces restantes ( $\pm 14\%$ ) sont urbanisées : bâtiments, jardins, routes.

Ces terres urbanisées se localisent principalement à une altitude < 200 m (climat moins rude), sur des terrains au relief modéré (pentes < 7 %).

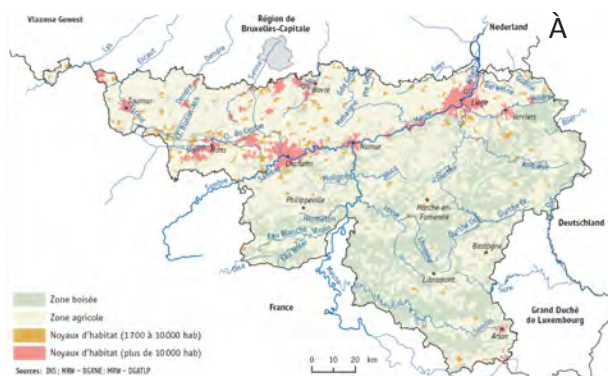
Les impacts de l'occupation du sol sur l'environnement sont régulés par divers outils repris dans le CWATUPE : plans, schémas et opérations relevant de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme, tels que :

- Le plan de secteur ('70 et '80) : délimite les zones à urbaniser (16 % du territoire) ou à protéger de l'urbanisation, et au sein de ces zones, attribue les affectations :

- « Zone d'habitat » : < 5 % du territoire

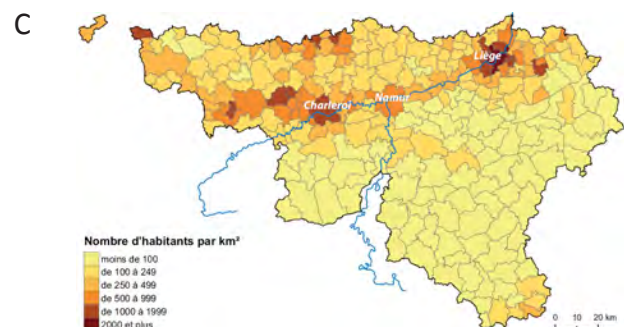
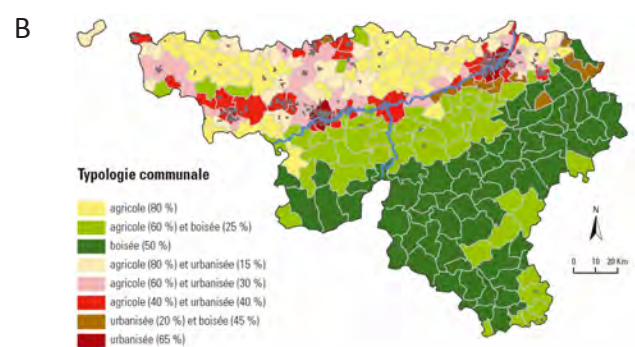
- « Zone d'habitat à caractère rural » : 6 % du territoire

- Les « résidences » (y compris les jardins) occupent 6,3 % du territoire ; c'est la catégorie qui évolue le plus vite : + 26,5 % en 20 ans



### Occupation du sol (A), typologies communales (B) et densité de population (C) en Wallonie

Cartes < État de l'environnement wallon - Tableau de bord 2005 et Rapport analytique 2006-2007 - DGRNE, MRW



11 La taille moyenne des ménages est un peu plus élevée en Flandre (2,36 en 2008) et un peu moins élevée à Bruxelles (2,05 en 2008)

- Outils pour la réhabilitation des sites abandonnés (friches industrielles)
- Opérations de rénovation urbaine
- Protection ou valorisation du patrimoine bâti

Depuis la fin du 19<sup>e</sup> siècle, l'industrialisation a amené le recul des terres agricoles au profit des bois et de l'urbanisation. Depuis les années 80, la progression de la forêt semble s'être arrêtée, tandis que l'urbanisation poursuit sa croissance : en moins de 20 ans, la superficie totale du bâti a augmenté de 18 %. Si elle se limitait auparavant aux terrains proches des villes et villages existants (périurbanisation, « tache d'huile »), elle touche aujourd'hui l'ensemble du territoire jusqu'aux zones rurales les plus reculées (rurbanisation).

En réaction à l'urbanisation croissante et diffuse du territoire wallon, **l'utilisation parcimonieuse du sol et le renforcement de la structuration du territoire** sont inscrits dans la législation (CWATUPE ou Code wallon de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme, du patrimoine et de l'énergie) ainsi que dans le SDER (Schéma de développement de l'espace régional), qui fournit les grandes orientations de l'aménagement du territoire en Wallonie.

La rénovation du bâti existant constitue un outil important pour freiner cette croissance diffuse.

## ● En fonction de l'urbanisation

Introduisons quelques concepts ou définitions...

### × Urbanisation

Le terme urbanisation désigne à la fois un état et un processus. Concrètement, l'urbanisation en tant qu'état comprend les territoires couverts par les villes et leur proche périphérie, et les centres qui assurent la diffusion des biens et services dans les zones rurales.<sup>12</sup>

**On considère la densité de 25 hab./ha comme seuil minimum de l'urbanisation, tandis que le noyau urbain dépasse une densité de 50 hab./ha.**

On a vu plus haut qu'en Wallonie, les zones urbanisées et industrielles couvrent 14 % du territoire (Flandre 23 %, Bruxelles 76 %). D'après l'atlas de Wallonie, la population urbanisée est estimée à 49,5 % - dont 20,5 % dans des noyaux urbains - et couvre 3 % du territoire ; en d'autres termes, **à peine la moitié de la population habite dans des zones atteignant un minimum de densité urbaine** ; en outre, selon le phénomène évoqué ci-dessus, la tendance est depuis quelques décennies à une croissance diffuse : glissement de la population depuis les zones les plus denses vers les zones périphériques.

### × Désurbanisation - étalement des villes - rurbanisation

*De nombreux mots ou expressions sont utilisés pour désigner la déconcentration de l'habitat (principalement du logement et des fonctions économiques) hors des villes. On peut grossièrement les regrouper en 3 catégories, selon qu'ils mettent plutôt l'accent :*

- *de façon générale, sur la dissémination des fonctions dans l'espace : désurbanisation, urbanisation diffuse, dispersion de l'habitat, des fonctions ;*
- *plus particulièrement sur l'extension diluée des villes : péri-urbanisation, suburbanisation, étalement des villes, etc. ;*
- *plus particulièrement sur l'urbanisation (diffuse) de la campagne : rurbanisation, mitage de l'espace rural (éparpillement)<sup>13</sup>*

Malgré les différents outils d'aménagement du territoire destinés à les contrer, ces phénomènes sont toujours en cours, ayant pour effet que la différence entre la ville et la campagne s'estompe.

<sup>12</sup> Notons qu'en matière d'urbanisation, les frontières régionales ou nationales ne sont pas des coupures : continuité vers Bruxelles ou vers Lille.

<sup>13</sup> Schéma de Développement de l'Espace Régional (SDER), p A.10

#### ✘ **Noyaux d'habitat**

Zones bâties continues (indépendamment des limites communales) ; si elles regroupent 200 personnes ou plus, elles sont appelées « zones d'habitations agglomérées », sinon « dispersées ».

La Région se caractérise par un grand nombre de noyaux d'habitat de plus de 50 habitants, une localisation quasi exclusive de la population dans ces noyaux, une superficie relativement faible occupée par ceux-ci (12,1 % du territoire). La plupart de ces noyaux d'habitat se trouvent le long du **sillon sambro-mosan + triangle Bruxelles-Mons-Namur et centres du sud-Luxembourg**. Au sud, à part quelques pôles, la dispersion est grande.<sup>14</sup> La Région compte 3 villes de plus de 100 000 habitants : Charleroi, Liège et Namur, et quelques villes de plus de 40 000 habitants : Mons, Tournai, Mouscron, La Louvière, Verviers + le sud de Bruxelles.

#### ✘ **Niveau d'urbanisation morphologique & fonctionnelle**

Concerne à la fois l'**urbanisation morphologique** (densité de population, part de la superficie occupée par le bâti) et l'**urbanisation fonctionnelle** (fonction commerciale, scolaire, de travail). Pour chacune on distingue trois niveaux : forte, moyenne, faible. Aux extrêmes, on trouve les **communes centrales des agglomérations**, et les **communes rurales** (agriculteurs, peu de commerce, etc.).

Si on observe le territoire wallon en fonction du niveau d'urbanisation morphologique, une grande majorité de communes sont rurales ou à urbanisation morphologique faible. Elles ne regroupent cependant « que » 34,7 % des logements.

#### ✘ **Degré d'urbanisation**

Régions urbaines (agglomération, banlieue), complexe résidentiel urbain (zone des migrants alternants), petites villes en zone rurale et communes rurales.

La région urbaine est un ensemble fonctionnel, orienté vers la ville-centre, qui dépasse ses limites traditionnelles d'un point de vue activités, morphologies, etc. suite au phénomène de la suburbanisation de l'habitat et du travail ; le noyau demeure bâti en continu tandis que la **banlieue**, si elle est urbaine sur le plan fonctionnel, peut encore apparaître comme rurale au niveau morphologique. Cette région urbaine s'intègre dans un ensemble plus vaste, le **complexe résidentiel urbain** intégrant la **zone résidentielle des migrants alternants** (rurbanisation des anciennes campagnes). Le reste du territoire est constitué de **communes rurales**, ou de **petites villes en zone rurale**.

Par rapport à la carte (urbanisation morphologique), une part beaucoup plus importante du territoire est concernée par le « Complexe résidentiel urbain ».

#### ✘ **Aires urbanistiques**

Différentes aires urbanistiques ont été définies dans le Guide d'urbanisme pour la Wallonie, édité par le Ministère de la Région wallonne. Les « régions urbaines » regroupent 60 % des logements wallons et le « complexe résidentiel urbain » plus de 76 %.

### ● **Qualité et salubrité / Localisation**

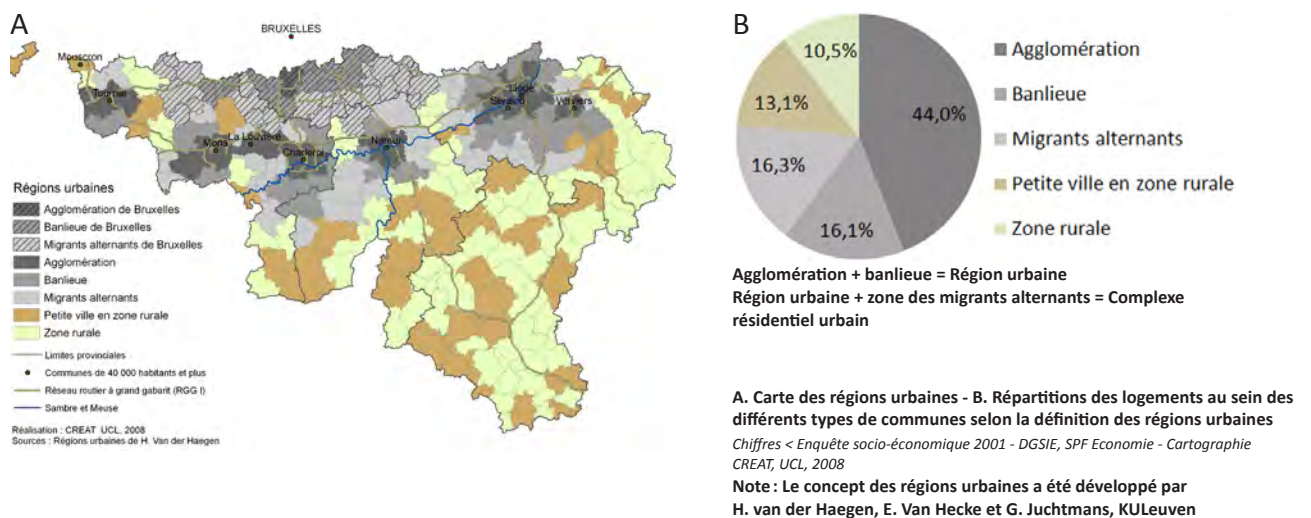
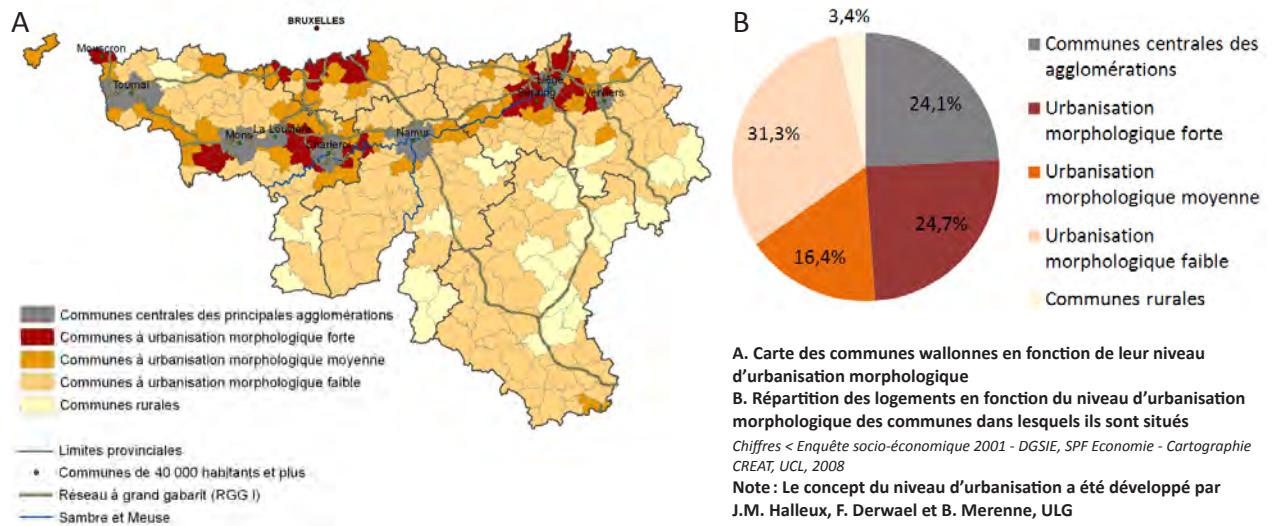
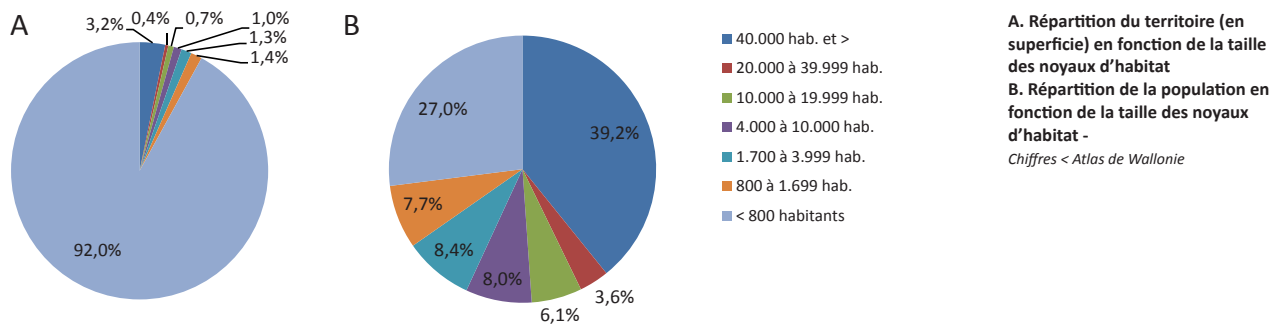
Les logements de qualité médiocre sont globalement surreprésentés en Wallonie (par rapport à la Flandre). Pourtant, la situation est loin d'être homogène à l'intérieur de la Région.

Les problèmes sont surtout concentrés le long de l'axe sambro-mosan. Les logements de bonne et très bonne qualité sont bien représentés dans les communes du sud de Bruxelles jusqu'à Namur, le long de l'autoroute des Ardennes, dans les Cantons de l'Est et la région d'Arlon ; ils caractérisent également les périphéries des villes (Liège, Namur, Charleroi, Mons).

<sup>14</sup> Voir cartes A page suivante.

## × Degré d'urbanisation

Les logements de qualité insuffisante se rencontrent surtout au sein des agglomérations tandis que les banlieues enregistrent plus de logements de très bonne qualité. Les logements de très bonne qualité sont très faiblement représentés au sein des centres urbains.

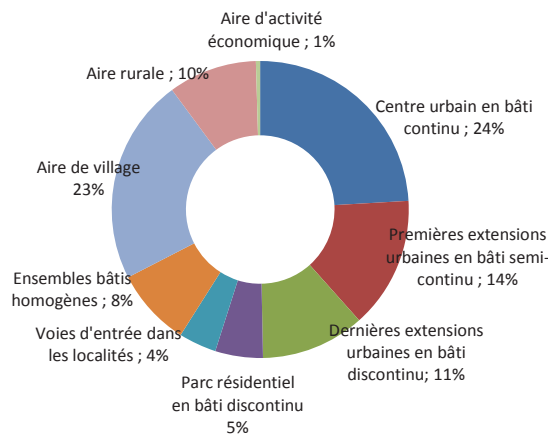


## ✕ Aires urbanistiques

Problèmes plus fréquents de qualité des logements situés dans les centres urbains et les ensembles bâtis homogènes (quartiers de logements sociaux) (humidité, isolation acoustique, absence de chauffage central, etc.)

### Répartition des logements au sein des différentes « aires urbanistiques »

Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE, SPF Economie - Cartographie CREAT, UCL, 2008



## ● Évolution de la réserve de logements

Le nombre de logements est en constante augmentation, et cette évolution est fortement corrélée à l'évolution démographique.

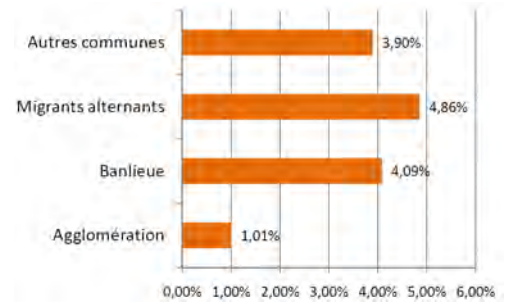
Historiquement, les logements se concentraient dans les communes urbaines : le contraste était très marqué entre le sillon sambro-mosan très urbanisé et le reste du territoire, rural avec de petits centres. La situation a fortement changé depuis quelques décennies, avec pour premier moteur un modèle centre-périphérie « tache d'huile ». Depuis les années 80, la progression radioconcentrique n'est plus la règle : on assiste à un phénomène de déconcentration urbaine, lié à la facilitation des transports et la volonté de vivre à la campagne, dans une « villa » située sur une grande parcelle « près de la nature ». Cette urbanisation diffuse touche l'ensemble du territoire, y compris les régions rurales, même les plus éloignées des centres, ce qui a pour conséquences :

- déclin des grandes villes (population de moins en moins dense) ;
- peuplement des banlieues et de zones plus éloignées (la différence entre ville et campagne s'estompe) ;
- croissance de certaines villes moyennes, de noyaux d'habitat de moins de 10 000 habitants (en particulier en Brabant wallon et le long de l'autoroute des Ardennes) ;
- croissance de la population dispersée ;
- chaque personne occupe de plus en plus d'espace (l'urbanisation augmente plus vite que la population) : ↗ taille des parcelles destinées au logement, ↘ taille des ménages.

Le principe de base du CWATUPE est la gestion parcimonieuse des sols : recentrer le développement sur les villes, en maîtrisant l'urbanisation et en renforçant les noyaux urbains et ruraux, avec un souci de mixité pour redonner aux villes leur rôle attractif et multifonctionnel. Cependant, malgré les politiques qui visent à l'endiguer, force est de constater que le phénomène de désurbanisation est toujours en cours : la croissance de la réserve de logements reste plus marquée à l'extérieur des agglomérations (en %). En outre, les facteurs qui la favorisent (mobilité individuelle, attrait pour la vie au vert, ↗ nombre de ménages, disponibilités foncières importantes) vont probablement rester d'actualité à moyen terme.

Pourtant, à côté du modèle culturel de « l'exode urbain », le modèle culturel du « retour à la ville » pourrait prendre une importance croissante : meilleure réponse à des besoins tels que la proximité des services, la vie culturelle, ou la possibilité de se passer d'une voiture. Ceci concerne surtout certaines catégories de ménages en croissance, comme les seniors, les célibataires ou les familles monoparentales.

En outre, certains facteurs pourraient freiner la désurbanisation : ↗ prix des produits pétroliers, prise de conscience environnementale, croissance du nombre de petits ménages et vieillissement de la population, etc.



Evolution de la réserve de logement en fonction du degré d'urbanisation

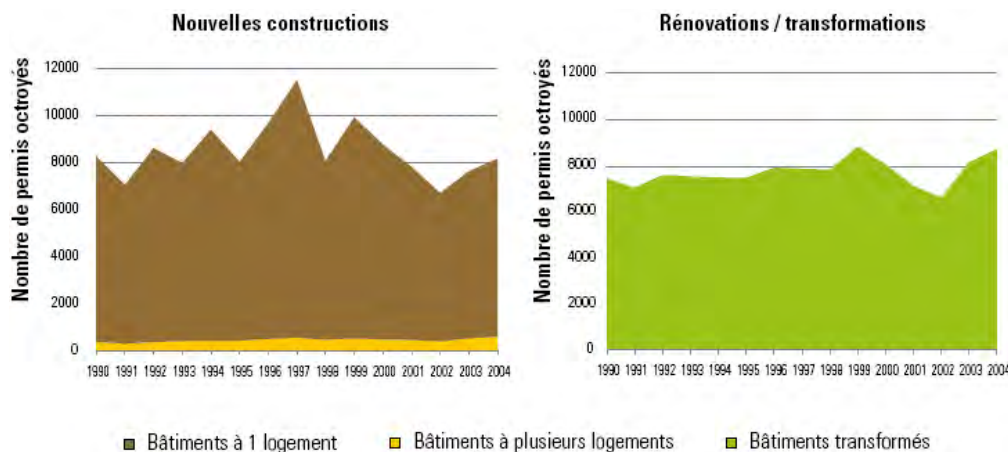
Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE, SPF Economie

#### ✕ Permis d'urbanisme <sup>15</sup>

Entre 1996 et 2006,

- en moyenne 8 900 permis ont été attribués chaque année pour la construction de nouveaux bâtiments résidentiels, soit ± 12 450 logements par an, dont 33 % d'appartements ;
- la proportion d'appartements est en augmentation, passant en une décennie de moins de 30 % à plus de 40 % ;
- rénovations : 8 100 permis par an ; beaucoup de rénovations ne nécessitent pas de permis d'urbanisme, notamment celles visant à améliorer la performance énergétique des bâtiments.

Au total, chaque année, plus de 20 000 logements peuvent être conçus ou adaptés pour consommer moins d'énergie.



Evolution des bâtiments résidentiels en Région Wallonne

Graphiques < État de l'Environnement wallon, Rapport analytique 2006-2007, p129 - DGRNE

#### ✕ Rénovation, réaffectations

Face à l'urbanisation dévoreuse d'espace décrite ci-dessus, pour répondre en partie au besoin de création de logements, la rénovation peut jouer un rôle essentiel, à différentes échelles :

- « recyclage » des bâtiments : si la dispersion de l'habitat reste une tendance lourde, la réutilisation d'espaces déjà urbanisés est un mouvement plus récent qui prend de l'importance et doit être encouragé : depuis 2002, plus de permis ont été octroyés pour des rénovations que pour des logements neufs ; cette tendance, si elle perdure, peut contribuer à freiner la consommation d'espace ;
- réaffectation des « sites à réaménager » : anciens bâtiments scolaires, culturels, petites entreprises, etc. (plus de 3 000 « friches » dénombrées en Wallonie, en 2005) ;
- reconstruction de la ville sur elle-même (rénovation et revitalisation urbaine).

<sup>15</sup> Source : SPF Economie, PME, Classes moyennes et Énergie

Ces opérations sont essentielles pour deux raisons principales

- en réutilisant des terres déjà urbanisées, on évite d'en consommer de nouvelles (usage parcimonieux du sol);
- amélioration de l'image des quartiers, du cadre de vie.

### ● **Manque de logements « bon marché »**<sup>16</sup>

On compte aujourd'hui en Wallonie un peu plus de 100 000 logements sociaux, soit  $\pm 7\%$  des logements wallons (comme en Flandre ou à Bruxelles, cette proportion est faible par rapport à la moyenne européenne).

Globalement, les besoins en logements locatifs bon marché ne sont pas rencontrés ( $\pm 40\,000$  ménages en attente d'un logement social,<sup>17</sup> plus beaucoup de ménages à revenus modestes, mais ne rentrant pas dans les critères d'obtention d'un logement social). Certains analystes estiment nécessaire de créer 100 000 logements bon marché au cours de la prochaine décennie.<sup>18</sup> Actuellement, ce sont donc les propriétaires privés qui jouent le rôle de bailleur social, avec toutes les dérives que cela peut comporter.

Ces dernières années, les prix de vente des logements ont fortement augmenté, entraînant une forte hausse du montant des loyers. Ceux-ci représentent une part de plus en plus importante des revenus des ménages « modestes », ce qui mène à une situation de plus en plus insupportable pour beaucoup. Dans le contexte actuel de baisse du pouvoir d'achat, on entend dès lors fréquemment parler de « **crise du logement** ».

*« L'œuvre urbaine est une création sédimentée au cours des siècles avec ses monuments, ses anciens quartiers, ses extensions récentes et/ou en cours de formation. Outil par excellence de la gestion urbaine, la réhabilitation est aussi vieille que les villes qui ont été sans cesse rénovées sur elles-mêmes. »*

< J. Coignet, Réhabilitation, arts de bâtir traditionnels, connaissance & techniques, p. 12

#### **PRIORITÉS POUR LA RÉNOVATION DURABLE**

**Principe de base : utilisation parcimonieuse du sol et renforcement de la structuration du territoire**

- **Agir dans les zones de bâti dense et ancien : le sillon sambro-mosan, les centres urbains et villageois**
- **Limiter la désurbanisation : rénovation des centres plutôt que « mitage des campagnes »**
- **Augmenter le parc de logements dans un souci de gestion parcimonieuse des sols (recyclage de bâtiments, zones déjà bâties)**
- **Augmenter le parc de logements locatifs bon marché, mécanisme des AIS (Agences Immobilières Sociales).**

<sup>16</sup> Les logements sociaux wallons sont décrits de manière un peu plus détaillée dans le chapitre « Contexte socio-économique ». Leur rénovation peut - et devrait - être mise en œuvre à l'échelle des quartiers; cette question spécifique fait l'objet du projet de recherche RELOSO.

<sup>17</sup> d'après le site internet du RBDH

<sup>18</sup> GVA Grimley, « Un logement décent pour tous »

## 2.2 Configurations ou types de logements

En Wallonie, on compte 19 % d'appartements pour 81 % de maisons unifamiliales (17 % et 83 % en 2001), et les maisons « 4 façades » représentent toujours un tiers des logements. Les configurations les plus denses (appartements, maisons jumelées) sont surtout représentées en ville. Ce sont ces logements qui concentrent le plus de problèmes. Par ailleurs, la très grande majorité des logements wallons possèdent un jardin.

### • Maisons unifamiliales, appartements

Les plus récentes statistiques sur l'année 2008 et l'enquête socio-économique de 2001 définissent 4 configurations principales pour les logements : maisons unifamiliales séparées « 4 façades », jumelées « 3 façades », mitoyennes « 2 façades » et appartements, studios.

Ces données montrent qu'une forte majorité de logements wallons sont des maisons unifamiliales : près de 3 quarts de maisons, pour 1 quart d'appartements.

#### ✕ Maisons unifamiliales

Plus de 30 % des ménages vivent dans une maison individuelle « 4 façades », généralement située sur une grande parcelle de terrain. Par rapport à une maison de ville classique avec petit jardin, ce modèle résidentiel consomme en moyenne 3 à 4 fois plus d'espace.

#### ✕ Bâtiments multifamiliaux

Environ 5 % des logements sont situés dans de « grands immeubles à appartements » (> 10 logements), principalement situés dans les grandes villes (Liège, Charleroi), tandis que 5 % sont situés dans des bâtiments ne comptant que 2 logements.

#### ✕ Catégories particulières de logements

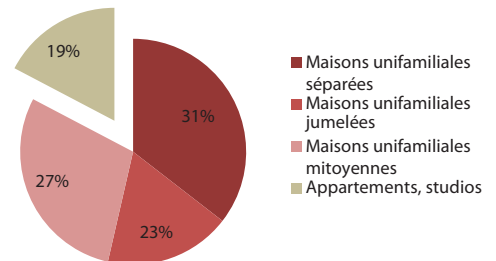
En plus des maisons unifamiliales et des immeubles d'appartements, l'enquête-qualité de 2007 définit, identifie les **bâtiments divisés en plusieurs unités de logement** : on entend par là un bâtiment qui a subi, postérieurement à sa construction, des transformations visant à y loger plusieurs ménages (maisons unifamiliales divisées en appartements ou en studios, bâtiments industriels divisés, « garnis », etc.)

#### ✕ Autre catégorie

les « **ensembles collectifs de logements** », généralement des quartiers de logements sociaux, qui présentent certaines caractéristiques particulières :

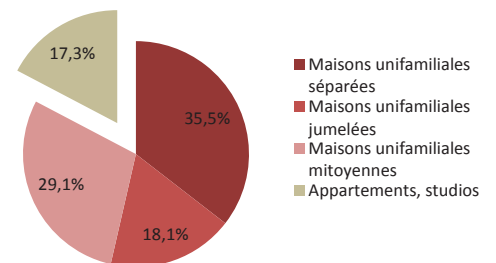
- discontinuité spatiale, caractère périphérique ;
- caractère monofonctionnel ;
- caractère « fini » (croissance impossible).

Ces quartiers représentent une « image-guide » stable (qui a influencé le développement des lotissements). Leur rénovation fait l'objet de l'étude RELOSO.



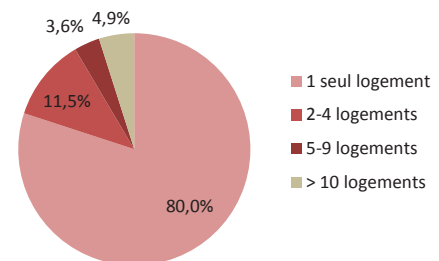
Répartition des logements en fonction de leur configuration

Chiffres < ICEDD et ACED - Parc de logement en Wallonie (données au 1<sup>er</sup> janvier 2008)



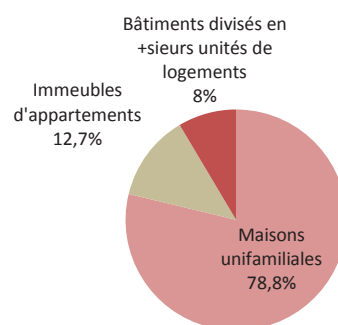
Répartition des logements en fonction de leur configuration

Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE, SPF Economie - Non-réponses réparties %



Répartition des logements en fonction du nombre de logements présents dans le bâtiment

Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE, SPF Economie - Non-réponses réparties %



Répartition des logements en fonction du type de bâtiment dont ils font partie

Chiffres < Enquête sur la qualité de l'habitat en Région wallonne 2006-2007, DGATLP



## ● Évolution

La tendance lourde toujours en cours est l'urbanisation diffuse, privilégiant la construction de villas « 4 façades » à l'extérieur des centres. Leur part a toutefois régressé d'un peu plus de 5 % au cours des quinze dernières années, probablement en lien avec les prix élevés du marché.

On remarque une augmentation de 5 % des maisons jumelées qui est probablement liée à la diminution à peu près équivalente des logements « 4 façades », les parcelles dans les lotissements devenant plus petites et la délivrance des permis de lotir moins favorable à l'habitat pavillonnaire. La proportion de maisons mitoyennes et d'appartements reste relativement stable. Un phénomène nouveau est l'apparition de petits immeubles à appartements en dehors des agglomérations (notamment choisis par des périurbains plus âgés).

### Types de logements en 1991, 2001 et 2008

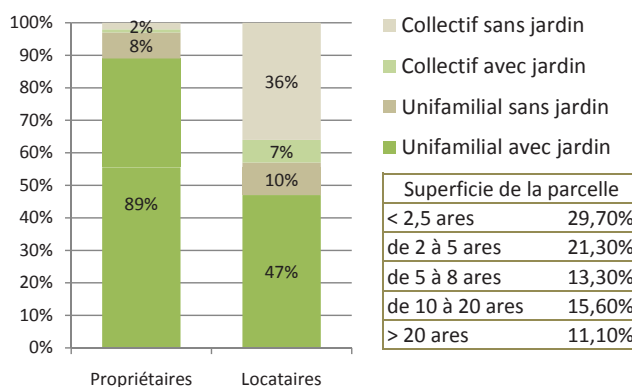
Tableau < État de l'environnement wallon, Rapport analytique 2006-2007, DGRNE - Chiffres < INS ICEDD et ACED - Parc de logement en Wallonie (données au 1<sup>er</sup> janvier 2008)

	Maisons isolées (Quatre façades)	Maisons jumelées (trois façades)	Maisons mitoyennes	Appartements
1991	37,5 %	17,3%	25,2%	19,7%
2001	35%	18%	28,5%	17,1%
2008	31%	23%	27%	19%

## ● Jardins et taille des parcelles

Le jardin constitue un élément très attractif : 78 % des logements wallons en possèdent un.

### Présence et types de jardins en fonction du type d'occupation - Superficie des parcelles - Chiffres < Enquête-qualité 2007 - DGATLP, MRW



## ● Croisement avec d'autres caractéristiques

### ✘ Configuration – Problèmes de qualité et salubrité

Les problèmes de qualité et de salubrité sont surreprésentés dans les bâtiments divisés en plusieurs unités de logements : problèmes d'isolation acoustique, installations électriques dangereuses, problèmes d'humidité, absence de chauffage central ou d'isolation, etc. Ceci est préoccupant, car ces logements sont généralement mis en location, palliant le manque de logements sociaux.

Les immeubles d'appartements sont globalement de meilleure qualité que les maisons unifamiliales (en moyenne ils sont plus récents).

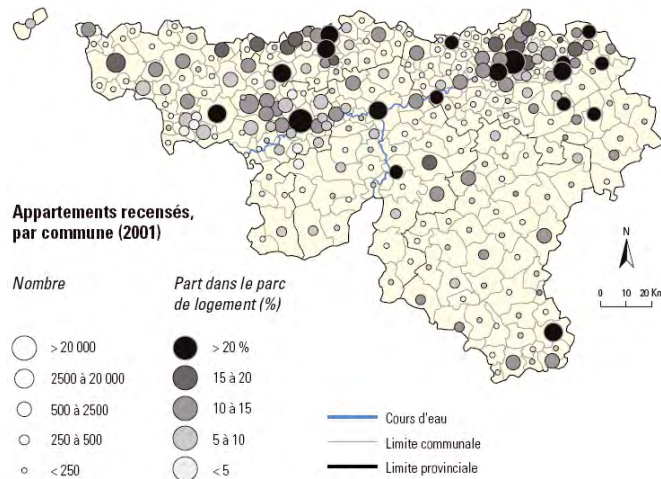
Les maisons « 4 façades » sont celles qui présentent le moins de défauts, tandis que les maisons mitoyennes laissent apparaître des manquements importants, notamment en ce qui concerne l'isolation :

- absence d'isolation de la toiture : 44,9 %
- absence d'isolation de des murs extérieurs : 76,3 %
- pas de vitrages isolants : 25,3 %

De même, l'absence de chauffage central, les problèmes d'isolation acoustique sont fréquents. Les maisons « 3 façades » ont un profil assez proche des précédentes.

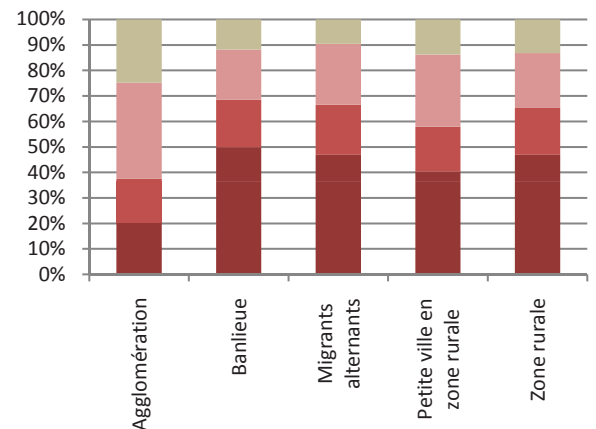
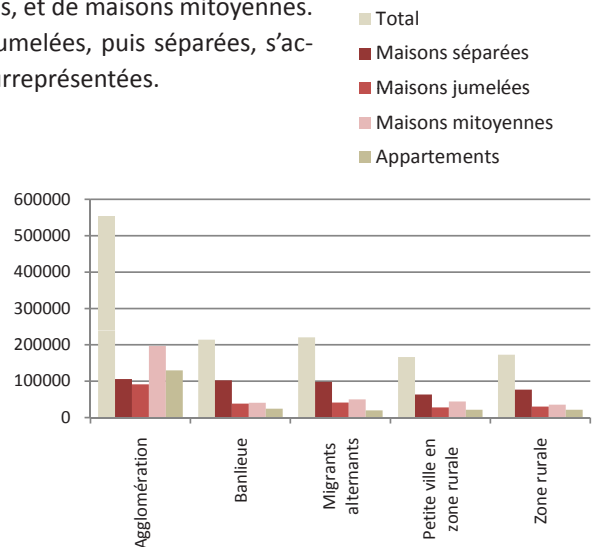
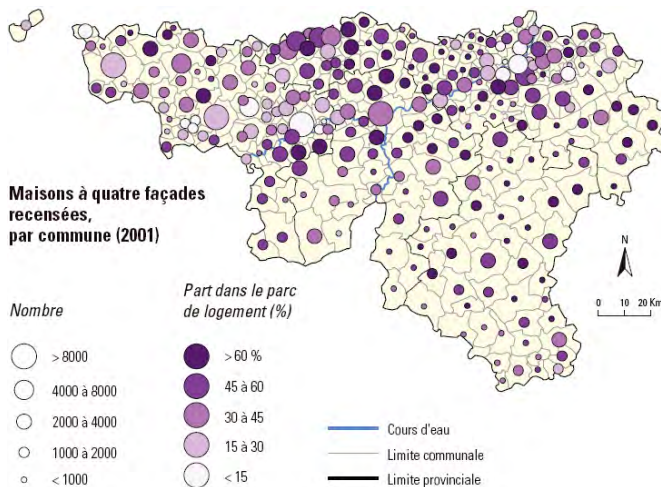
## × Types de logements – Localisation

Conformément à l'attente, on observe un lien très marqué entre la localisation et la configuration des logements. Les centres urbains concentrent un habitat très groupé avec une part importante d'appartements dans des immeubles à plusieurs étages, et de maisons mitoyennes. Lorsqu'on s'éloigne des centres urbains, la part des maisons jumelées, puis séparées, s'accroît : urbanisation extensive, où les « 4 façades » deviennent surreprésentées.

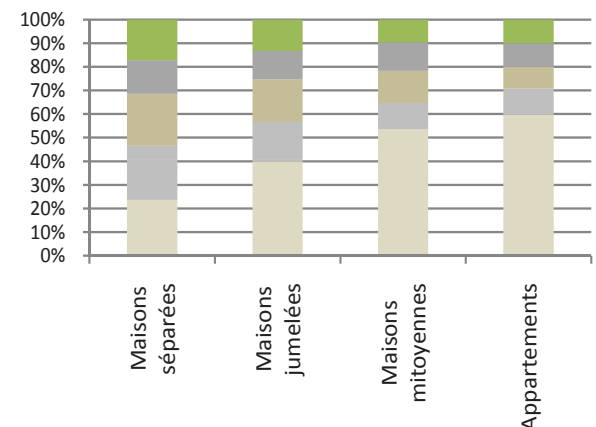


### Représentation (en nombre et pourcentage) des appartements et maisons 4 façades dans les communes de Wallonie

Cartes < État de l'environnement wallon, rapport analytique 2006–2007, p 130 - MRW, DGRNE ;  
Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE, SPF Economie



Répartition des logements wallons proportionnellement (A) et en nombre (B) en fonction du degré d'urbanisation  
Chiffres < ESE 2001 - DGSIE, SPF Economie



Configurations des logements en fonction du degré d'urbanisation  
Chiffres < ESE 2001 - DGSIE, SPF Economie

### PRIORITÉS POUR LA RÉNOVATION DURABLE

- rénovation des configurations plus denses, qui présentent le plus de problèmes de qualité : appartements, maisons mitoyennes
- encourager la création de ces types de logements lors de la création de nouveaux logements (par exemple : réaffectations)
- attention aux « bâtiments divisés en plusieurs unités de logements »

## 2.3 Taille des logements

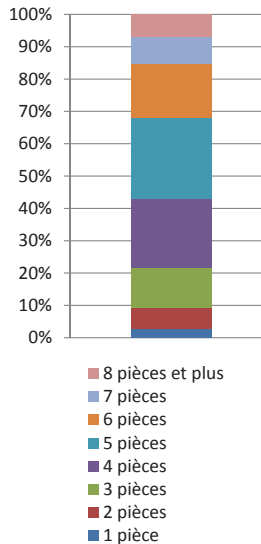
La taille d'un logement peut se définir de deux manières :<sup>19</sup>

- en faisant référence au **nombre de pièces d'habitation** ;
- par la **superficie de ces pièces habitables**.

Ces deux définitions sont évidemment liées, mais les résultats de l'ESE 2001 montrent qu'un nombre de pièces élevé n'implique pas systématiquement une superficie importante.

Répartition des logements en fonction du nombre de pièces habitables

Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE, SPF Economie



### × Nombre de pièces d'habitation

Sont considérées comme **pièces d'habitation** : cuisines, livings, salons, salles à manger, bureaux (à usage privé), salles de jeux, de loisirs, chambres à coucher (donc hors salles de bains, buanderies, greniers, caves, halls, garages, etc.)

En Wallonie, les logements comptent en **moyenne 4,8 pièces d'habitation**. Sur 100 logements, 9 comptent 1 ou 2 pièces, 12 en comptent 3, 47 en comptent 4 ou 5, et 32 en comptent 6 ou plus. Un peu plus de 40 % des logements comptent 4 pièces ou moins.

### × Évolution

Sur la durée, le nombre moyen de pièces par logement augmente ; il en va de même pour le nombre moyen de pièces par habitant. Le nombre de logements ne comptant qu'une pièce d'habitation est en forte augmentation. Il en va de même pour les logements de 6 pièces et plus. On assiste donc à une polarisation.<sup>20</sup>

### × Superficie habitable

La superficie habitable d'un logement est la superficie des pièces d'habitation définies ci-dessus.

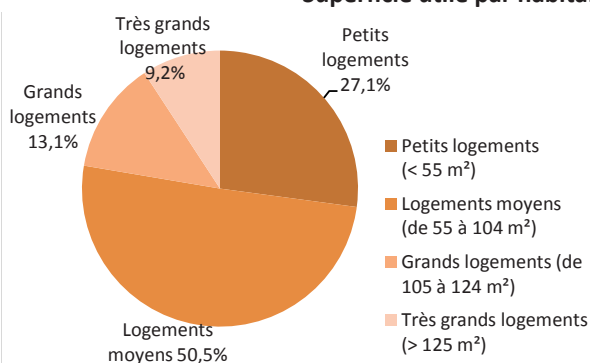
On peut considérer en moyenne que la superficie totale - ou surface chauffée - du logement est égale à 1,5 fois cette superficie habitable (on comptabilise alors l'épaisseur des murs extérieurs, les halls et dégagements, salles de bains, wc, etc.)

En 2001, la Wallonie compte :

- 8 % de logements < 35 m<sup>2</sup>, 19 % de logements de 35 à 54 m<sup>2</sup>, soit 27 % de petits logements ;
- 51 % de logements moyens, d'une superficie comprise entre 55 et 104 m<sup>2</sup> ;
- 13 % de logements de 105 à 124 m<sup>2</sup> : les grands logements ;
- 9 % de très grands logements, d'une superficie supérieure à 125 m<sup>2</sup> ;

→ **Superficie habitable moyenne par logement : 81,4 m<sup>2</sup>**

**Superficie utile par habitant : 33,7 m<sup>2</sup>.**

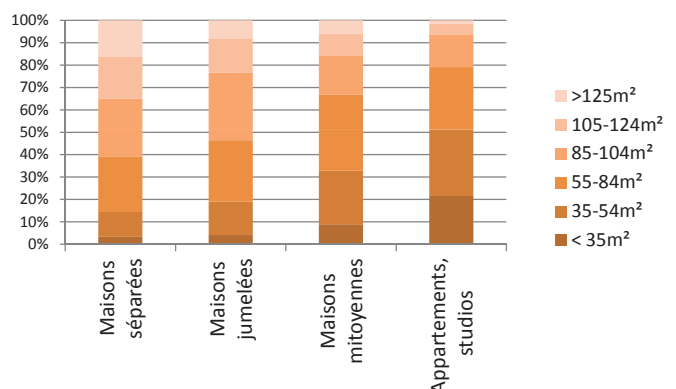


Répartition des logements en fonction de leur superficie habitable

Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE, SPF Economie

Taille des logements en fonction de leur configuration

Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE, SPF Economie



<sup>19</sup> Il n'existe pas, en Belgique, de code de mesurage unifié pour les logements. À titre d'illustration, les superficies moyennes données par l'ESE 2001 et par l'enquête-qualité de 2007 sont assez éloignées.

<sup>20</sup> Cette augmentation globale du nombre de pièces semble bizarre quand on sait qu'on préférerait autrefois un nombre élevé de petites pièces - plus faciles à chauffer - alors que la préférence va aujourd'hui à l'intégration des fonctions dans de grands espaces (lors de transformations, des pièces sont souvent fusionnées, notamment dans les anciens logements ouvriers). C'est probablement lié au fait que les chambres étaient plus fréquemment partagées autrefois.

## × Évolution

En moyenne, on peut considérer que les logements wallons sont spacieux (par rapport à certains pays voisins, comme l'Allemagne par exemple). Mais globalement, leur superficie habitable a tendance à diminuer. La pression sur l'espace semble s'accroître partout. La tendance est aujourd'hui aux logements d'une surface habitable comprise entre 85 et 104 m<sup>2</sup>.

La proportion de très grands logements diminue, celle des très petits logements augmente, en lien avec :

- l'augmentation du nombre de petits ménages, dont beaucoup d'isolés, qui recherchent souvent des logements abordables (donc petits) ;
- le nombre de studios et appartements en hausse dans les nouvelles constructions et les transformations ;
- l'augmentation des prix de l'immobilier, d'où la nécessité de réaliser des économies sur l'espace.

Notons toutefois que si la surface moyenne des logements tend à diminuer, la superficie utile par habitant augmente de manière constante ; en outre, la superficie chauffée des logements a fortement augmenté au cours des dernières décennies (généralisation du chauffage central).

## × Croisement avec d'autres caractéristiques

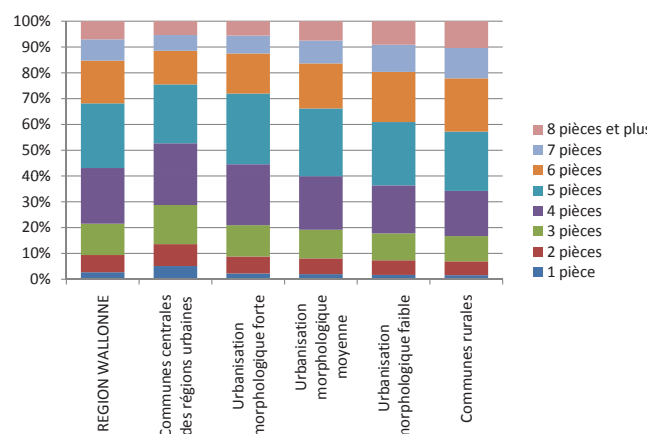
« Les cadres de vie suburbains et ruraux sont totalement différents de ceux des villes. Les différences se situent au niveau des types de constructions et de la taille des logements. En effet, les maisons unifamiliales, qui sont dominantes hors des villes, comptent en moyenne un plus grand nombre de pièces d'habitation et présentent une superficie supérieure à celle des logements en ville où on trouve un grand nombre d'appartements et de studios. »<sup>21</sup>

### Taille des logements - Types de logements

Il existe une corrélation positive entre la taille et le type des logements.

Les appartements comptent en moyenne 3,7 pièces d'habitation et les maisons 5,3. Il existe deux fois plus de petits appartements que de petites maisons (superficie < 55 m<sup>2</sup>).

(m <sup>2</sup> )	Superficie habitable moyenne	Superficie totale moyenne
Unifamilial séparé	97,7	146,6
Unifamilial jumelé	85,3	128,0
Unifamilial mitoyen	77,4	116,1
Appartement	60,3	90,4
Tous les logements	83,2	124,9



### Taille des logements – Localisation

Il existe un lien entre le niveau d'urbanisation morphologique et la taille des logements, il est toutefois moins marqué que le lien taille-configuration.

En Wallonie, à l'exception de l'ancien axe industriel, le logement est globalement plus vaste qu'en Flandre. La proportion de petits logements diminue avec le niveau d'urbanisation morphologique, en lien avec la **pression immobilière** : les logements ruraux sont globalement plus spacieux que les habitations urbaines. Dans les grandes villes, les logements sont en moyenne plus petits que dans les petites villes.<sup>22</sup>

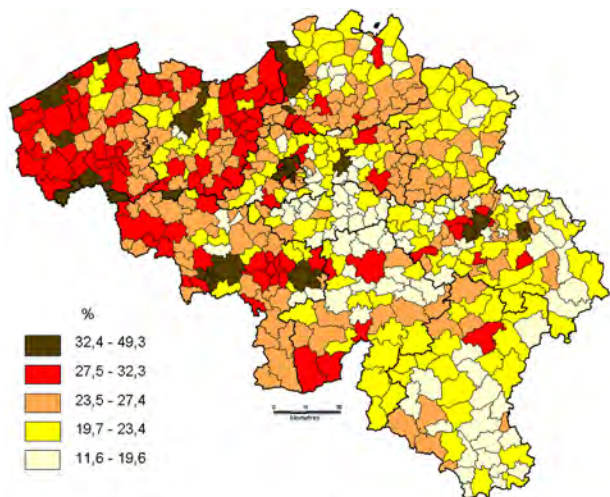
### Taille des logements en fonction du niveau d'urbanisation

Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE, SPF Economie

<sup>21</sup> Monographie « Le logement en Belgique », p. 11

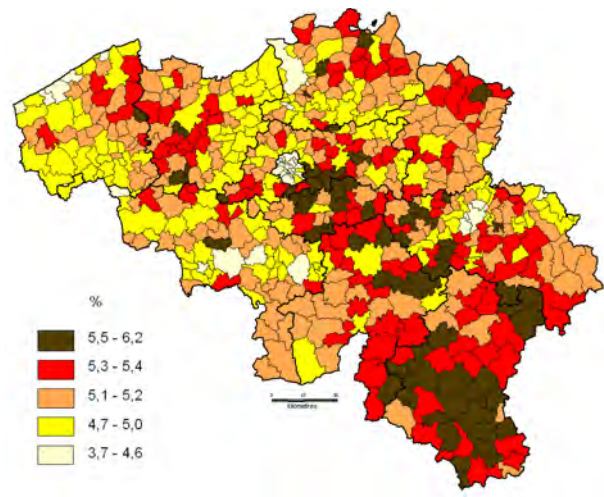
<sup>22</sup> Il n'existe pas, en Belgique, de code de mesure unifié pour les logements. À titre d'illustration, les superficies moyennes données par l'ESE 2001 et par l'enquête-qualité de 2007 sont assez éloignées.





**Proportion de petits logements (< 55 m<sup>2</sup>)**

Carte < Monographie « Le logement en Belgique », p. 78 - ESE 2001 - Géographie KULeuven et UCL



**Nombre moyen de pièces d'habitation**

Carte < Monographie « Le logement en Belgique », p. 79 - ESE 2001 - Géographie KULeuven et UCL

Les **petits logements** se rencontrent principalement :

1. dans les anciens **bassins industriels** (Liège, Hainaut dont Charleroi) : beaucoup de petites maisons ouvrières
2. dans les **villes et leur périphérie** proche
  - lien avec le type : appartements, studios et maisons mitoyennes ;
  - lien avec la pression foncière : zones densément peuplées, parcelles plus petites ;
  - lien avec les caractéristiques des ménages : nombreux locataires, petits ménages et ménages aux revenus moins élevés (beaucoup de jeunes disposant de peu de moyens financiers, en « début de carrière », qui louent des appartements de petite taille, de prix abordables).<sup>23</sup>

**Plusieurs zones de la Région se caractérisent par de grands logements** (taille supérieure à la moyenne du pays) :

- le long de l'**axe Bruxelles-Namur-Luxembourg** et dans le **Brabant Wallon** : zones « riches » ;
- de manière assez générale dans les communes rurales sises au **sud du sillon Sambre et Meuse** (cela peut s'expliquer par le fait que la pression foncière y est plus faible) ;
- dans les **banlieues** : population aisée.

Les grands appartements se trouvent surtout hors des villes : liés à la périurbanisation, ils sont bien présents entre Namur, Liège et Marche-en Famenne (souvent luxueux et habités par de « jeunes retraités »).

#### Taille des logements – Salubrité

L'enquête-qualité de 2007 montre que c'est parmi les logements les plus petits (moins de 40 m<sup>2</sup>) qu'on trouve le plus de problèmes d'insalubrité. Ceci confirme la nécessité du permis de location pour les petits logements (< 28 m<sup>2</sup>).

#### PRIORITÉS POUR LA RÉNOVATION DURABLE

- **standard actuel : 55-125 m<sup>2</sup> habitables**
- **inadaptation des stocks à l'évolution de la taille des ménages → besoin de petits logements**
- **augmenter le nombre de logements par la division de très grands logements (mais contraintes urbanistiques...)**
- **lutter contre l'insalubrité et la suroccupation des petits logements**

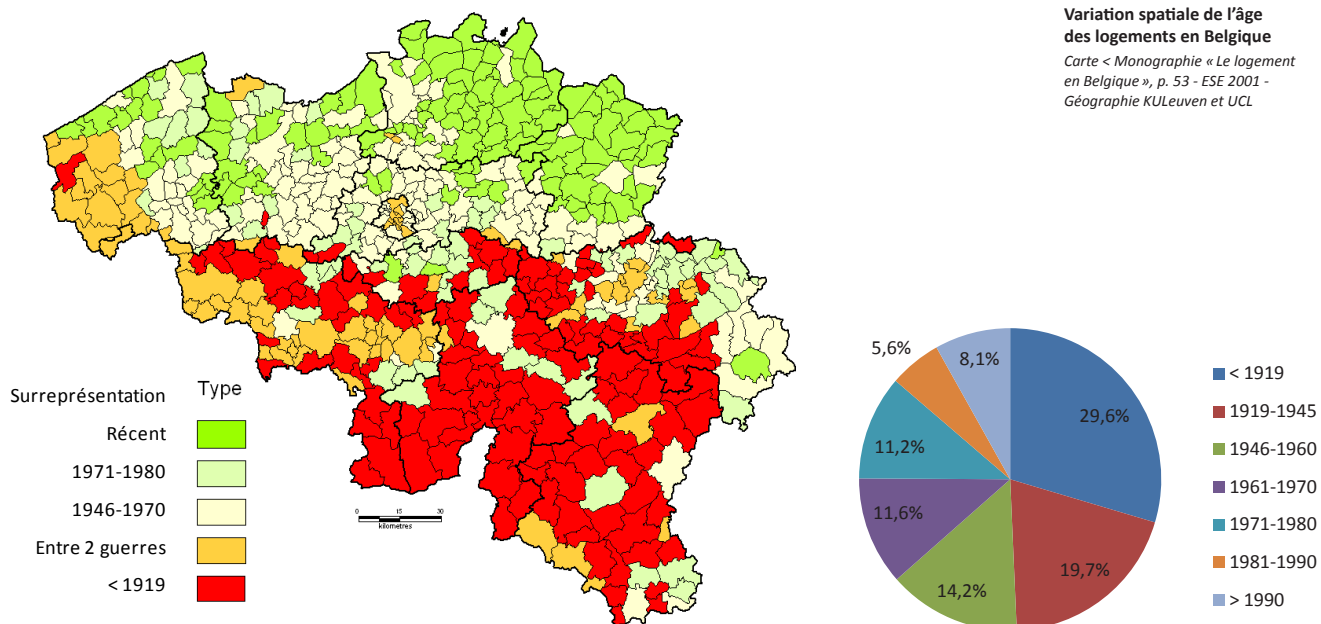
<sup>23</sup> Cependant, le nombre moyen de pièces par occupant est le plus élevé dans les communes centrales des villes, où vivent de nombreuses personnes seules ou en colocation.

## 2.4 Âge des logements et transformations

Le parc de logements wallons est globalement ancien : près de la moitié date d'avant 1945, et 75 % d'avant 1980. Si on considère que les logements datant d'avant 1991 peuvent potentiellement faire l'objet d'une rénovation, 86,3 % de l'ensemble du parc sont concernés.

### ● Brève Histoire de l'urbanisation

Comme le montre la carte ci-contre, la répartition spatiale des logements en fonction de leur époque de construction n'est pas homogène. Elle est liée à l'histoire de l'urbanisation du pays : vagues successives de construction, guidées par l'extension des villes devenues régions urbaines (développement concentrique), ensuite par une urbanisation plus diffuse. Évoquons-la brièvement, sur base de « l'Atlas du logement ».



Variation spatiale de l'âge des logements en Belgique

Carte < Monographie « Le logement en Belgique », p. 53 - ESE 2001 - Géographie KULeuven et UCL

Répartition des logements en fonction de leur époque de construction

Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE, SPF Economie

### ✕ Avant 1919

**29,6 % des logements wallons, contre 10 % en Flandre**

Expansion urbaine du 19<sup>e</sup> siècle liée à l'exploitation charbonnière et au fonctionnement des industries de base (métallurgie, verrerie...). Le coût élevé des transports en commun à l'époque force les ouvriers à ne pas s'installer trop loin de leur lieu de travail. Plus de la moitié de ces logements sont situés en Wallonie. Ce parc ancien est constitué principalement de maisons : maisons ouvrières dans ou à proximité des villes (modèle le plus répandu : petites maisons de deux travées et deux niveaux), tandis que l'architecture vernaculaire caractérise les zones rurales.

### ✕ L'entre-deux guerres

**19,7 % des logements wallons**

Logements concentrés dans l'ouest du pays (Yser : reconstruction après guerre), mais aussi à Bruxelles et plus généralement dans toutes les agglomérations. C'est l'époque où la cité-jardin, dont le modèle est conçu en Angleterre (fin 19<sup>e</sup> et au début 20<sup>e</sup> siècles), est importée en Belgique par des architectes modernistes ; ce modèle contient tous les germes du lotissement actuel qui a connu un développement particulièrement intensif depuis la fin des années 1950.<sup>24</sup>

<sup>24</sup> La cité-jardin est toutefois caractérisée par la volonté d'avoir les deux versants, à la fois la campagne et ses avantages et la ville et ses profits, regroupés au sein d'une même cité (alors que le lotissement sera mono-fonctionnel).

## ✘ De 1946 à 1970

### 25,8 % des logements wallons

Période de reconstruction et d'activité immobilière intense au lendemain de la guerre. L'apparition de nouveaux systèmes de financement, de nouvelles techniques de construction et le développement de l'automobile, jouent un rôle majeur dans les modes constructifs et dans les choix résidentiels. C'est la première vague de suburbanisation liée à la mobilité privée (première couronne, au sein des agglomérations). Au sein de ces logements la part d'appartements est plus importante qu'avant : « habitats modestes et sains » conçus sur base des réflexions et théories modernistes (immeubles collectifs de type « Etrimo-Amelincks »).

## ✘ De 1971 à 1980

### 11,2 % des logements wallons

Le développement s'observe surtout en Campine et en Brabant Wallon. Au niveau des zones urbaines, c'est en banlieue (2<sup>e</sup> couronne) qu'on trouve le plus de logements datant de cette époque, témoins de l'extension urbaine. Développement qui s'explique par l'augmentation de la mobilité des travailleurs, la volonté d'habiter dans des conditions de vie considérées comme meilleures par rapport aux villes, une politique foncière accessible aux classes moins aisées... Période intense pour la construction de logements sociaux, dont beaucoup de « barres de logements ».

## ✘ Après 1981

### 13,7 % des logements wallons

Urbanisation diffuse qui touche l'ensemble du territoire. Les politiques d'aménagement du territoire visant à la freiner ne semblent pas porter leurs fruits. Développement important en Brabant wallon, et le long de l'axe de périurbanisation de Bruxelles vers Luxembourg, qui brise la réalité de l'axe industriel wallon en son centre, au niveau de Namur.

→ Le parc de logements flamands ayant davantage été renouvelé au cours du XX<sup>e</sup> siècle, est globalement moins ancien ; la différence d'ancienneté des logements entre les 2 régions s'explique par plusieurs facteurs, notamment :

- histoire socio-économique différente : plus d'anciens logements sont liés au développement des anciens bassins industriels (mines, sidérurgie, etc.) en Wallonie ;
- pouvoir d'achat plus élevé en Flandre ;
- densité de population plus élevée en Flandre ;
- probablement un goût plus prononcé pour les logements anciens en Wallonie ;
- destructions plus importantes en Flandre au cours des deux guerres mondiales (Westhoek) ;
- politique de soutien à la réhabilitation en Wallonie ;
- etc.

## ● Croisement avec d'autres caractéristiques

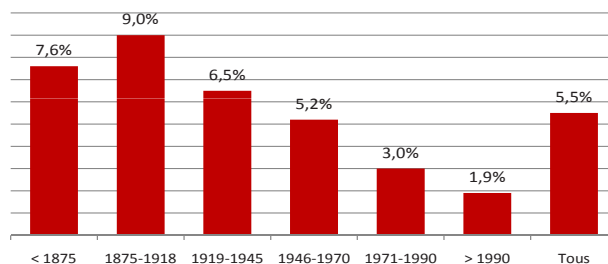
### ✘ Âge des logements - Problèmes de qualité

Assez logiquement, l'âge des logements influence en grande partie leur qualité. Ceci s'explique entre autres par le fait que la conception de l'habitation a évolué au cours du temps et avec elle des normes de confort. Les logements les plus anciens (< 1875) sont toutefois de meilleure qualité que ceux de la période suivante : cela s'explique notamment par leur intérêt patrimonial, et probablement le fait que la plupart ont déjà fait l'objet de travaux de réhabilitation. La différence moyenne entre l'âge des logements flamands et wallons est certainement le principal facteur qui explique que le bâti wallon soit globalement de moins bonne qualité.

### ✕ Âge des logements - degré d'urbanisation

On constate un net clivage entre l'agglomération et la banlieue: les logements situés en agglomération sont en moyenne plus anciens: ceci s'explique par le développement concentrique des pôles urbains.

À partir des années 60, les ménages décident de s'installer en dehors des villes sans pour autant s'en éloigner complètement dans un premier temps. Cet étalement urbain est indissociable du développement des moyens de communication.

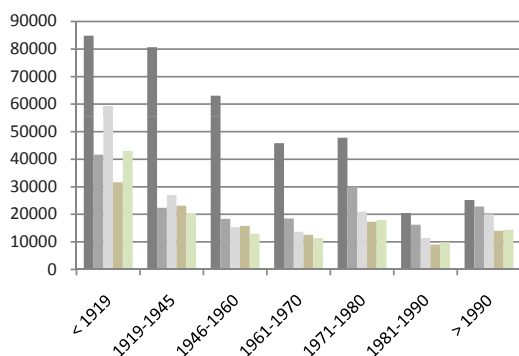


**% de bâtiments résidentiels nécessitant un assainissement ou des travaux importants en fonction de leur âge**

Chiffres < Enquête-qualité 2007 - DGATLP, MRW

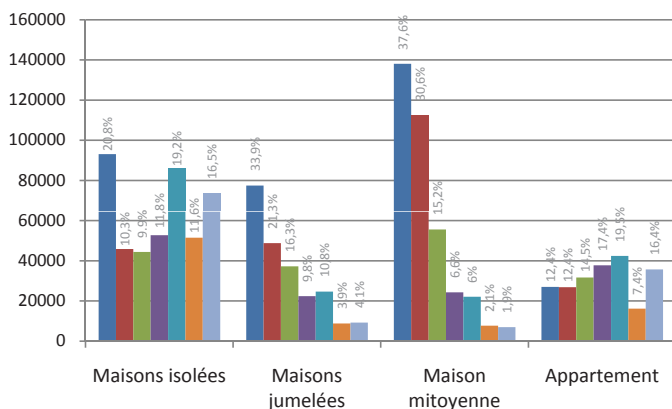
### ✕ Âge des logements - Types ou configurations

Les graphiques ci-contre synthétisent le lien entre la configuration des logements et leur ancienneté. Les maisons mitoyennes sont prépondérantes jusqu'à la deuxième guerre mondiale, ensuite leur part devient de plus en plus faible. Les maisons séparées, nombreuses avant 1919, deviennent majoritaires à partir des années 60. Pour les appartements, la répartition est relativement homogène (sauf au cours des années 80, où ils sont très peu nombreux).



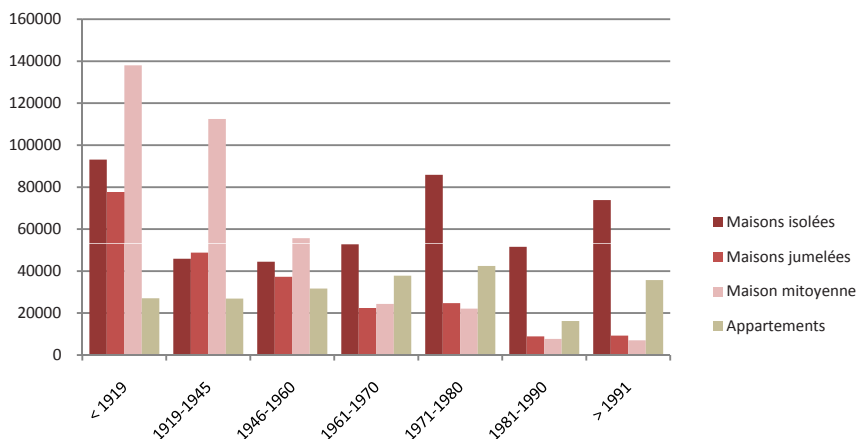
**Croisement entre le degré d'urbanisation et l'âge des logements wallons**

Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE, SPF Economie



**Croisement entre le type et l'époque de construction des logements**

Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE, SPF Economie



## ● Transformations

La tendance actuelle est à l'achat d'une maison ancienne plutôt qu'à la construction d'un logement neuf. En outre, les ménages adaptent de plus en plus leurs logements au cours du temps afin qu'ils correspondent à leurs goûts personnels et à la taille de leur famille (ajustement de la taille du logement à leur évolution personnelle).

Chaque année, près de 1 % des logements fait l'objet d'une transformation - soit à titre privé, soit en vue d'une disponibilité sur le marché locatif.<sup>25</sup>

D'après l'enquête-qualité 2007, les travaux de rénovation les plus fréquents concernent :

- le remplacement de portes et de châssis ;
- l'amélioration de revêtements de sols abîmés ;
- la mise en conformité des installations électriques et de gaz ;
- le remplacement des toitures ;
- l'évacuation des eaux pluviales ;
- le remplacement ou renforcement des charpentes ;
- l'assèchement des murs.

(les travaux visant à l'amélioration thermique n'étaient pas pris en compte par le questionnaire).

### ✕ Localisation des transformations

Les communes dont une part importante des logements a subi une transformation récemment se localisent surtout au sud de l'axe Sambre et Meuse et le long de l'axe Bruxelles-Luxembourg.

On observe également l'amorce d'un regain d'intérêt pour les vieux centres-villes, d'où une augmentation des activités de transformation ; ceci pourrait à terme mener à un processus de gentrification, même si globalement on en est encore loin en Wallonie.

### BÂTI PRIORITAIRE POUR LA RÉNOVATION DURABLE

Plusieurs catégories de logements sont mises en évidence :

- maisons mitoyennes (et jumelées), généralement urbaines, datant d'avant 1919
- maisons isolées (rurales) d'avant 1919
- maisons isolées (banlieues) des années 70

Note : Une mise en évidence plus fine de typologies prioritaires est effectuée en conclusion du chapitre.

<sup>25</sup> Il existe une relation forte mais non exclusive entre l'âge du bâti et sa transformation. La moitié des logements transformés datent d'avant 1946. Environ 15 % des logements construits avant 1919 ont été transformés au cours des 10 dernières années, contre à peine 3 % des logements > 1991.

## 2.5 Environnement, mobilité, cadre de vie

Le choix d'un « cadre de vie » ne dépend pas uniquement des caractéristiques du logement, mais aussi de celles de son environnement. L'ESE 2001 et l'enquête-qualité 2007 s'intéressent toutes deux au degré de satisfaction des habitants par rapport à leur voisinage (tranquillité, qualité de l'air, propreté, aspect des bâtiments, etc.) et à la proximité et la qualité des services et équipements (commerces, espaces verts, écoles, pistes cyclables et trottoirs, etc.). Notons que les réponses aux questions posées par les enquêtes relèvent pour la plupart de la « perception subjective », pas de critères objectifs.

### ✕ **Appréciation globale : l'indice de satisfaction**

« Pour l'ESE 2001, un indice global de satisfaction a été élaboré : il correspond au solde, exprimé en %, des réponses négatives et positives. Un indice global de satisfaction de 100 signifie qu'il y a exactement autant de satisfaits que d'insatisfaits ; un indice au-dessous de 100 indique davantage d'insatisfaits que de satisfaits. »<sup>26</sup>

Appréciation (subjective) de l'environnement et du cadre de vie

- Satisfaisant ou normal : 52,6 %
  - Très agréable, bien équipé : 20,8 %
- Indice global de satisfaction : 94,21 %

Belgique : 102,37 % ; Flandre : 106,8 % ; Bruxelles : 103,14 % ; Liège : 89,39 % ; Charleroi : 91,82 %

### ✕ **Infrastructures de voisinage**

Notons tout d'abord la très nette prédominance de la voiture individuelle comme mode de déplacement principal : 66 % des trajets quotidiens (voir graphe page suivante). Viennent ensuite les trajets en transports en commun. Le vélo est quasi absent.<sup>27</sup>

Pour ce qui est des infrastructures de voisinage, l'insatisfaction par rapport aux pistes cyclables est quasi générale, 8 ménages sur 10 s'en plaignent. Viennent ensuite les trottoirs (plus d'un ménage sur trois déclare que le voisinage est mal pourvu en trottoirs), puis les transports en commun ; les routes font le moins d'insatisfaits.

88,7 % des logements disposent d'un arrêt de transport en commun à moins d'un km.

La fréquence moyenne des transports en commun est reprise dans le graphique à la page suivante.<sup>28</sup>

### ✕ **Infrastructures - Variations spatiales**

Pour les pistes cyclables, l'insatisfaction est plus forte en agglomération : le trafic y est plus important, et le danger majeur pour les cyclistes, d'où la nécessité d'y disposer de bonnes pistes cyclables. Pour les trottoirs, la satisfaction est par contre plus élevée en agglomération. Les transports publics y comptent également le plus de satisfaits.

Le manque de transports publics dans les zones rurales y est un problème important : 40 % d'insatisfaits. L'insatisfaction est dès lors très marquée au sud de la région. Par contre, Liège, Namur et Verviers obtiennent des bons scores, tandis que l'insatisfaction est moyenne dans les autres zones du sillon sambro-mosan.

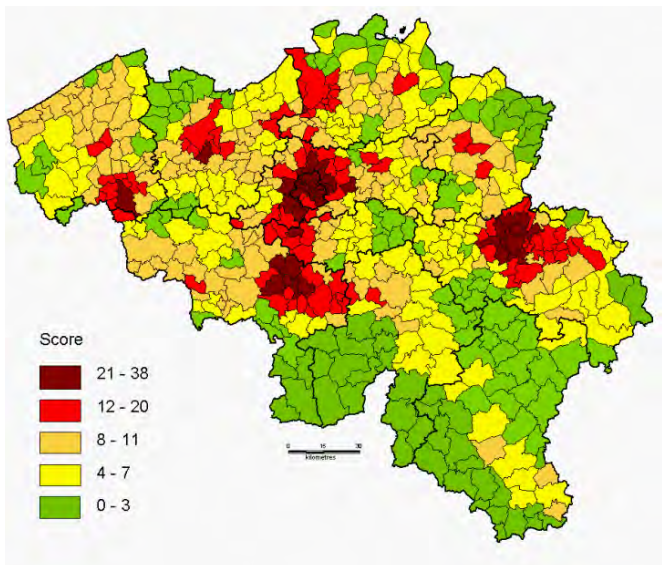
Une bonne accessibilité (offre d'un réseau routier et ferroviaire dans l'environnement immédiat) est importante au niveau communal. La carte à la page suivante rend compte du potentiel d'accessibilité des communes. Ce sont les régions urbaines qui présentent le potentiel le plus élevé : ceci est évident, puisque les grandes villes constituent des nœuds d'infrastructure importants (gares, connexions aux autoroutes). Par ailleurs, le tracé des autoroutes est souvent doublé par des lignes de chemin de fer : « dorsale wallonne » et E411 sont bien visibles sur la carte.<sup>29</sup>

<sup>26</sup> Site internet du SPF Economie, Statistiques

<sup>27</sup> Note : 20 % de ménages ne possèdent pas de voiture, près de 54 % en possèdent une et 24 % en possèdent deux ; 46 % des ménages ne possèdent pas de vélo, 21 % en possèdent 1. Chiffres < Enquête-qualité 2007

<sup>28</sup> Chiffres < Enquête-qualité 2007 - DGATLP, MRW

<sup>29</sup> Le potentiel d'accessibilité intervient sur les prix de l'immobilier

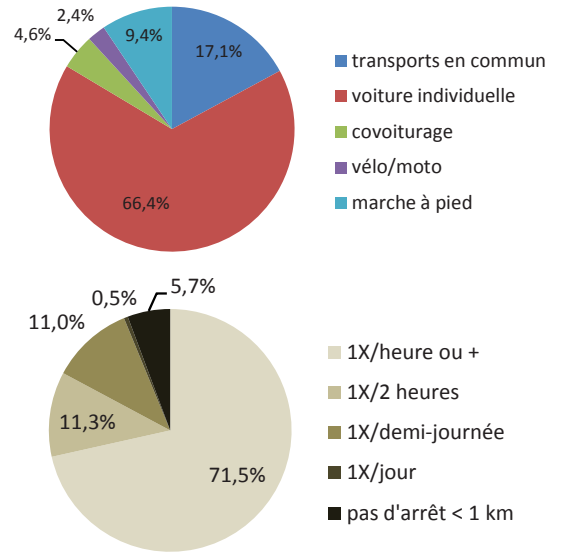


**Potentiel d'accessibilité (Score = somme d'indicateurs relatifs à la présence de gare et entrées/sorties d'autoroutes, mesurés depuis le centre des communes)**

Carte < Monographie « Le logement en Belgique », p. 159 - ESE 2001 - Géographie KULeuven et UCL

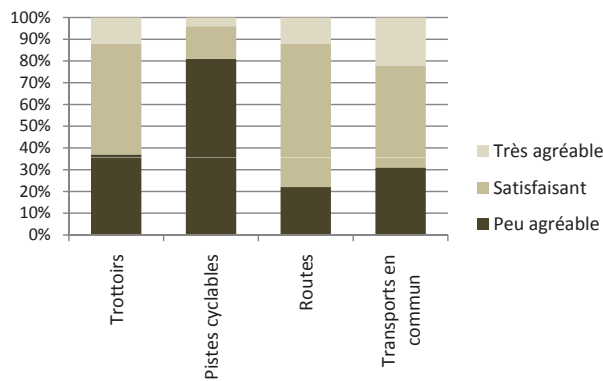
**Mode de déplacement principal -**

Chiffres < Enquête-qualité 2007 - DGATLP, MRW



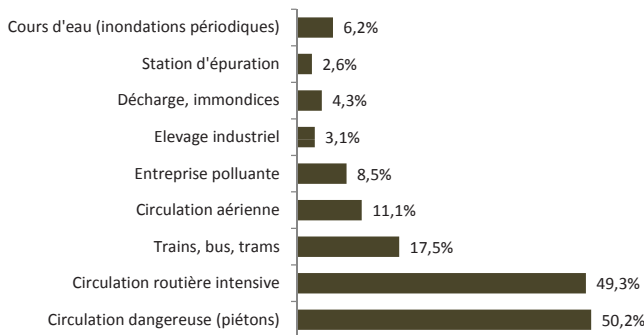
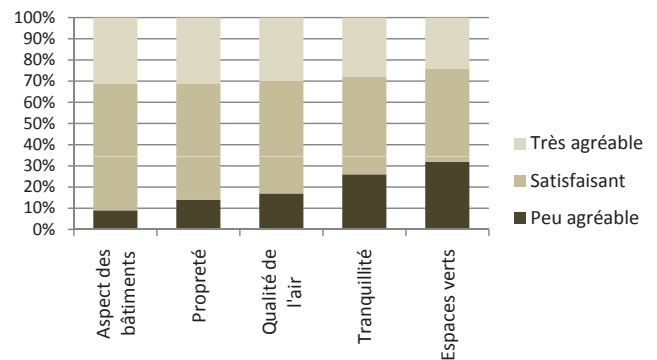
**Appréciation de l'équipement en « infrastructures de quartier »**

Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE, SPF Economie



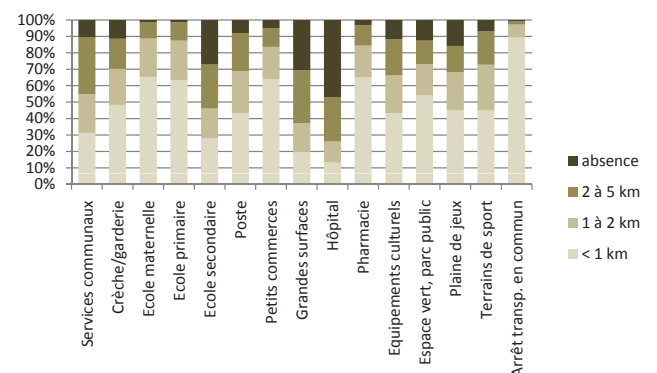
**Perception de l'aspect des bâtiments, de la propreté, de la qualité de l'air, de la tranquillité et des espaces verts**

Chiffres < ESE 2001, DGSIE, SPF Economie



**Éventuelles nuisances perçues dans un rayon de 500 m**

Chiffres < Enquête-qualité 2007 - DGATLP, MRW



**Proximité des équipements**

Chiffres < Monographie « Le logement en Belgique », p. 159 - ESE 2001 - Géographie KULeuven et UCL

### × Perception de l'environnement

On s'intéresse à présent à la perception des habitants par rapport à la qualité de leur cadre de vie, ainsi qu'aux nuisances ressenties. Lorsque les habitants sont confrontés à des nuisances, c'est le plus souvent en rapport avec des questions de circulation : routière, ferroviaire, aérienne (voir graphe à la page précédente).

Globalement, 30 % des ménages trouvent leur environnement 'très agréable'. L'insatisfaction concerne surtout les espaces verts et la tranquillité (absence de bruits ou de nuisances sonores), elle est un peu moindre pour la qualité de l'air, la propreté ou l'aspect des bâtiments. Notons qu'une perception négative par rapport à ces aspects du cadre de vie renforce le sentiment d'insécurité.

#### Perception de l'environnement - Variations spatiales

Si on observe la variation de la satisfaction par rapport à l'environnement en fonction du degré d'urbanisation, les agglomérations enregistrent les moins bons résultats pour toutes les variables : le taux d'insatisfaits y est nettement plus élevé qu'ailleurs, surtout pour la tranquillité (il est assez logique qu'il y ait plus de nuisances sonores dans les zones plus densément peuplées). Pour la qualité de l'air, le plus d'insatisfaits se rencontrent dans les grandes villes ou les villes industrielles ; pour la propreté, beaucoup d'insatisfaits à Liège, Charleroi, La Louvière, Herstal, Manage, Farciennes, etc. ; pour l'aspect des bâtiments, ce sont à nouveau des zones du sillon industriel qui enregistrent les moins bons scores (Charleroi). De manière globale, l'axe sambro-mosan enregistre un niveau de satisfaction assez faible (ancienne région industrielle, nombreuses petites maisons mitoyennes anciennes, densité de population élevée, mélange d'activités économiques et d'infrastructures). Le contraste d'appréciation est fort par rapport au sud rural de la Région.

Les zones plus rurales obtiennent en effet de très bons scores : propreté, espaces verts, aires de jeux pour les enfants, etc. les rendent très attractives.<sup>30</sup>

*« Ce sont ces caractéristiques de l'environnement qui incitent les ménages (à choisir de s'y installer). La question est de savoir si le déficit en crèches, emplois et transports en commun est compensé par ces caractéristiques. »*<sup>31</sup>

### × Services, facilités et équipements

Le contraste « ville/campagne » est marqué.

Logiquement, l'offre d'équipements, commerces, services, etc. est plus importante là où la densité de population est plus élevée et où l'urbanisation est plus importante (là où ces équipements peuvent être mieux « rentabilisés »).

Dès lors, les agglomérations (noyaux des régions urbaines) et les petites villes enregistrent pour tous les équipements des taux de satisfaction plus élevés que les zones plus rurales (les villes présentent notamment une concentration plus forte en commerces).

La Wallonie rurale compte beaucoup de centres habités dépendants, c'est-à-dire incomplètement équipés : densité historique plus faible qu'en Flandre et exode rural plus massif dans le passé, ont hypothéqué un bon équipement en commerces dans les cœurs des villages.

### × Un cadre qui manque parfois de convivialité

« Si le besoin de se loger est globalement rencontré, le besoin d'habiter, c'est-à-dire de s'insérer dans un milieu de vie, n'est pas toujours satisfait même si certaines initiatives (petites infrastructures sociales de quartier, aménagement d'espaces publics conviviaux, etc.) ont été prises. L'effort actuellement initié doit être maintenu en vue de rencontrer le besoin de lieux communautaires, d'équipements d'accueil (crèches ou maisons de jeunes par exemple), d'espaces de rencontre (places publiques, espaces verts à vocation sociale, terrains de jeux), etc. On observe aussi localement des problèmes d'intégration, la formation de ghettos, des

<sup>30</sup> Par rapport aux espaces verts, on peut se poser la question de savoir si les ménages se satisfont d'une vue sur un espace vert ou s'ils veulent également pouvoir « l'utiliser ».

<sup>31</sup> Monographie « Le logement en Belgique », p. 153

processus de marginalisation et de paupérisation, le non-respect des diversités culturelles et sociales. Des problèmes de sécurité peuvent également se poser. Dans certains quartiers, la pression du trafic automobile est une menace directe pour la quiétude et la sécurité des riverains. Certaines formes d'urbanisation génèrent en outre une réelle insécurité psychologique : il s'agit des vastes immeubles anonymes, des quartiers en déclin, des ensembles regroupant des populations défavorisées. »<sup>32</sup>

#### **PRIORITÉS POUR LA RÉNOVATION DURABLE**

- **encourager la mobilité douce (emplacements vélos, etc.)**
- **lors d'opérations à grande échelle, agir sur l'offre de services/équipements (crèches, etc.), et améliorer la qualité des abords**
- **valoriser le « retour à la ville »**
- **la rénovation a un rôle essentiel à jouer pour améliorer l'image des quartiers**

<sup>32</sup> L'état de l'environnement wallon, Rapport analytique 2006-2007, p. 136

### 3. CARACTÉRISTIQUES ÉNERGÉTIQUES ET QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE <sup>33</sup>

**Caractéristiques des combustibles** (Valeurs PCI <sup>34</sup> extraites de Energie <sup>35</sup>)

- mazout ou gasoil : 1 litre = 36 MJ = 10 kWh
- gaz naturel type H (riche) : 1 m<sup>3</sup> = 36,43 MJ = 10,12 kWh
- gaz nat. type L (pauvre - Brabant wallon) : 1 m<sup>3</sup> = 32,97 MJ = 9,16 kWh
- électricité : 1 kWh = 3,6 MJ
- butane : 1 kg = 45,56 MJ = 12,7 kWh
- propane : 1 litre = 23,72 MJ = 6,59 kWh
- charbon : 1 kg = +/- 30 MJ = 8,33 kWh
- bois : bûches sèches : 1 kg ≈ 15 MJ ou 4,17 kWh <sup>36</sup>
- bûches humides : 1 kg ≈ 9 MJ ou 2,5 kWh
- pellets : 1 kg ≈ 17,5 MJ ou 4,86 kWh

**Unités**

- 1 tep (tonne d'équivalent pétrole) = 11 628 kWh
- 1 kWh = 3,6 MJ ; 1 kcal = 4,187 J = 1,163 10<sup>-3</sup> kWh
- 1 m<sup>3</sup>gaz ≈ 1 l mazout ≈ 10 kWh = 36 MJ (sauf gaz type L)

**Facteur d'émission de CO<sub>2</sub>** (Valeurs qui sont utilisées pour la PEB)

- Gasoil : 3,058 t CO<sub>2</sub>/Tep ou 0,263 kg/kWh (facteur de conversion en énergie primaire = 1)
- Gaz naturel : 2,344 t CO<sub>2</sub>/Tep ou 0,202 kg/kWh (facteur de conversion en énergie primaire = 1)
- Electricité : 8,285 t CO<sub>2</sub>/Tep ou 0,713 kg/kWh (facteur de conversion en énergie primaire = 2,5)
- Bois : 0 <sup>37</sup>
- Butane/Propane : 2,589 t CO<sub>2</sub>/Tep ou 0,223 kg/kWh (facteur de conversion en énergie primaire = 1)
- Charbon : 3,89 t CO<sub>2</sub>/Tep ou 0,335 kg/kWh (facteur de conversion en énergie primaire = 1)

Ce chapitre fait le point en matière d'utilisation de l'énergie dans les logements wallons – question qui constitue de nos jours un enjeu crucial.

Après avoir abordé de manière succincte la situation de « l'énergie en Wallonie », on s'intéresse plus particulièrement à l'utilisation de l'énergie dans les logements :

- Quelles sont les consommations énergétiques dans les différents types de logements, pour le chauffage et les autres équipements ?
- Quels sont les choix en matière de combustibles pour le chauffage ?
- Quelle est la « qualité énergétique » des logements wallons (niveau d'isolation, chaudière, etc.) ?
- Comment évoluent ces différents facteurs, et quelle est la politique de la Région visant à favoriser la qualité énergétique des logements wallons ?
- Questions dépassant l'énergie au sens strict : qu'en est-il de l'impact environnemental plus global de nos habitations.

L'analyse des **consommations énergétiques des logements** wallons se base essentiellement sur le « *Bilan énergétique wallon* », publié chaque année par l'ICEDD, et dont un chapitre important porte sur les « *Consommations du secteur logement* ». Les chiffres étudiés ici concernent les années 2008 et 2005 pour les données encore manquantes pour 2008.

L'analyse des **choix en matière de vecteurs énergétiques** se base sur la même source ainsi que sur les données issues de « *L'enquête socio-économique générale de 2001* », et les différentes analyses qui en ont été faites (Atlas de l'habitat, Monographie « Le logement », et article « De quel bois se chauffent les Belges »).

<sup>33</sup> Caroline Kints-André De Herde - La rénovation énergétique et durable des logements wallons, analyse du bâti existant et mise en évidence de typologies de logements prioritaires - Service public de Wallonie - Département de l'énergie, 2010

<sup>34</sup> Pouvoir Calorifique Inférieur

<sup>35</sup> <http://www.energieplus-lesite.be/>

<sup>36</sup> Une stère de chêne séché à l'air pèse 488 kg et équivaut à 160 litres de mazout, une stère d'épicéa pèse 315 kg (105 l mazout)

<sup>37</sup> Le CO<sub>2</sub> émis à la combustion est considéré comme nul. Le cycle entre combustion dégageant du CO<sub>2</sub> et le captage de ce CO<sub>2</sub> par la croissance de la biomasse étant court

En plus de l'ESE 2001, l'analyse du **niveau d'isolation et d'équipement** des logements est quant à elle basée sur le rapport de « *L'enquête sur la qualité de l'habitat en Région wallonne 2006-2007* ».

Le contexte sous-jacent à cette analyse est bien connu :

- croissance des prix des produits pétroliers, et la « fuel poverty » qui en résulte
- impact environnemental lié à l'utilisation massive des énergies fossiles : problèmes atmosphériques, changements climatiques.

**Or, comme on va le voir, la qualité énergétique des logements wallons étant globalement médiocre, la rénovation énergétique de ceux-ci représente un potentiel important – et assez facilement mobilisable – de diminution des émissions de gaz à effet de serre pour la région et d'amélioration de la qualité de vie pour les habitants (diminution de la facture énergétique, amélioration du confort).**

### 3.1 L'énergie en Wallonie

« L'énergie en Wallonie », c'est une consommation annuelle très importante (supérieure à la moyenne européenne) et en hausse, une facture en forte hausse, une dépendance quasi-totale (96 %), des émissions de gaz à effet de serre importantes, et trois secteurs énergivores : l'industrie (43 %), le transport (24 %), le logement (23 %).

L'énergie en Wallonie, c'est :

Une **consommation annuelle importante** : 151,3 TWh en 2008 pour l'ensemble des secteurs, ce qui équivaut à environ 43 MWh +/- 4370 litres de mazout par habitant par an (population de 3 457 000 habitants en 2008).<sup>38</sup>

Cette consommation est **en croissance** avec une augmentation globale de 3,5 % entre 1990 et 2008 (avec un pic à +8 % en 2004). Une augmentation de 19 % depuis 1990 pour les bâtiments (logements et tertiaire confondu) compensée partiellement par une baisse de la consommation dans l'industrie (fermeture de hauts-fourneaux).

Une **facture en hausse** suite à l'augmentation des prix du pétrole et à la croissance des consommations.

Une **dépendance quasi-totale** : 96 % des matières premières sont importées.

Les vecteurs énergétiques se répartissent comme suit en 2008 : 42 % produits pétroliers, 21 % gaz naturel, 17 % électricité, 13 % solides et gaz dérivés, 7 % autres. Les principales tendances observées depuis 1990 sont un effondrement de la consommation de combustibles solides et gaz dérivés, et une forte augmentation des consommations de gaz naturel, d'électricité et de carburants (respectivement +20 %, +40 % et +31 %). La part des énergies renouvelables (produites en Wallonie ou importées) dans la consommation intérieure brute wallonne en 2008 s'élève désormais à 5,2 %. Ce chiffre est ramené à 2,9 %, si l'on ne tient compte que des énergies renouvelables produites en Wallonie.

**Des émissions de gaz à effet de serre en diminution** : En 2008, les émissions ont atteint 47,8 millions de tonnes éq. CO<sub>2</sub> pour 54,6 millions de tonnes en 1990. Cela correspond pour 2008 à une moyenne de 13,8 tonnes par habitant (pour une moyenne européenne de 10,8 tonnes en 2004).

En 2008, 6 403 kT éq. CO<sub>2</sub> étaient attribuables au secteur résidentiel<sup>39</sup> soit 13,4 % des émissions totales. Cela représente 4,3 t annuels de CO<sub>2</sub> pour chaque logement wallon en 2008, contre 5,2 t en 2004.<sup>40</sup> L'objectif de Kyoto à l'horizon 2012 étant une diminution des émissions de 7,5 % par rapport à 1990<sup>41</sup>, les émissions de GES pour le logement devraient être

<sup>38</sup> Source DGSIE - Statistiques démographiques (données au 1<sup>er</sup> janvier 2008)

<sup>39</sup> Les émissions dues au secteur résidentiel ne comptabilisent pas celles qui sont liées à la production d'électricité.

<sup>40</sup> Source « L'état de l'environnement wallon » publié par la DGRNE (Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement) en 2006

<sup>41</sup> Pour mémoire, les émissions du secteur étaient de 6 745 kT éq. CO<sub>2</sub> en 1990.

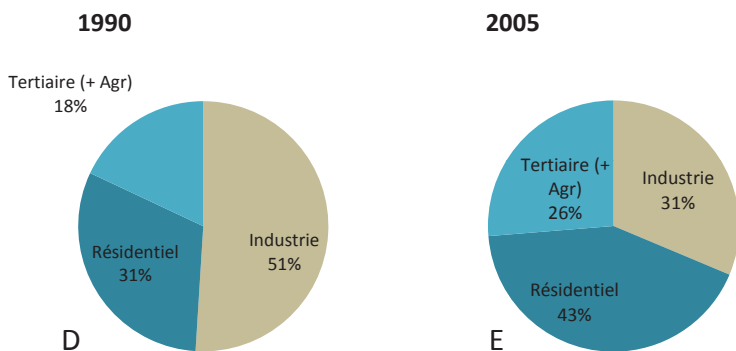
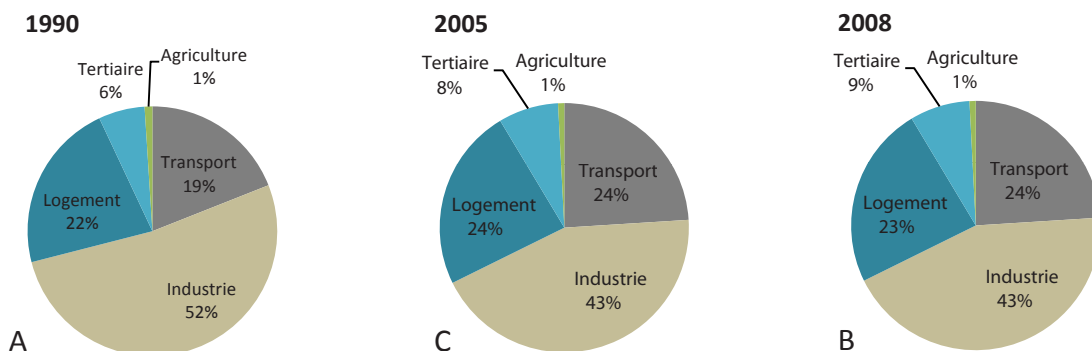
limitées à 6 240 kT éq. CO<sub>2</sub> fin 2012. Cet objectif, sera probablement atteint ou pratiquement atteint.

Les nouveaux objectifs de la Commission européenne arrêtés en 2008 prévoient une nouvelle réduction des émissions de 20 % d'ici 2020, voire de 30 % si d'autres pays acceptent de réduire les leurs de manière significative. Un effort très important reste encore à faire...<sup>42</sup>

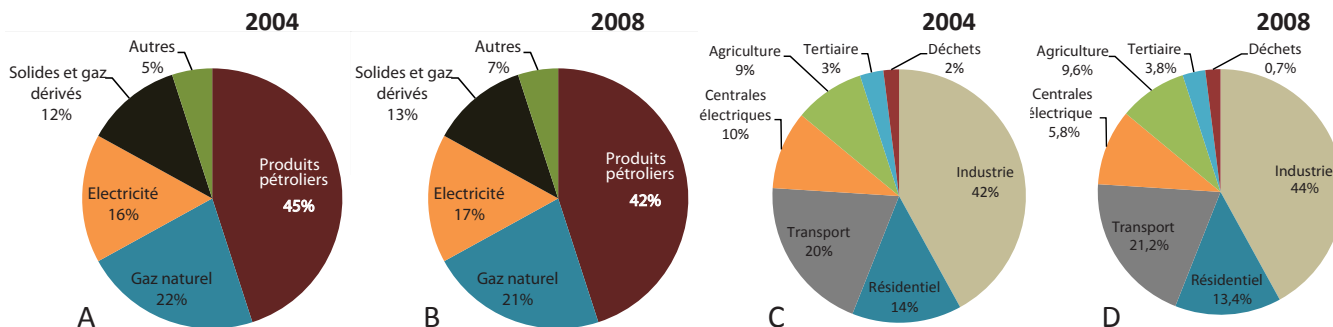
### Trois secteurs énergivores : l'industrie (43 %), le transport (24 %) et le logement (23 %).

Le secteur tertiaire et du transport sont ceux qui connaissent la plus forte augmentation depuis 1990, avec respectivement +61 % et +32 %; l'industrie quant à elle est en constante diminution; le logement connaît une croissance modérée.

Le logement représente, en 2008, 23 % des consommations énergétiques totales de la Région. Toutefois, si on ajoute la part du transport qui est liée au secteur résidentiel, les consommations et la facture énergétique s'élèvent à respectivement 31 % et 43 % du total pour 2005 (ces statistiques n'existant pas pour 2008).



A. Consommations énergétiques par secteur en 1990  
 B. Consommations énergétiques par secteur en 2008  
 C. Consommations énergétiques par secteur en 2005  
 D. Consommations énergétiques transport inclus en 1990  
 E. Consommations énergétiques transport inclus en 2005  
 Source : ICEDD Bilan énergétique wallon 2008 et 2005



A. Répartition des vecteurs énergétiques utilisés en Wallonie en 2004  
 B. Répartition des vecteurs énergétiques utilisés en Wallonie en 2008  
 C. Répartition des gaz à effet de serre par secteur d'activité en Région wallonne en 2004  
 D. Répartition des gaz à effet de serre par secteur d'activité en Région wallonne en 2008  
 Source : DGRNE État de l'environnement wallon, rapport 2006 et REGARDS SUR LA WALLONIE 2009 Annexe statistique

<sup>42</sup> En 1990, les émissions mondiales représentaient 6 milliards de tonnes équivalent carbone, or la capacité d'absorption de la planète n'est que de la moitié. Pour faire face au défi climatique, le GIEC annonce une réduction nécessaire de 50 à 85 % des émissions par rapport à 1990; dans le « cas optimiste » (- 50 %), cela revient, pour une population mondiale d'environ 6.5 milliards d'individus (en passe de devenir 7 à 9 d'ici 2050), à un « droit d'émettre » environ 460 kg de carbone ou 1,7 tonne de CO<sub>2</sub> par personne et par an... et 1/2 tonne CO<sub>2</sub> dans le cas pessimiste (moyenne planétaire); l'ampleur du défi laisse songeur... Sources : Jean-Pascal van Ypersele (GIEC) et [www.manicore.com](http://www.manicore.com)



### 3.2 Consommations énergétiques du secteur résidentiel

L'ICEDD réalise chaque année le bilan énergétique du logement selon une méthodologie « top-down » (c'est-à-dire à partir des consommations globales du secteur).<sup>43</sup>

L'estimation du parc de logements est basée sur l'ESE 2001. En **2008** le nombre total de logements est estimé à **1 554 100** pour **1 512 055** en 2005, répartis en **1 258 820** maisons unifamiliales (**81 %**) et **295 280** appartements (**19 %**) pour 83 % de maisons et 17 % d'appartements en 2005.

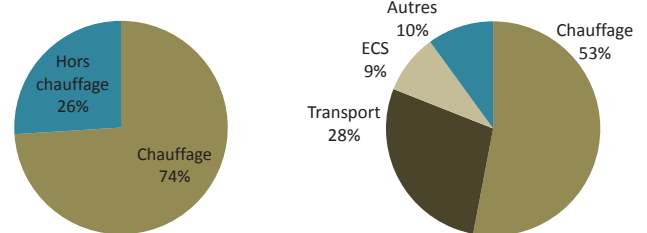
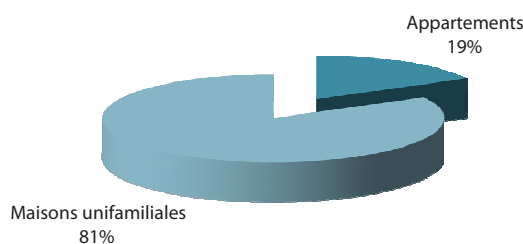
La consommation finale du logement en **2008** est estimée **34 600 GWh** (2975 ktep) pour 36 500 GWh (3 140 ktep) en 2005. Ceci représente une consommation moyenne totale de **22,2 MWh/an. logt** l'équivalent de +/-2 220 litres de mazout pour +/-2 680 litres en 2005.

Si on inclut le transport, la consommation monte à  $\approx$  3 tep/an. logement.

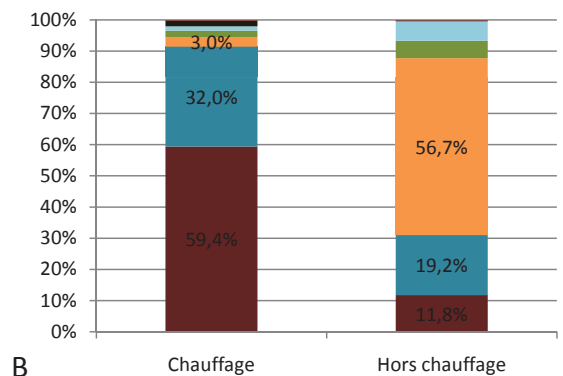
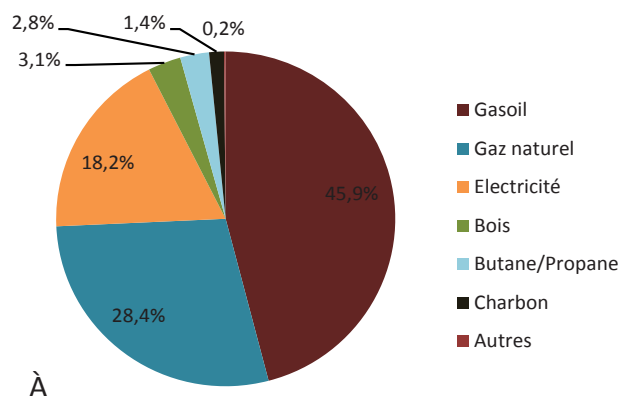
Cette consommation se répartit entre les différents vecteurs énergétiques selon les proportions reprises dans le tableau ci-dessous.

Dans les logements wallons, plus de 70 % des consommations d'énergie concernent le chauffage; cette part diminue (augmentation des consommations des appareils électriques).

L'énergie la plus utilisée dans les logements wallons est le gasoil, qui représente près de 46 % des consommations. Son utilisation fluctue, mais est globalement en hausse depuis 1990. En second lieu vient le gaz naturel, en progression plus marquée, suivi par l'électricité, en très nette progression. Les autres vecteurs énergétiques sont plus marginaux: le bois (qui progresse), le charbon et le butane/propane, pour lesquels la désaffection est très nette.



Répartition des consommations domestiques; idem transports inclus  
Source : ICEDD Bilan énergétique wallon 2005 statistiques non disponibles pour 2008



A. Consommation du secteur résidentiel par vecteur énergétique  
B. Vecteur énergétique par type d'utilisation (chauffage / hors chauffage)

Source : ICEDD Bilan énergétique wallon 2005 statistiques non disponibles pour 2008

<sup>43</sup> Note : Les chiffres pour la consommation énergétique réelle proviennent de diverses sources d'informations : CWaPE et calculs de l'ICEDD (électricité et gaz naturel), SPF Economie (produits pétroliers et charbon), FEBUPRO (butane/propane)  
Les consommations résidentielles globales sont ensuite réparties suivant les différents types de logements et d'équipements, en se basant sur diverses sources d'informations (DGSIE, CWaPE, fournisseurs...).

	Gasoil	Gaz naturel	Electricité	Bois	Butane Propane	Charbon	Autres	Total	% du total
<b>Chauffage</b>	15540 59,4%	8359 32,0%	782 3,0%	569 2,2%	360 1,4%	491 1,9%	41 0,2%	<b>26142</b> <b>100,0%</b>	<b>72%</b>
<b>Hors chauffage</b>	1223 11,8%	1992 19,2%	5876 56,7%	578 5,6%	644 6,2%	26 0,3%	16 0,2%	<b>10355</b> <b>100,0%</b>	<b>28%</b>
<b>Total</b>	<b>16763</b> <b>45,9%</b>	<b>10351</b> <b>28,4%</b>	<b>6658</b> <b>18,2%</b>	<b>1147</b> <b>3,1%</b>	<b>1004</b> <b>2,8%</b>	<b>517</b> <b>1,4%</b>	<b>57</b> <b>0,2%</b>	<b>36497</b> <b>100,0%</b>	

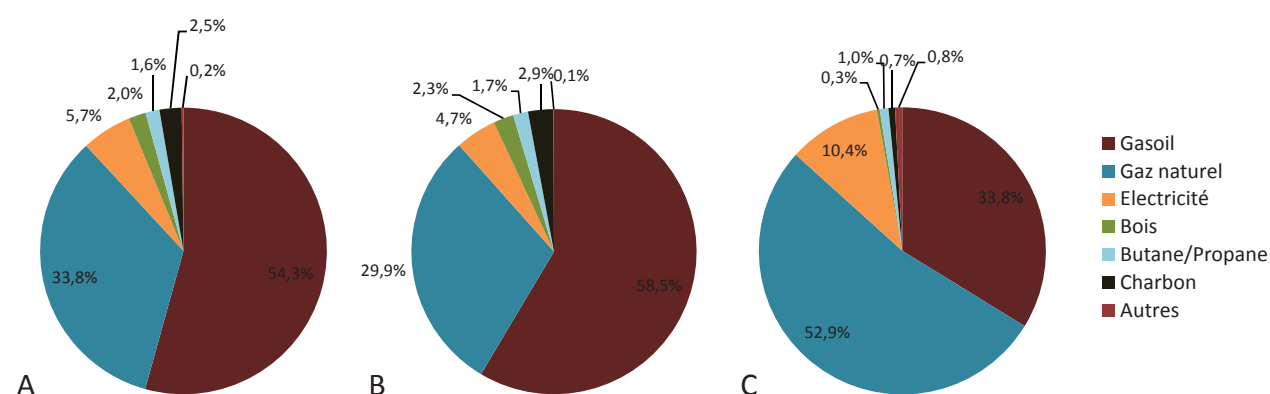
Consommation réelle du logement en 2005 (en GWh)

Source : ICEDD Bilan énergétique wallon 2005 statistiques non disponibles pour 2008

## Le chauffage

### × Répartition des logements par vecteur énergétique pour le chauffage

La répartition des logements en fonction de leur type (appartement ou maison unifamiliale) et du combustible utilisé est détaillée ci-dessous et ci-contre pour l'année 2005.



Répartition des logements selon le combustible utilisé pour le chauffage. A. Logements wallons ; B. Maisons unifamiliales ; C. Appartements

Source : ICEDD Bilan énergétique wallon 2005 statistiques non disponibles pour 2008

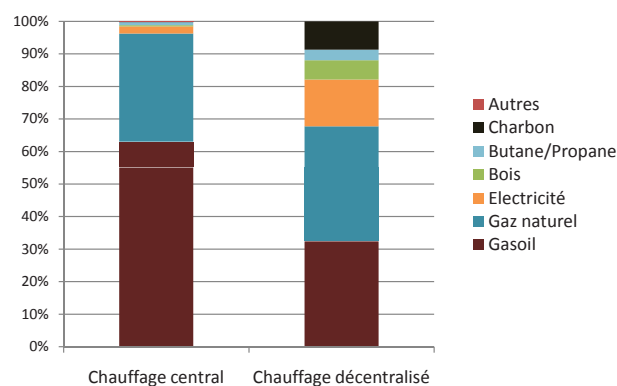
Type de logement	Gasoil	Gaz naturel	Electricité	Bois	Butane/Propane	Charbon	Autres	Total	% du total
Appartements	83.150 33,8%	130.260 52,9%	25.715 10,4%	820 0,3%	2.425 1,0%	1.795 0,7%	2.030 0,8%	246.195 100,0%	17,1%
Maisons	697.990 58,5%	356.080 29,9%	55.650 4,7%	27.290 2,3%	20.230 1,7%	34.190 2,9%	740 0,1%	1.192.170 100,0%	82,9%
<b>Total</b>	<b>781.140</b> <b>54,3%</b>	<b>486.340</b> <b>33,8%</b>	<b>81.365</b> <b>5,7%</b>	<b>28.110</b> <b>2,0%</b>	<b>22.655</b> <b>1,6%</b>	<b>35.985</b> <b>2,5%</b>	<b>2.770</b> <b>0,2%</b>	<b>1.438.365</b> <b>100,0%</b>	

Répartition des logements selon le type et le combustible en 2005

Source : ICEDD Bilan énergétique wallon 2005 statistiques non disponibles pour 2008

Le gasoil est le premier vecteur énergétique choisi pour chauffer les logements wallons (près de 55 % du parc). Vient ensuite le gaz naturel (près de 34 % du parc).<sup>44</sup>

Le « chauffage collectif » est lié au gaz : plus de la moitié des appartements sont chauffés au gaz naturel, alors que dans les maisons c'est le mazout qui est largement majoritaire. L'électricité vient en troisième position, mais à nouveau elle caractérise davantage les appartements que les maisons unifamiliales. Malgré un recul constant, le charbon reste encore bien présent. Le bois concerne surtout les maisons unifamiliales (ce combustible progresse en tant qu'énergie « propre »). Pour les appartements, dans la catégorie « autres », on trouve principalement le chauffage à vapeur (chauffage urbain).



Répartition des logements wallons par type de chauffage (central ou décentralisé) et de combustible

Source : ICEDD Bilan énergétique wallon 2005 statistiques non disponibles pour 2008

<sup>44</sup> Les nouveaux logements choisissent presque exclusivement le mazout ou le gaz naturel.

### × Répartition des logements par type de chauffage

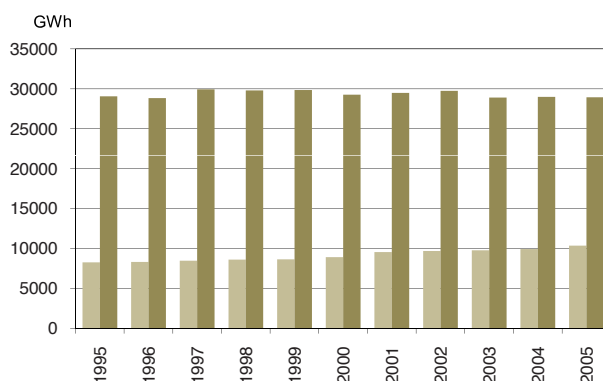
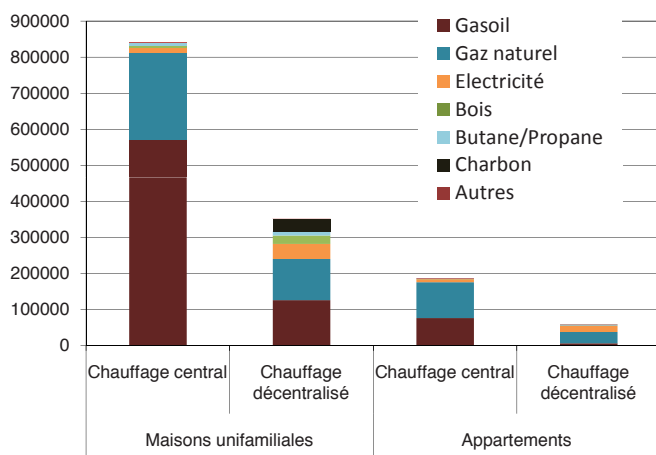
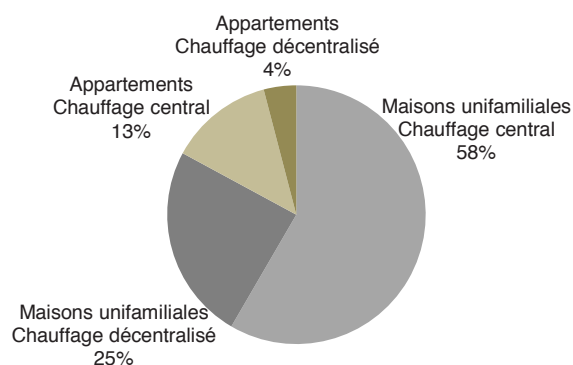
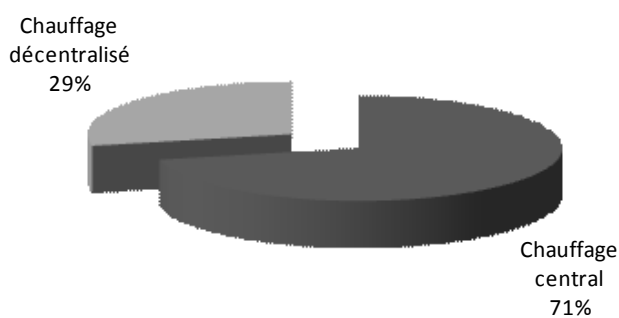
Le chauffage central se généralise au détriment du chauffage décentralisé : il concernait en 2005 plus de 70 % des logements. Le mazout et le gaz naturel servent de combustible dans la quasi-totalité des installations de chauffage central. Dans les installations récentes le gaz naturel progresse plus fortement que le gasoil.

On verra plus loin que de manière générale, les ménages disposant du chauffage central ont des consommations énergétiques plus élevées.

### × Répartition par type de logement et type de chauffage

70 % des maisons unifamiliales et 76 % des appartements sont équipés de chauffage central. Dans les deux cas, le mazout et le gaz naturel fournissent la quasi-totalité de l'énergie ; le mazout domine dans les maisons avec 68 % des parts de marché, mais le gaz naturel chauffe 53 % des appartements, contre 41 % pour le mazout.

Dans le cas de chauffage décentralisé, la prédominance de ces deux combustibles est moins forte. Ils ne concernent que 68 % des maisons ; viennent ensuite l'électricité avec 12 %, le charbon 10 %, le bois 7 %. L'électricité concerne 30 % des appartements chauffés de manière décentralisée.



Répartition des logements wallons en fonction de leur type et du type de chauffage - Nombre de logements en fonction de leur type, du type de chauffage et du choix des combustibles

Source : ICEDD Bilan énergétique wallon 2005 statistiques non disponibles pour 2008

Evolution des consommations dues au chauffage (en foncé) et hors chauffage (plus clair)

Source : ICEDD Bilan énergétique wallon 2005 statistiques non disponibles pour 2008

## ● consommations « hors chauffage »

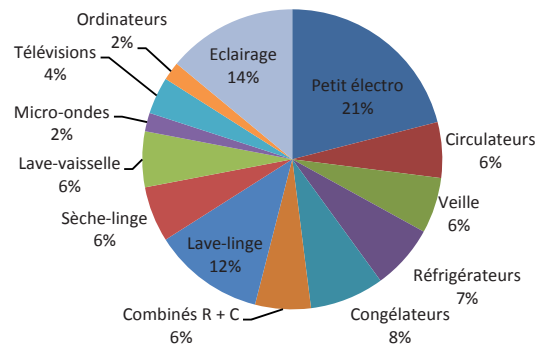
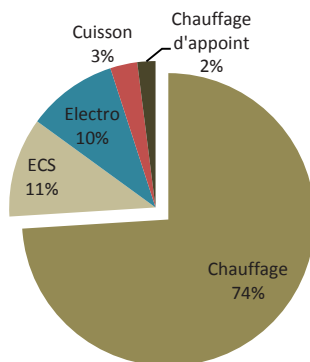
On l'a dit plus haut, la part des consommations « hors chauffage » ne cesse de croître dans les consommations totales.

Entre 1994 et 2003, la consommation résidentielle normalisée d'énergie en Wallonie suit l'évolution du nombre de ménages.

La croissance de la consommation globale normalisée d'électricité (+ 19 %) a par contre été plus rapide que celle du nombre de ménages (+ 8 %).

Tout comme en Europe, la tendance en Région wallonne est donc à une hausse de la consommation d'électricité liée à la multiplication des appareils électriques par unité de logement. Après le chauffage, les postes les plus consommateurs sont l'eau chaude sanitaire (ECS), « l'électro » (celui-ci regroupant les consommations électriques diverses hormis le chauffage, la cuisson et l'eau chaude sanitaire) et la cuisson.

L'eau chaude sanitaire représente 11 % des consommations. Le pourcentage d'équipement en ECS est en augmentation constante. L'énergie consommée pour le chauffage de celle-ci est fournie principalement par l'électricité, le gaz naturel et le gasoil (dans respectivement 34, 33 et 24 % des logements). On note cependant un développement important de l'installation de panneaux solaires thermiques.



**Répartition de la consommation des logements en fonction du type d'utilisation - Répartition des consommations électriques**

Source : ICEDD Bilan énergétique wallon 2005 statistiques non disponibles pour 2008

« L'électro » : les enquêtes annuelles sur le budget et le confort des ménages de la DGSIE renseignent sur le taux de pénétration de différents appareils électroménagers. Si on multiplie le nombre de logements équipés par la consommation spécifique estimée par type d'appareil, on peut en déduire une consommation électrique globale du « parc électroménager » wallon, qui pour l'année 2005 est estimée à 3 948 GWh pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une moyenne annuelle de 2,745 kWh par logement. Malgré la percée d'équipements économes en énergie, ces consommations électriques sont globalement en augmentation constante, passant en 10 ans de 7 % à 10 % des consommations globales du secteur résidentiel, pour diverses raisons, notamment :

- hausse du taux de pénétration des appareils électroménagers ;
- apparition de nouveaux équipements de loisirs ;
- utilisation de plus d'appareils alimentés par batterie ;
- introduction d'équipements électroniques dans de nombreux appareils (qui absorbent une puissance faible mais continue).

La cuisson concerne 3 % des consommations globales ; elle est assurée par l'électricité (62 % des logements), le gaz naturel (20 %) ou le butane/propane (17 %).

Le chauffage d'appoint est fourni par l'électricité (68 % des logements), le bois et le charbon.

### Consommations spécifiques normalisées 2005

Source : ICEDD Bilan énergétique wallon 2005 statistiques non disponibles pour 2008

2005		(kWh/logement)	Gasoil	Gaz naturel	Electricité	Bois	Butane/Propane	Charbon
Tous Logements	Cuisson			1160	650	1.740	990	1.160
	Chauff. appoint				370	1.860		1160
	ECS	3.690	3660	2.500	3.950	3.490	3.950	
	Electroménager			2.750				
Appartements	Chauff Central	18.600	16.860	13.370	24.420	16.860	20930	
	Chauff Décentral	13.950	13.370	9.300	17.440	12.790	13950	
Maisons	Chauff Central	23.840	22.090	17.440	27.330	22.090	24.420	
	Chauff Décentral	15.700	15.700	10.470	22.090	15.120	15.120	

### Les consommations spécifiques et la consommation totale normalisée

L'ICEDD base son bilan énergétique sur les consommations suivantes :

- **consommations réelles** : tirées des données type « top-down », c'est-à-dire des consommations totales fournies par les diverses sources officielles pour les différents vecteurs énergétiques ;
- **consommations spécifiques** : elles représentent la moyenne de consommation des logements équipés par un type de système et un type de vecteur ; interviennent dans ce résultat le rendement de l'installation, mais aussi la typologie du logement, la taille du ménage, le comportement des habitants (ces chiffres ne représentent donc en rien l'optimum de consommation) ;
- la « **matrice des logements** » : nombre de logements en fonction de leur type, du type de chauffage ou d'équipement, et du choix du vecteur énergétique (voir chiffres et graphes pages précédentes) ;
- **consommation normalisée** : tient compte des degrés-jours de l'année (70 % de la consommation varie proportionnellement aux degrés-jours, et 30 % est invariable pour tenir compte d'une certaine inertie thermique).

La consommation totale normalisée est obtenue en multipliant la matrice des logements par celle des consommations spécifiques. Ce bilan tient compte du parc de logements, de son équipement, des consommations spécifiques et des degrés-jours.

Si on compare ce bilan avec celui établi une dizaine d'années plus tôt, on constate les progressions suivantes :

- la part relative d'énergie consommée pour le chauffage diminue ; malgré une augmentation du parc de logements, la quantité absolue d'énergie consommée pour le chauffage reste plus ou moins constante, oscillant autour de 29 000 GWh ; les installations de chauffage et/ou l'isolation des logements semblent donc globalement plus efficaces.
- les consommations « hors chauffage » progressent par contre de plus de 25 %, soit une progression plus élevée que celle du parc de logements.

### Consommations totales normalisées du secteur logement en 2005

Source : ICEDD Bilan énergétique wallon 2005 statistiques non disponibles pour 2008

2005		Unités: GWh	Gasoil	Gaz naturel	Electricité	Bois	Butane/Propane	Charbon	Autre	Total	% du ss-total	% du total
Tous Logements	Cuisson			338,4	580,5	5,8	244,1	4,7		1173,5	11%	3%
	Chauff. appoint				185,1	565,0		20,9		771,0	7%	2%
	ECS	1222,5	1653,1	1162,0	7,4	400,1	0,6	16,2		4461,9	43%	11%
	Electro			3948,5						3948,5	38%	10%
	Total hors chauff. (sauf d'appoint)	1222,5 12%	1991,5 19%	5876,1 57%	578,2 6%	644,2 6%	26,2 0%	16,2 0%		10354,9 100%		26%
Chauffage appartements	Chauff Central	1427,9	1671,6	111,9	3,2	19,1	1,5	30,8		3266,0	82%	8%
		44%	51%	3%	0%	1%	0%	1%		100%		
	Chauff Décentral	89,3	416,1	161,3	12,0	16,5	24,1	0,5		719,8	18%	2%
		12%	58%	22%	2%	2%	3%	0%		100%		
Total	1517,2 38%	2087,7 52%	273,2 7%	15,2 0%	35,6 1%	25,6 1%	31,3 1%		3985,8 100%		10%	
Chauffage maisons	Chauff Central	13621,3	5352,7	243,3	99,2	180,7	5,3	10,2		19512,7	78%	50%
		70%	27%	1%	1%	1%	0%	0%		100%		
	Chauff Décentral	1986,7	1786,4	436,4	522,7	182,2	513,6	2,8		5430,8	22%	14%
		37%	33%	8%	10%	3%	9%	0%		100%		
Total	15608,0 63%	7139,1 29%	679,7 3%	621,9 2%	362,9 1%	518,9 2%	13,0 0%		24943,5 100%		64%	
Total	Total hors chauffage	1222,5 12%	1991,5 19%	5876,1 57%	578,2 6%	644,2 6%	26,2 0%	16,2 0%		10354,9 100%	26%	26%
	Total chauffage	17125,2 59%	9226,8 32%	952,9 3%	637,1 2%	398,5 1%	544,5 2%	44,3 0%		28929,3 100%	74%	74%
	Total	18347,7 47%	11218,3 29%	6829,0 17%	1215,3 3%	1042,7 3%	570,7 1%	60,5 0%		39284,2 100%		100%



## × émissions CO<sub>2</sub> <sup>45</sup>

Le niveau des émissions directes de GES du secteur résidentiel est en diminution par rapport à 1990, malgré une augmentation globale des consommations d'énergie. Ceci est lié au transfert de consommation de combustibles solides (-68 %) vers le gaz naturel et le mazout, à l'amélioration technologique des chaudières. L'isolation, favorise également la réduction d'émissions de GES; toutefois, comme on le verra plus loin, le niveau d'isolation des logements existants wallons est relativement médiocre.

### QUELQUES CHIFFRES EN RÉSUMÉ

#### ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub>

- moyenne par logement : 4,3 tonnes éq. CO<sub>2</sub>/an en 2008 pour 5,2 tonnes en 2005
- émissions moyennes d'une voiture : 3,7 t éq. CO<sub>2</sub>/an
- secteur domestique en 1990 : 6 860 kt éq. CO<sub>2</sub>
- secteur domestique en 2004 : 7 135 kt éq. CO<sub>2</sub>
- secteur domestique en 2008 : 6 403 kt éq. CO<sub>2</sub>
- objectif de Kyoto secteur domestique: 6240 kt éq. CO<sub>2</sub> (-7,5 %)

#### CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE

- consommation moyenne / logement en 2008: 22 200 kWh dont 15 500 kWh pour le chauffage soit +/- 1 550 litres de mazout et 6 700 kWh pour les autres usages
- consommation moyenne / logement en 2005: 26 837 kWh dont 19 763 kWh pour le chauffage soit +/- 1 970 litres de mazout et 7 074 kWh pour les autres usages

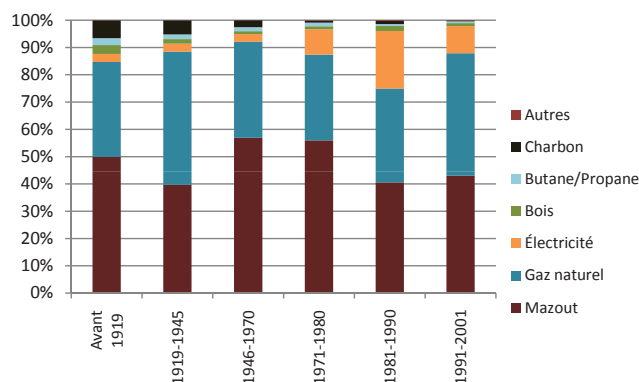
1 000 litres de mazout économisés permettent d'éviter le rejet de 2,5 tonnes de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère

## 3.3 Les choix en matière de vecteurs énergétiques pour le chauffage

Des aspects économiques, géographiques, historiques, politiques, environnementaux s'entremêlent pour expliquer les choix en matière de combustibles, globalement caractérisés par une inertie très forte : le choix d'un combustible au moment de la construction perdure dans le temps, et ces habitudes sont ancrées localement. Les relations sont très marquées entre le combustible et le type, l'âge, la qualité et le degré d'urbanisation morphologique. Toutefois avec le temps la relation avec l'âge devrait s'atténuer en raison des nombreuses rénovations. Les énergies renouvelables (pompe à chaleur, énergie solaire...) restent, malgré leur médiatisation, assez marginales. La prise de conscience environnementale n'a pas encore modifié les pratiques, et les énergies « propres » restent chères.<sup>46</sup>

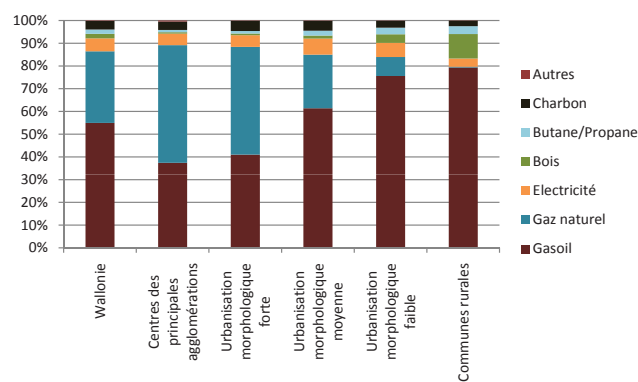
#### Combustibles des maisons unifamiliales en fonction de l'année de construction (chiffres pour la Belgique)

Chiffres < ESE 2001 - DGSIE, SPF Economie



#### Combustibles des maisons en fonction du niveau d'urbanisation

Chiffres < ESE 2001 - DGSIE, SPF Economie



<sup>45</sup> Tableau de bord de l'environnement wallon, p 72

<sup>46</sup> L'analyse qui suit est basée sur l'article « De quel bois se chauffent les Belges? Analyse des disparités spatiales », par I. Thomas, X. Querriau et D. Van-neste; cet article analyse les chiffres de l'ESE 2001.

## ● Les caractéristiques des logements et le choix des combustibles

Il existe un lien entre le choix d'un combustible et certaines caractéristiques des logements ou ménages. Pour ce qui concerne le type de logement (appartement ou maison unifamiliale), la répartition a été développée plus haut (chiffres < ICEDD). Les prochains paragraphes concernent les 83 % de maisons unifamiliales (le choix d'un type de combustible étant souvent non individuel dans le cas d'un appartement).

### × Combustible - Qualité et confort des maisons

Plus la qualité de la maison est médiocre, plus le charbon, le bois ou le gaz en bonbonne est représenté. Ces situations correspondent souvent à l'absence de chauffage central. L'électricité peut constituer un choix par manque de place et/ou la vétusté du bâti. Il s'agit également d'un mode de chauffage peu coûteux à l'installation (mais coûteux à l'utilisation !) et donc fréquent dans les locations bon marché. Les maisons de bonne et très bonne qualité sont plutôt chauffées au mazout.

### × Combustible - Époque de construction

**Hypothèses** initiales :

- le combustible dépend des tendances/technologies en vogue lors de la construction ;
- les maisons les plus récentes sont plus fréquemment chauffées à l'aide d'énergies renouvelables (face au problème de changement climatique et de prix du mazout)

Le **bois** est associé aux maisons très anciennes, qui possèdent des cheminées ; beaucoup de ces maisons sont dans le sud de la Région, où le bois est disponible en abondance et facilement stockable : grands jardins, grandes maisons.

Le **charbon** et le **gaz en bonbonne** caractérisent aussi les anciennes maisons dans lesquelles peu d'investissements ont été faits pour la rénovation et qui possèdent une cheminée.

Le **gaz de distribution** caractérise plus que proportionnellement les maisons construites entre 1919 et 1945 – il s'agit souvent de maisons sises en ville, là où le gaz est arrivé en premier (pour l'éclairage) – et les maisons récentes : extension du réseau de distribution, et promotion (+ primes) de ce combustible.

Le **mazout** est le combustible des maisons construites après la deuxième guerre (1946-70 et 1971-80) : l'usage des produits pétroliers se développe tant pour l'automobile que pour le chauffage ; son prix était attractif ; le développement de l'automobile rend possible la périurbanisation.

L'**électricité** est souvent présente dans les maisons des années 80 : les chocs pétroliers des années 70 ont conduit à une réflexion quant aux choix énergétiques, menant à une promotion (privée et publique) de ce vecteur énergétique.

Les **énergies renouvelables** restent très peu représentées (<1%, dont l'énergie solaire qui est la plus représentée).

Le choix du mazout ou du gaz varie au cours du temps, en fonction des fluctuations du prix du mazout et des avancées technologiques liées aux différents combustibles.<sup>47</sup>

### × Combustible - Niveau d'isolation de la maison

Les différences sont peu importantes. Toutefois, les maisons chauffées à l'électricité sont proportionnellement mieux isolées ; ceci est lié au prix élevé de cette énergie → isolation nécessaire pour alléger la note mensuelle (préconisée entre autres par les firmes qui installent ce type de chauffage).

### × Combustible - Statut d'occupation des maisons

Certains modes de chauffage coûtent plus à l'installation et d'autres à l'utilisation. C'est ainsi que l'électricité, peu chère à l'installation, mais aux consommations onéreuses, se rencontre plus souvent dans des logements loués.

<sup>47</sup> Évolution du nombre de logements en fonction du combustible (1991-2001, vecteur énergétique principal, chiffres < ESE 2001)  
mazout : +25,5 % charbon : -67,9 % gaz de distribution : +18,2 % bois : -16,4 % électricité : +15,5 %

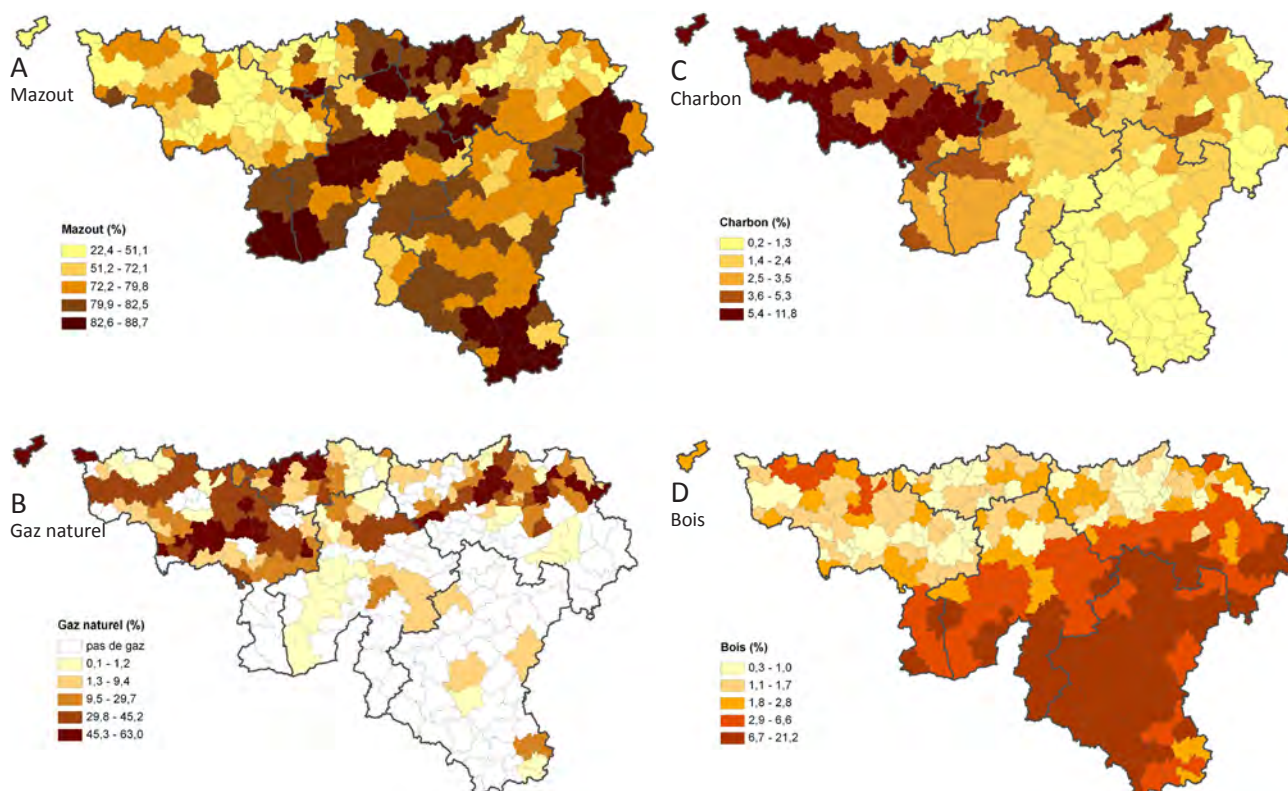
« Les maisons occupées par le propriétaire sont plus que proportionnellement chauffées au mazout... alors que les maisons occupées par un locataire sont plus que proportionnellement chauffées au gaz, surtout s'il s'agit de maisons sociales (67 %). On peut suspecter un effet spatial structurant : la part de maisons occupées par le propriétaire est plus forte hors ville et particulièrement dans les zones périurbaines. »<sup>48</sup>

#### × Combustible - Type de ménage

Certains types de ménages (divorcés, isolés) souffrent plus de précarité que d'autres. La précarité influence le choix du combustible. Ces ménages, souvent localisés en ville, se chauffent plus que proportionnellement au gaz. Le charbon est aussi plus présent chez eux. Charbon, bois et gaz de bonbonne sont utilisés plus que proportionnellement par les ménages présentant les plus bas niveaux d'éducation (lien avec la précarité). Par contre, le bois correspond aussi à des « familles traditionnelles » ayant opté pour des modes de chauffe alternatifs. La PAC correspond à des ménages disposant d'un diplôme de l'enseignement supérieur.

#### × Disparités spatiales des combustibles

On observe un lien entre la localisation et diverses caractéristiques des combustibles, des logements et des ménages (issu de l'histoire de l'urbanisation et du développement du réseau de gaz...)



Part des maisons chauffées principalement au mazout (A), au gaz naturel (B), au charbon (C) et au bois (D)

Chiffres < ESE 2001, DGSIE, SPF Economie ; cartographie CREAT-UCL, 2008 ; méthode des quantiles

La première observation qui saute aux yeux à la lecture du graphe page 149 est que le gaz naturel caractérise plutôt les villes et le mazout les communes non urbaines.

En Wallonie, **le combustible principal est le gasoil ou mazout** (alors qu'à l'échelle de la Belgique le gaz naturel l'a supplanté). Sa part augmente quand le degré d'urbanisation morphologique diminue, et il est tout à fait majoritaire dans les communes les plus « rurales » (là où il y a place pour une citerne à mazout).

<sup>48</sup> L'analyse qui suit est basée sur l'article « De quel bois se chauffent les Belges ? Analyse des disparités spatiales », par I. Thomas, X. Querriau et D. Van-neste ; cet article analyse les chiffres de l'ESE 2001.

Le réseau de **gaz naturel** dessert les zones les plus peuplées et les plus industrielles du sillon central de la région. Ce combustible est majoritaire ou presque dans les centres des villes et les zones d'urbanisation morphologique forte – c'est-à-dire là où il est le plus disponible ; celui-ci est quasi absent des zones plus rurales.

En 2001, 57,9 % des répondants à l'ESE 2001 déclarent que le gaz naturel est disponible dans leur rue. Parmi ceux-ci, 60,3 % l'utilisent pour se chauffer, ce qui laisse un **fort potentiel d'amélioration**.<sup>49</sup>

Le lien entre le degré d'urbanisation et le choix de l'**électricité** est peu marqué (à part un faible taux d'utilisation dans les communes rurales). L'électricité est assez courante dans les communes périurbaines.

Le **bois** caractérise les communes rurales (disponibilité, place pour le stockage), sa part y est de plus de 10 %. Dans les Ardennes, il est une alternative au charbon. Il concerne des logements anciens de qualité médiocre, ou est aussi de plus en plus choisi comme « nouvelle » forme d'énergie renouvelable par des ménages aisés (engouement récent, notamment lié aux progrès techniques des poêles et chaudières à bois). Cette évolution s'observe surtout dans la zone des migrants alternants.

Le **charbon** caractérise les zones les plus défavorisées – régions à lourd passé, au pourcentage élevé de petites et vieilles maisons à deux façades, de qualité insuffisante, occupées par des ménages de condition socio-économique précaire. Il est un peu plus utilisé dans les villes ou à proximité qu'en zone rurale. Il est en net recul ; toutefois, dans le Hainaut – surtout à Charleroi – la population l'utilise encore régulièrement.

Le **butane/propane** est de plus en plus abandonné. Il concerne plutôt les zones plus rurales (là où le gaz de distribution n'est pas disponible). Il est également lié à une certaine précarité.

#### PRIORITÉS, ÉVOLUTIONS NÉCESSAIRES

- utilisation du gaz naturel s'il est présent, et développement de réseau où c'est rentable ;
- logements énergivores : abandon du chauffage électrique
- augmenter l'utilisation des énergies renouvelables
- abandon du charbon, diminution du gaz en bonbonne

<sup>49</sup> D'après la CWaPE, le gaz de distribution est présent dans environ 160 communes wallonnes (sur 260), parfois très partiellement. Toutefois on ne peut se baser que sur les chiffres de l'ESE car on ne connaît pas précisément le « taux de raccordabilité » ; celui-ci se décline en deux parties : les logements raccordables immédiatement (le gaz passe dans leur rue) et ceux qui nécessiteraient une extension du réseau ; il y a en outre en Wallonie une proportion assez importante de logements pour lesquels l'extension du réseau serait non rentable.

### 3.4 Qualité thermique des logements : enveloppe et équipements

L'optimisation énergétique des logements existants représente un investissement très efficace pour limiter drastiquement les émissions de gaz à effet de serre. Sa mise en œuvre, bénéfique pour l'environnement, l'est également pour l'économie régionale, le confort des habitants et leur budget.

Le fil directeur d'une réhabilitation thermique peut être, selon la formule consacrée : « Consommer moins, consommer mieux, consommer autrement » :

- « moins » : en améliorant l'isolation thermique de l'enveloppe extérieure ;
- « mieux » : en optimisant les équipements, notamment les systèmes de production de chaleur ;
- « autrement » : en fournissant l'appoint de chaleur nécessaire grâce à l'utilisation d'énergies issues de sources renouvelables (l'autonomie énergétique complète étant souvent un objectif irréaliste en réhabilitation).

#### ● L'enveloppe extérieure

Observons quelques caractéristiques constructives des parois composant l'enveloppe extérieure des logements (murs, toits, sols, fenêtres), ainsi que leur niveau d'isolation, sur base de statistiques issues de l'ESE 2001 et surtout de l'Enquête-qualité 2007.

Il faut d'emblée noter une méconnaissance assez importante des habitants par rapport à ce qu'est une bonne isolation.

D'après l'ESE 2001,<sup>50</sup>

- 16,4 % des logements sont « isolés totalement » - c'est-à-dire que fenêtres, murs extérieurs et toitures sont isolés ; il faut toutefois noter qu'aucune question n'est posée quant aux épaisseurs d'isolants mises en œuvre ;
- 11 % des logements ne possèdent aucune isolation.

% parois isolées < ESE 2001	
Isolation "totale"	16,4%
Aucune isolation	11,0%
Double vitrage	69,3%
Toitures isolées	54,5%
Murs extérieurs isolés	35,3%

% parois isolées < Enquête-qualité 2007			
Isolation	totale	partielle	absente
Toitures	52,2%	10,7%	37,0%
Murs extérieurs	28,9%	7,0%	64,1%
Planchers	21,2%	6,5%	72,3%
Fenêtres	66,6%	14,3%	19,1%

« Les logements non isolés sont principalement localisés au sein des centres urbains et à l'ouest du pays. On en retrouve également dans le sud du pays, au sein des communes proches de la frontière française. »<sup>51</sup>

#### ✕ Les murs extérieurs

Les murs extérieurs sont probablement les parois les plus complexes à aborder quand on veut améliorer leur qualité thermique :

- souvent ce sont les murs qui offrent le plus de contact avec l'extérieur - en tout cas dans les maisons « 4 façades » ;
- pourtant, beaucoup d'habitants n'ont pas conscience que ces parois sont très déperditives, et offrent un potentiel d'amélioration important (toitures et fenêtres sont perçues comme déperditives, les murs et sols beaucoup moins) ;
- les murs extérieurs jouent un rôle structurel important ;
- ils sont généralement percés de baies ;

<sup>50</sup> Aucune donnée n'est recueillie de manière systématique en Wallonie pour évaluer le nombre de rénovations ne nécessitant pas de permis d'urbanisme. Or, la plupart des rénovations visant à améliorer les performances énergétiques des bâtiments sont dans ce cas. Nous ne disposons donc d'aucun chiffre indiquant combien de toitures sont isolées par an, combien de châssis sont remplacés, combien de systèmes de chauffage sont améliorés (si ce n'est ceux issus des demandes de primes).

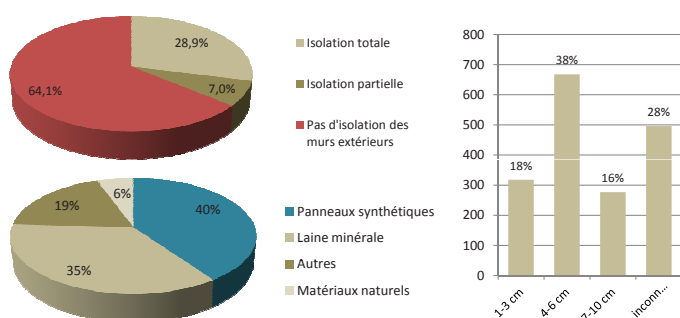
<sup>51</sup> Atlas logement p. 45

- leur fonctionnement hygrothermique est complexe (capacité thermique, parois « perspirantes », etc.), et doit être bien compris avant toute intervention sous peine d'entraîner des déséquilibres importants ;
- pour ne pas trop perturber ce fonctionnement hygrothermique et conserver les qualités des murs anciens (notamment leur capacité thermique élevée), l'isolation par l'extérieur semble la plus adéquate ; or en Wallonie, où en façade la brique prédomine largement, cette solution n'est pas généralisable ;
- leur isolation implique des coûts élevés.

#### ✕ Isolation thermique existante

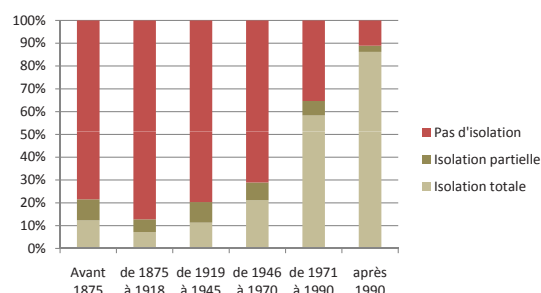
L'isolation thermique des murs extérieurs est loin d'être généralisée : elle est absente dans près de 65 % des logements wallons, tandis que seulement 29 % ont leurs murs totalement isolés. Les épaisseurs mises en œuvre sont plutôt faibles (seulement 16 % > 6 cm). Les matériaux isolants les plus fréquents sont les panneaux synthétiques et la laine minérale.

On observe un lien direct entre l'âge des bâtiments et l'isolation des murs (exception : le bâti le plus ancien), ce qui nous montre que si lors de rénovations ou transformations, l'isolation des toitures et le remplacement des fenêtres sont des pratiques courantes, la post-isolation des murs reste très rare. Ce n'est qu'à partir des crises énergétiques des années 70 que l'isolation des murs commence (timidement) à se généraliser.



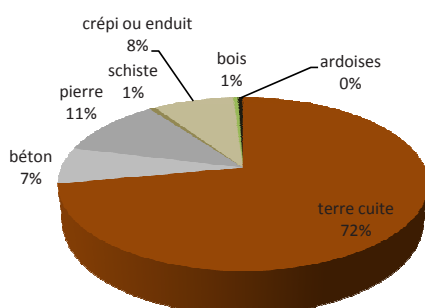
**Isolation des murs extérieurs : % logements ayant des murs isolés, matériaux et épaisseurs d'isolation**

Chiffres < Enquête-qualité 2007 - DGATLP, MRW



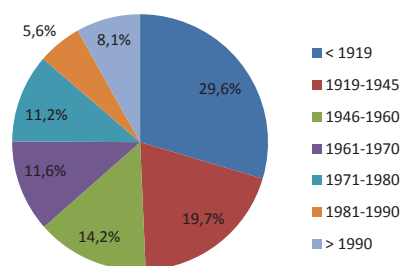
**% logements ayant des murs isolés en fonction de leur époque de construction**

Chiffres < Enquête-qualité 2007 - DGATLP, MRW



**Murs extérieurs : matériau de parement**

Chiffres < Enquête-qualité 2007 - DGATLP, MRW



**Répartition des logements en fonction de leur époque de construction**

Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE - SPF Economie

## ✕ Caractéristiques constructives

### Murs porteurs :

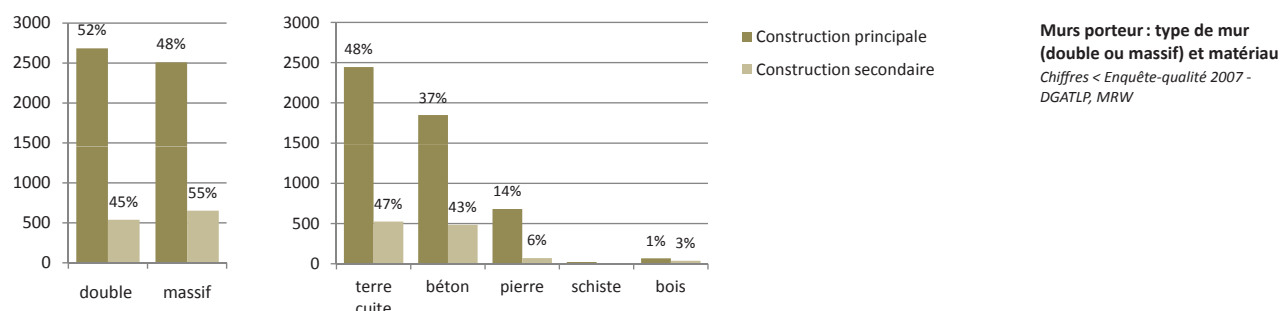
- les murs doubles sont un peu plus nombreux que les murs massifs ou pleins
- la brique, le béton et enfin la pierre sont les matériaux composant la quasi-totalité des murs porteurs.

### Matériau de parement :

(voir graphique page précédente)

- la terre cuite est très majoritaire (72 %) ;
- viennent ensuite la pierre (11 %), le crépi ou enduit (8 %), le béton (7 %).

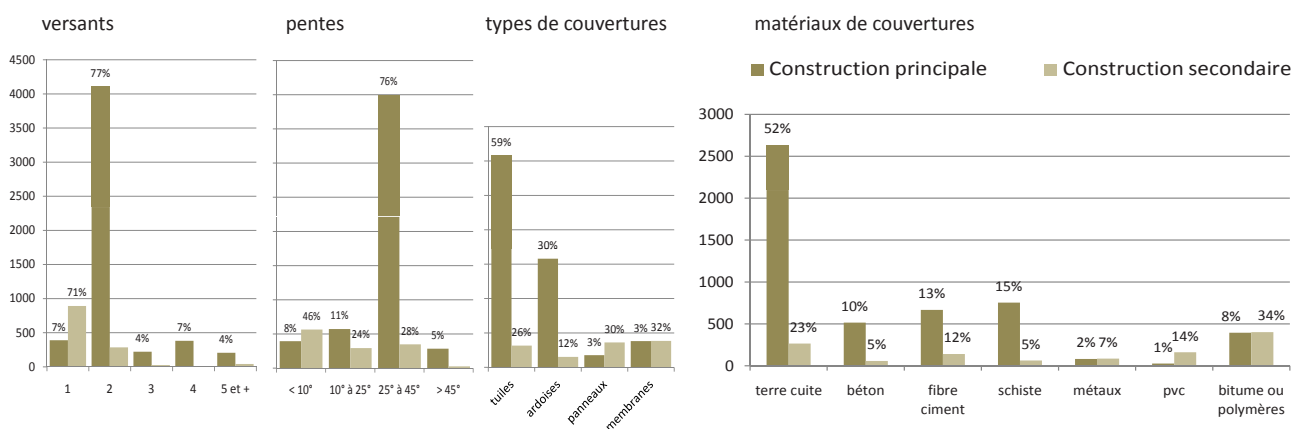
Peinture de finition : absente pour 2/3 des logements.



## ✕ Les toitures

### ✕ Isolation thermique existante

D'après l'Enquête-qualité 2007, la moitié des toitures sont isolées totalement, mais près de 40 % des toitures ne sont pas du tout isolées ! À peine 10 % des toitures isolées disposent d'une épaisseur d'isolant supérieur à 12 cm, ce qui est faible au vu des recommandations actuelles. Le matériau d'isolation le plus fréquent (de loin) est la laine minérale.



### Caractéristiques des toitures : nombre de versants, pentes, types et matériaux de couverture

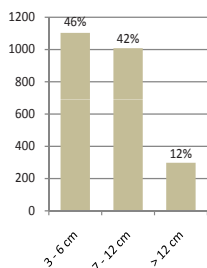
Chiffres < Enquête-qualité 2007 - DGATLP, MRW

## ✕ Caractéristiques constructives

D'autres caractéristiques constructives des toitures sont détaillées dans les graphiques ci-contre.

Constructions principales : les toitures sont généralement à 2 versants, d'une pente comprise entre 25 et 45°, et les tuiles puis les ardoises sont majoritaires comme types de couvertures - la terre cuite étant le matériau le plus représenté.

Pour les constructions secondaires (appentis, annexes), la situation est assez différente : la majorité est à 1 versant, la pente est généralement assez faible (près de la moitié de toits



Isolation des toitures : proportion de toitures isolées, matériaux et épaisseurs d'isolation

Chiffres < Enquête-qualité 2007, MRW, DGATLP

< 10°), les panneaux et membranes majoritaires comme types de couvertures.

### ✕ Potentiel d'amélioration <sup>52</sup>

Si toutes les toitures non isolées des maisons unifamiliales étaient isolées avec 18 cm de laine minérale (appartements non pris en compte), cela mènerait à :

- une diminution des émissions de GES de 1381 kT CO<sub>2</sub>, soit 61,6 % de l'objectif de Kyoto pour le secteur domestique ;
- 21,8 % d'économies d'énergie pour le chauffage des maisons. <sup>53</sup>

### ✕ Les fenêtres

81 % des logements wallons possèdent des vitrages isolants dont 82 % totalement (toutes les fenêtres sont isolantes) et 18 % partiellement.

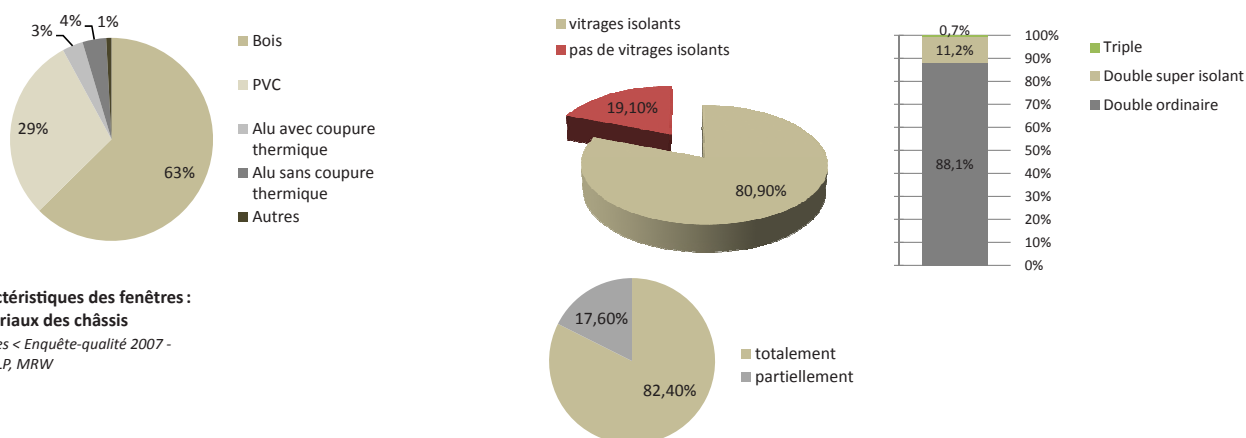
Le type de vitrage isolant est surtout du « double vitrage ordinaire » (88 % des cas) ; la part du triple vitrage est vraiment très faible.

Pour les châssis, le matériau le plus fréquent est le bois (63 %), puis le PVC (29 %), ensuite l'aluminium, avec ou sans coupure thermique (respectivement 3 et 4 %).

### Nombre de façades comportant des baies

- 1 façade : 1,5 %
- 2 façades : 40,8 %
- 3 façades : 23,9 %
- 4 façades ou + : 33,8%

→ il existe une proportion importante de murs aveugles, dont beaucoup de murs mitoyens



Caractéristiques des fenêtres : matériaux des châssis

Chiffres < Enquête-qualité 2007 - DGATLP, MRW

<sup>52</sup> Simulations effectuées par Catherine Massart chez Architecture et Climat, UCL, 2007

Logiciel Opti-maisons - Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE, SPF Economie

<sup>53</sup> Le potentiel d'amélioration est énorme ! Pourtant, actuellement, aucune législation ne peut imposer une rénovation

non construits et le plus souvent non isolés (il faudrait faciliter leur isolation par l'extérieur).

✗ **Potentiel d'amélioration** <sup>54</sup>

Le remplacement de tous les simples vitrages par des vitrages performants  $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  mène à une économie d'émissions de  $\text{CO}_2$  correspondant à 26,7 % des objectifs de Kyoto pour le secteur résidentiel.

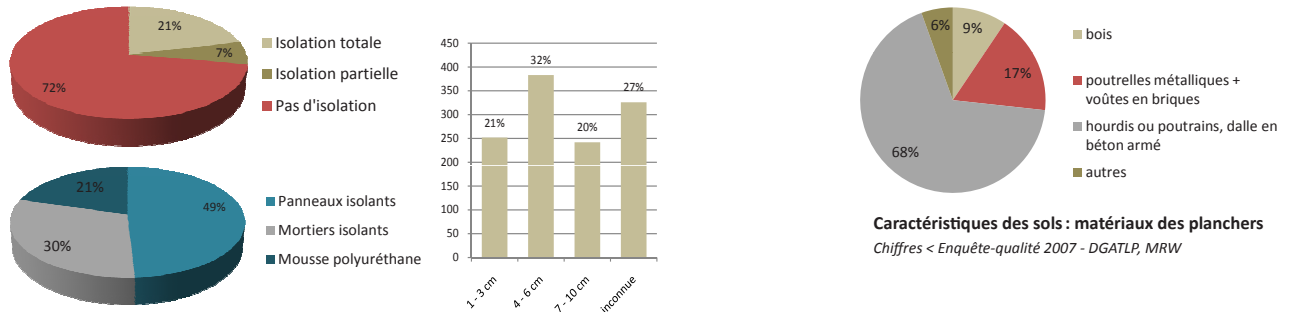
✗ **Les planchers bas**

✗ **Isolation thermique existante**

On ne considère ici que les maisons unifamiliales, pas les appartements. Comme on s'y attend, l'enquête confirme que les planchers sont rarement isolés : l'isolation des sols est absente dans plus de 70 % des maisons. Les épaisseurs d'isolant mises en œuvres sont faibles à moyennes ; les matériaux les plus couramment utilisés sont les panneaux isolants (panneaux rigides ou semi-rigides posés entre la chape et la dalle ou sous la chape), des mortiers isolants (mortiers composés de ciment et de particules isolantes incorporées dans le mélange) et de la mousse de polyuréthane.

✗ **Caractéristiques constructives**

La majorité des sols sont constitués de hourdis, poutrains ou dalles en béton armé. On trouve



**Isolation des planchers bas : proportion de sols isolés, matériaux et épaisseurs d'isolation**

Chiffres < Enquête-qualité 2007, MRW, DGATLP

**Caractéristiques des sols : matériaux des planchers**  
Chiffres < Enquête-qualité 2007 - DGATLP, MRW

17 % de « voussettes ».

○ **Chaudières** <sup>55</sup>

71 % des logements wallons sont équipés de chauffage central. Pour rappel, de manière générale, les ménages disposant du chauffage central consomment plus que ceux ne

**Âge des chaudières**

< 5 ans	27,7 %
(avec répartition proportionnelle des non-réponses)	
5 à 15 ans	41,2 %
> 15 ans	31 %

**Puissance des chaudières**

10 à 20 kW	10,3 %
(répartition % des non-réponses qui représentent ici 50 % du total)	
21 à 30 kW	45,8 %
> 30 kW	43,9 %

disposant que de foyers individuels.

→ Les chaudières semblent souvent surdimensionnées. De plus, il existe un potentiel d'amélioration relativement important lié à l'ancienneté d'une proportion importante des chaudières.

<sup>54</sup> Simulations effectuées par Catherine Massart chez Architecture et Climat, UCL, 2007  
Logiciel Opti-maisons - Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE, SPF Economie  
<sup>55</sup> Chiffres < Enquête-qualité 2007



## ● Ventilation

La ventilation hygiénique de base d'un logement a pour but d'y assurer le renouvellement de l'air pour en maintenir la qualité, et surtout d'évacuer l'humidité produite à l'intérieur du logement par la vie quotidienne des habitants. On estime qu'en moyenne un ménage de 4 personnes émet chaque jour, à l'intérieur de son logement, environ 10 litres d'eau, sous forme de vapeur ; cette humidité doit absolument être évacuée.

Dans les bâtiments anciens, la question de la ventilation n'est pas très sensible ;

- ceux-ci sont souvent très peu étanches à l'air (beaucoup d'infiltrations), ce qui assure de fait un taux important de renouvellement de l'air - entraînant gaspillages et inconfort ;
- les parois étant globalement non isolées, elles sont uniformément froides, et si condensation il y a, c'est généralement de manière répartie sur l'ensemble de la paroi, donc posant peu de problèmes (exemple connu : les simples vitrages, qui jouent un rôle de déshumidificateur).

La situation se complexifie lors de la « post-isolation » de ces parois anciennes :

- l'étanchéité à l'air du bâtiment est généralement fortement améliorée, ce qui est une bonne chose du point de vue des déperditions thermiques, mais impose que la ventilation soit dès lors « prise en charge » ;
- par ailleurs, la mise en œuvre de l'isolation est souvent imparfaite, discontinue (surtout dans le cas de l'isolation par l'intérieur), et mène à la création de « ponts thermiques » : zones de froid ponctuelles ou linéaires, sur lesquelles va préférentiellement condenser la vapeur d'eau contenue dans l'air (ceci pouvant mener à l'apparition de moisissures) ;
- si on isole les parois par l'intérieur, les isolants eux-mêmes courent un risque important de dégradation liée à l'apparition de condensations dans leur épaisseur si la pression de vapeur à l'intérieur du local est très élevée.

Pour éviter ce type de nuisances, lors de l'amélioration de l'isolation des parois extérieures, il faut tout d'abord veiller à éliminer les ponts thermiques et mettre en œuvre des pare-vapeur ou freine-vapeur continus et performants. En outre, toute post-isolation doit absolument être accompagnée de l'installation d'un système de ventilation global et efficace : ceci est impératif.

Différents types de ventilation existent, groupés en 4 familles (voir norme de ventilation en vigueur : NBN D50-001)

- amenée d'air « neuf » ou « sec » dans les « locaux secs » : séjour, bureau, salle de jeux, salle à manger, chambres, etc.
- de manière naturelle ou mécanique ;
- évacuation de l'air « vicié » ou « humide » depuis les « locaux humides »
- de manière naturelle ou mécanique.<sup>56</sup>

Notons que sur le terrain, la norme de ventilation pose souvent problème, elle est à la fois mal connue et mal appliquée, et fait l'objet de beaucoup de réticences.

Lors de l'amélioration de logements anciens, le système qui paraît souvent le plus adéquat combine amenées d'air naturelles et évacuations mécaniques depuis les locaux humides.

On observe depuis quelques années un bond en avant du « système D » avec récupération de chaleur (amenée et évacuation mécanique de l'air). Notons toutefois que cet investissement n'a un intérêt énergétique que dans des logements au préalable très bien isolés et relativement étanche à l'air.

<sup>56</sup> Voir chapitre 5 p. 231-232

## ● Énergies renouvelables

L'ESE 2001 comme l'Enquête-qualité de 2007 montrent que les énergies renouvelables restent très marginales pour le chauffage: énergie solaire, pompes à chaleur, pellets ou céréales sont très peu utilisés (de l'ordre de 3 %, bois compris). Par contre, l'électricité «verte» connaît un fort développement: début 2009, l'électricité verte produite en Région wallonne correspond environ à la consommation de 450 000 ménages (d'après André Antoine, ministre de l'Énergie à l'époque).

### ✕ Principales sources d'énergies renouvelables utilisées en Wallonie :

- solaire: en Belgique, chaque m<sup>2</sup> de surface au sol reçoit chaque année une quantité d'énergie d'environ 1 000 kWh (« 100 litres de mazout »); cette énergie peut être valorisée par l'installation de panneaux solaires thermiques et photovoltaïques; différents subsides visent à les encourager, avec succès: en quelques années, 55 000 m<sup>2</sup> de panneaux solaires thermiques ont été installés en Wallonie;
- biomasse = ensemble des matières organiques d'origine végétale ou animale permettant la production d'énergie (bois, colza, betteraves, déchets agricoles et organiques des ménages, des entreprises agro-alimentaires, etc.) ainsi que les gaz qui peuvent être captés dans les décharges → en Belgique, la biomasse représente la première source d'énergie renouvelable;
- éolien: actuellement en fort développement (grandes éoliennes - l'éolien domestique est très peu développé).

## POTENTIEL GLOBAL D'AMÉLIORATION

Si on prend les chiffres de l'ESE 2001 et de l'ICEDD (2008 et 2005):<sup>57</sup>

- superficie utile totale: 114,6. 10<sup>6</sup> m<sup>2</sup> (pour toute la Wallonie)
- superficie totale (chauffée): 171,9.10<sup>6</sup> m<sup>2</sup> (x 1,5)
- consommation domestique annuelle totale pour le chauffage des logements: 27 800 GWh en 2008 pour 29 070 GWh en 2005.

Consommation réelle moyenne pour le chauffage: **161 kWh/m<sup>2</sup>.an** en 2008. (169 kWh/m<sup>2</sup>.an en 2005)

Si la rénovation du parc de logements mène à une consommation effective de :

- 90 kWh/m<sup>2</sup>.an (PEB 2010)
- 11 210 GWh ou 38 % d'économie d'énergie pour le chauffage  
(29 % du total des consommations résidentielles)
- 60 kWh/m<sup>2</sup>.an
- 17 710 GWh ou 61 % d'économie d'énergie pour le chauffage  
(45 % du total des consommations résidentielles)

### PRIORITÉS POUR LA RÉNOVATION DURABLE

Les priorités sont évidentes :

- 1. Isolation thermique performante de toutes les parois extérieures (importance des murs)**
- 2. Optimisation des équipements (appareils de chauffe, électro-ménager, éclairage, production d'eau chaude sanitaire) et mise en place d'un système de ventilation efficace**
- 3. « Cerise sur le gâteau », les besoins ayant été très fortement réduits, fournir l'appoint nécessaire en utilisant des énergies d'origine renouvelable**

Notons cependant que si l'ordre des priorités d'action semble évident, la réalité rencontrée sur le terrain est souvent loin d'être idéale: en premier on régule, ensuite on remplace la chaudière, enfin on isole le toit et les fenêtres.

<sup>57</sup> Le calcul des besoins théoriques en énergie sur base de la composition réelle des parois, de l'orientation des bâtiments... (à l'aide du logiciel PHPP ou autre) mènerait à une valeur plus élevée. Il faut remarquer que ce chiffre inclut les logements récents, moins énergivores.

À titre de comparaison, pour le parc résidentiel français antérieur à 2000, les besoins nets en énergie des logements français sont estimés de 150 à 450 kWh/m<sup>2</sup>.an. « La conception bioclimatique », Samuel Courgey et Jean-Pierre Oliva, p. 38

### 3.5 Politique énergétique concernant les logements en Wallonie

Au niveau politique, le logement et l'utilisation rationnelle de l'énergie sont deux compétences régionales. On s'intéresse ici aux réglementations en vigueur en Wallonie ainsi qu'aux outils et incitants développés par la Région pour encourager la performance thermique des logements.

#### ● Réglementation pour les logements

En 1985, le 1<sup>er</sup> règlement thermique wallon impose, pour les nouveaux logements, un niveau d'isolation thermique global maximal K70.

En 1996, le 2<sup>e</sup> règlement thermique wallon impose

- pour les logements neufs : des valeurs  $U_{max}$  pour les différents types de parois, de ne pas dépasser K55 ou Be450, et de respecter la norme de ventilation NBN D 50-001 ;
- pour les rénovations avec permis d'urbanisme : exigences pour l'isolation ( $U_{max}$  imposées pour toutes les nouvelles parois de déperditions) et exigences pour la ventilation (conformité à la norme NBN D 50-001 si changement d'affectation ou obligation d'insérer des ouvertures d'amenée d'air dans les châssis remplacés).

En 2008, on est « au tournant de la PEB ». L'Europe impose dans tous ses états membres la mise en application de la **Directive sur la Performance Énergétique des Bâtiments (DPEB)** :

- élaboration d'une méthode de calcul intégrée de la PEB, exprimée en énergie primaire.

La **performance énergétique (PE) d'un logement** prend en compte sa **qualité énergétique globale** : c'est la quantité d'énergie effectivement nécessaire pour les besoins liés à l'utilisation standardisée d'un bâtiment ; elle dépend de l'isolation thermique, du chauffage, de l'eau chaude, des gains solaires et internes, du système de refroidissement, du type de protections solaires, de la ventilation, de l'éclairage, du recours aux énergies renouvelables, etc.

- Définition d'exigences minimales portant sur la PE des bâtiments neufs (+ étude de faisabilité si > 1000 m<sup>2</sup>) et la PE des bâtiments existants (> 1000 m<sup>2</sup> et faisant l'objet d'une rénovation lourde).
- Certification de la PE de tous les bâtiments à l'horizon 2009.
- Inspection régulière des chaudières et des systèmes de climatisation.

En **Wallonie**, la DPEB a été transposée dans le **Décret du 19 avril 2007**. Intégré au CWATUPE, il comprend diverses définitions, décrit le champ d'application, la méthode de calcul, les exigences de la PEB (exigences minimales, étude de faisabilité, procédures, etc.), le certificat PEB, les sanctions, etc. Ce décret est mis en application au travers de différents **arrêtés du gouvernement**, accompagnés sur le terrain de formations et d'outils. L'entrée en vigueur des exigences de ce décret est progressive (cf. ci-contre).

#### ARRÊTÉ DU GOUVERNEMENT WALLON CONCERNANT LA PEB : ENTRÉE EN VIGUEUR PROGRESSIVE DES EXIGENCES

##### 01/09/08 :

- bâtiments neufs : **K45**, valeurs  $U_{max}$ , norme de ventilation
- bâtiments rénovés (avec permis) : valeurs  $U_{max}$ , ventilation (amenées d'air si remplacement des châssis)

##### 01/09/09 : application du décret et des arrêtés du gouvernement wallon ; abandon du « niveau K » pour parler en « litres de mazout par m<sup>2</sup> et par an »

- bâtiments neufs :  $U_{max}$  et  $E_w \leq 100$ , norme de ventilation, surchauffe  
 $E_{spec} \leq 170$  kWh/m<sup>2</sup>.an (bâtiments résidentiels)
- bâtiments rénovés :  $U_{max}$ , ventilation (amenées d'air lors du changement des châssis)

##### 01/09/11 : $E_{spec} \leq 130$ kWh/m<sup>2</sup>.an (bâtiments résidentiels)

Note :  $E_{spec}$  = consommation caractéristique annuelle en énergie primaire

Note : la Commission européenne travaille actuellement sur la révision de la DPEB ; les exigences en matière de rénovation des bâtiments existants devraient y être renforcées.

## OBJECTIFS DE LA PAE (PROCÉDURE D'AVIS ÉNERGÉTIQUE)

Les objectifs de la mise sur pied d'une procédure d'avis énergétique sont les suivants :

- disposer d'une **méthode unique et standardisée** permettant de caractériser le comportement énergétique d'un bâtiment destiné au logement indépendamment du comportement des habitants ;
- permettre ainsi une **comparaison** des bâtiments entre eux ;
- disposer d'une **méthode d'évaluation** énergétique des bâtiments existants ;
- disposer d'un **outil** permettant d'informer, de former et donc de **sensibiliser** les locataires et propriétaires aux aspects énergétiques de leurs logements (moyen efficace pour parvenir à une amélioration énergétique des bâtiments dans ce secteur) ;
- disposer d'un **outil d'orientation et d'aide à la décision pour la rénovation** ;
- disposer d'une **base** pour répondre aux exigences de la Directive européenne PEB (certification) ;
- soutenir et renforcer les **politiques régionales et fédérales en matière de maîtrise des consommations d'énergie**, de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>...

Note : en 2001, dans le cadre du programme européen **SAVE BELAS**, 50 logements ont été testés selon la méthodologie de la PAE ; les résultats de cette étude montrent un **potentiel d'économies d'énergie** global de **37 %**.

### ✕ Sur le terrain

La Wallonie s'est dotée d'outils réglementaires en matière de performance énergétique des logements depuis plus de 20 ans. Mais en pratique, la vérification du respect des exigences d'isolation et de ventilation (par les communes) est souvent sommaire, les contrôles sur chantier extrêmement rares, la poursuite des contrevenants presque inexistante. La réglementation est donc loin d'être toujours respectée.<sup>58</sup>

Toutefois, on observe un intérêt croissant et généralisé pour les économies d'énergie dans le secteur du bâtiment, et la tendance actuelle vers des standards de construction amenant à des meilleures performances énergétiques est claire. La hausse du prix des énergies et une sensibilisation généralisée font évoluer peu à peu les mentalités. De plus la politique des primes joue indirectement un rôle de contrôle des performances thermiques ou du respect de la norme. Et surtout, avec l'arrivée de la PEB, la situation est amenée à évoluer.

### ✕ La politique des primes

Les pouvoirs publics disposent de différents outils pour tenter de modifier les comportements des ménages et ainsi réduire leurs impacts sur l'environnement : réglementations, mesures fiscales, normes de produits, campagnes d'information, certification ou encore les primes.

Diverses primes jouent un rôle de levier pour la mise en application des politiques de la Région. Ces primes visent plusieurs publics cibles : particuliers, indépendants, professions libérales, logements sociaux, ménages aux revenus modestes, etc. On s'intéresse ici aux primes à l'attention des particuliers.

Deux administrations jouent un rôle clé : l'administration de l'énergie et celle du logement.

Les **primes à la réhabilitation**, octroyées par l'administration du logement (DGATLP), visent à améliorer la salubrité des logements existants. La DGATLP ne subsidie pas de travaux d'isolation seuls ; toutefois, certains travaux sont liés à l'amélioration de la qualité énergétique (remplacement des fenêtres - qui implique leur amélioration thermique, isolation des toitures, murs, planchers en complément de l'amélioration de leur stabilité, étanchéité) ; depuis 2008, certains travaux d'isolation doivent être précédés d'un audit (murs, sols).

### ✕ Primes énergie

Les « primes énergie » sont octroyées par l'administration de l'énergie (DGTRE). Depuis 2004, le « **Fonds énergie** » encourage, par l'octroi de primes (sur base du respect de critères précis), différents

<sup>58</sup> Une estimation réalisée au sein des services de l'administration wallonne en 2003 sur base des cahiers des charges et de plans standard de plusieurs constructeurs de maisons clé sur porte menait à une moyenne de K60.

La norme de ventilation est particulièrement mal appliquée (mais la politique des primes, en induisant un contrôle indirect, favorise son respect). Cette norme de ventilation fait l'objet de critiques : les débits imposés sont importants (beaucoup plus qu'en Allemagne, par exemple), sans qu'y soient assorties des exigences en termes d'étanchéité de l'enveloppe.

travaux économiseurs d'énergie, notamment en rénovation : <sup>59</sup>

- travaux d'isolation : isolation du toit, des murs, des planchers, remplacement du simple vitrage par du double vitrage haut rendement
- amélioration du système de chauffage : travaux de régulation, installation de chaudières performantes, etc.
- audit énergétique des logements individuels

Le plan d'action **Soltherm** vise le développement du chauffe-eau solaire ; il rencontre lui aussi un vif succès : depuis 2004, 55 000 m<sup>2</sup> de panneaux ont été installés. Depuis 2008, l'installation de panneaux solaires photovoltaïques est également encouragée (« Solwatt »). Il faut noter que l'octroi des primes pour les panneaux solaires (thermiques et photovoltaïques) devrait prochainement être lié à la réalisation d'un audit préalable.

#### ✕ **La « PAE » et « Construire avec l'énergie »**

« **Construire avec l'énergie** » est un programme très original, développé par la Région, et fort apprécié par les architectes. Cette action née en 2004 et qui entre dans sa troisième phase à l'automne 2008, concerne les logements neufs. Il s'agit d'une démarche volontaire, pensée un peu comme le « laboratoire de la PEB », visant à l'anticiper en encourageant les candidats bâtisseurs à aller au-delà des réglementations énergétiques ; la charte contient 5 critères de performances (isolation des parois, enveloppe, ventilation, consommation en énergie primaire, surchauffe) ; l'action est encouragée par des subsides, et un encadrement et un support technique sont proposés (guidance générale, suivi des dossiers - projets et réalisations, formations, tests de pressurisation, etc.) ; « CALE » favorise le dialogue entre l'administration de l'énergie et toute une série d'acteurs du monde de la construction : architectes, entrepreneurs, Universités de Mons, Liège et Louvain, CSTC, IFAPME, CCW, etc.

La « **PAE** » ou « **Procédure d'avis énergétique** », est destinée à réaliser, sur base volontaire, un audit énergétique des logements existants. Pour le moment, seules les maisons individuelles sont concernées. Ses objectifs sont repris ci-contre. La PAE doit servir de base à la certification des bâtiments, qui sera effective en septembre 2009, et développée selon la même trame. La procédure comprend deux parties :

- audit énergétique des logements existants (enveloppe, chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, confort d'été) ;
- propositions d'améliorations sur base de cette évaluation.

Il serait utile de lier à la PAE un accompagnement et une guidance lors de la mise en œuvre concrète de rénovations énergétiques de logements ; une action « **Rénover avec l'énergie** », développée dans le même esprit que « CALE », rencontrerait probablement le même succès que cette première. Des outils concernant le logement collectif sont à développer. <sup>60</sup>

#### ✕ **Le succès des primes**

La politique des primes rencontre un grand succès. En matière de rénovation, les primes pour l'isolation des toits et le remplacement de vitrages sont beaucoup demandées, mais la post-isolation des murs et planchers est restée assez marginale jusqu'en 2007 ; toutefois, grâce au succès de la PAE, on sent un démarrage.

L'isolation poussée des nouveaux logements est primordiale. Toutefois, des études ont montré que le potentiel de réductions importantes est à chercher du côté de la rénovation du parc de logements existants. <sup>61</sup> Pour l'instant, aucune législation ne peut imposer une rénovation énergétique. Seules

<sup>59</sup> Notons qu'il n'existe pas, en Wallonie, de prime pour la rénovation énergétique globale d'un logement ; une telle prime existe à Bruxelles pour les « rénovations basse énergie », et elle est assortie de montants très incitatifs ; les performances exigées correspondent à des besoins de chauffage de 60-30-15 kWh/m<sup>2</sup>.an.

<sup>60</sup> Les besoins théoriques en énergie calculés dans le cadre de la PAE sont la plupart du temps très largement supérieurs aux consommations réelles ; ceci a pour effet de rassurer les clients au lieu de les inciter à améliorer leur logement...

<sup>61</sup> Simulations Catherine Massart, Architecture et Climat, UCL, 2007

des mesures d'incitation et de sensibilisation sont possibles à ce niveau. Les primes ont donc un rôle essentiel à jouer.

Par l'utilisation des énergies fossiles dans leurs logements et pour se déplacer, par la consommation abondante d'eau, de territoire, de matières premières, par le rejet important de gaz à effet de serre, de déchets et d'eaux usées, les ménages wallons exercent une pression importante sur l'environnement. On rencontre toutefois une large palette de choix et comportements.

NOMBRE DE DEMANDES DE PRIMES EN 2007		
DGTRE	<b>FONDS ENERGIE</b>	<b>31.213</b>
	<b>Primes à l'isolation</b>	<b>12.443</b>
	Isolation du toit	2.487
	Isolation des murs	158
	Isolation du sol	89
	Remplacement de simple vitrage par du double vitrage haut rendement	8.118
	Isolation d'une maison unifamiliale neuve ("K45")	1.360
	Installation d'un système de ventilation avec récupération de chaleur	231
	<b>Primes chauffage</b>	<b>9.685</b>
	Installation d'une chaudière gaz à condensation ou basse température (2006)	8.920
	Installation d'un chauffe-bain ou générateur eau chaude à condensation (2006)	79
	Installation d'une PAC chauffage	170
	Installation d'une PAC ECS	161
	Installation d'une chaudière biomasse automatique	355
	<b>Autres primes</b>	<b>9.085</b>
	Travaux de régulation	8.384
	Audit énergétique	591
	Audit par thermographie	110
	(Micro-)cogénération de qualité	0
	<b>SOLTHERM</b>	<b>2.666</b>
Installations panneaux solaires en 2007	2.666	
Surface capteurs installés (2004 → fin 2007)	54.500 m <sup>2</sup>	
DGATLP	<b>Primes à la réhabilitation (propriétaires)</b>	<b>16.662</b>
	Travaux d'amélioration des toitures	33,5%
	Remplacement des menuiseries extérieures	42,9%

Note : Les primes peuvent avoir des effets positifs et négatifs :

- « + » : amélioration de la rentabilité des investissements, effet d'attention, effet stimulateur d'améliorations techniques ;
- « - » : effet d'aubaine, effet rebond, augmentation des prix.

**POUR LIMITER L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES LOGEMENTS, L'ENJEU ESSENTIEL EST L'AMÉLIORATION DU BÂTI EXISTANT ; LA POLITIQUE DES PRIMES À L'ÉNERGIE POURRAIT ÊTRE DAVANTAGE AXÉE SUR CE FAIT**

- rendre plus lisible l'impact environnemental des différents types de primes (panneaux solaires ≠ isolation de l'enveloppe)
- prime important pour « rénovation globale basse énergie »
- développer une action « Rénover avec l'énergie »
- améliorer la cohérence des politiques en matière d'urbanisme/aménagement du territoire et d'énergie
- encourager davantage le logement collectif
- programme exceptionnel concernant l'isolation des toits
- programme exceptionnel concernant l'isolation des murs
- rendre les investissements économiseurs d'énergie accessibles aux revenus plus faibles (des éco-prêts à 0 %)

### 3.6 Impact environnemental des logements/ménages

Pour limiter leur responsabilité dans la raréfaction des ressources et la détérioration de l'environnement, il est nécessaire que les ménages agissent à différents niveaux :

- choix de consommation plus responsables ;
- sobriété au niveau des consommations d'énergies (fossiles) ;
- préservation des matières premières ;
- gestion durable des ressources en eau ;
- diminution de la production de déchets ;
- diminution de la consommation de territoire.

Un mode de vie plus écologique implique dès lors une évolution des **choix** et des **comportements** : modification des habitudes en matière d'achats, tri des déchets, sobriété des consommations d'eau, d'énergie, modération des déplacements ou mobilité alternative ; plusieurs de ces points permettent de réaliser des gains financiers.

Analysons brièvement la situation actuelle, sur base du « *Tableau de bord de l'environnement wallon - 2005* » (DGRNE).

#### ● **Consommation responsable**

La prise de conscience des dangers que peut représenter une consommation effrénée pour l'environnement mène à une évolution des choix et habitudes :

- progression des achats de produits « écologiques » (notamment les produits d'entretien) ;
- limitation des emballages ;
- choix de produits recyclés ou recyclables ;
- alimentation biologique.

La part de marché de ces produits reste néanmoins très faible. Un frein majeur est leur prix, généralement plus élevé que les produits conventionnels, de même qu'une certaine méfiance quant au véritable gain qu'ils constituent pour l'environnement.

#### ✕ **Construction et matériaux écologiques**

L'intérêt pour les matériaux de construction plus écologiques va croissant. Ceci s'observe notamment par le développement de la construction en bois. Un autre matériau connaît un véritable succès : la cellulose en vrac.<sup>62</sup>

Les choix sont guidés par des préoccupations écologiques, mais également par la volonté de limiter les risques d'impact négatif sur la santé des habitants.

De nouveaux produits apparaissent sans cesse sur le marché. Toutefois, il reste difficile d'évaluer le bénéfice environnemental réel que constituent ces matériaux par rapport aux choix plus conventionnels. Il est par exemple très difficile d'obtenir la composition exacte de nombreux matériaux, et les secrets de fabrications sont bien gardés. Cette matière très complexe fait actuellement l'objet d'études visant à rendre la situation plus transparente, afin que les architectes et habitants puissent baser leurs choix sur différents critères objectifs par rapport à la problématique et aux enjeux des matériaux :

- ressources énergétiques au sens large (transport, énergie grise) ;
- matières premières, eau ;
- risques pour l'environnement ;
- risques pour la santé humaine (question surtout sensible pour les matériaux de finition) ;
- recyclage ;
- durée de vie.

<sup>62</sup> La part de marché de ces matériaux reste toutefois minime. Interrogé à ce sujet, un fournisseur de matériaux écologiques wallon estime que ceux-ci représentent 2 à 3 % du secteur global de la construction.

En rénovation, on est souvent amené à devoir travailler avec des bâtiments qui présentent un certain « caractère », qu'on cherchera à préserver et valoriser. De plus, au niveau constructif, les matériaux tels que la brique, la pierre, le bois ou la chaux sont très fréquents. Dès lors, le choix de certains matériaux plus « naturels » (bois, chaux, matériaux d'origine végétale, etc.) pourra souvent s'avérer adéquat :

- pour des raisons environnementales ;
- pour des raisons « patrimoniales » : cohérence par rapport aux matériaux « nobles » ou « naturels » préexistant ;
- pour des raisons d'équilibre hygro-thermique (parois dites « perspirantes » ; ce point sera largement développé plus loin).

Notons que comme pour les produits de consommation quotidienne, les matériaux écologiques sont souvent chers.

#### **L'ÉCO-CONSOMMATION**

**rencontre un succès croissant – y compris les matériaux de construction écologiques – mais reste toutefois globalement marginale, notamment pour des raisons de coûts et de manque de confiance.**

**Des études en cours, visant à mieux caractériser les matériaux de construction, devraient amener plus de clarté quant à leur impact environnemental réel.**

**Outre cet aspect environnemental, les matériaux de construction dits « naturels » peuvent être intéressants d'un point de vue hygrothermique, ainsi que pour des raisons patrimoniales.**

## 4. ÉLÉMENTS DE CONTEXTE SOCIO-ÉCONOMIQUE <sup>63</sup>

### 4.1 Les ménages wallons

On compte en Wallonie environ 1 485 000 ménages en 2008.<sup>64</sup>

#### ● Composition et taille des ménages *(Chiffres < IWEPS, 2006)*

Personnes vivant seules 500 935 35,9 %

Couples sans enfants 281 864 20,2 %

Couples avec enfants

1 enfant 141 538 10,2 %

2 enfants 137 089 9,8 %

3 enfants et + 74 178 5,3 %

Pères ou mères seuls avec enfants non mariés

Pères 72 289 5,2 %

Mères 186 225 13,4 %

**Taille moyenne des ménages privés : 2,30**

La taille des ménages diminue depuis des décennies : accroissement du nombre de célibataires et de divorces, diminution du nombre d'enfants par famille, vieillissement de la population, etc. Dès lors la croissance du nombre de ménages est supérieure à la croissance démographique. La proportion de très petits ménages est devenue très importante : ceci doit être pris en compte dans le cadre des réflexions sur le logement.

Les plus petits ménages sont concentrés dans les agglomérations, tandis que les familles avec enfants préfèrent les banlieues vertes plus tranquilles et moins denses. Beaucoup de familles monoparentales sont également présentes dans les agglomérations.

#### ✕ Structure de la population par âge *(Chiffres < IWEPS, 2007)*

0-19 ans 24,4 %

20-59 ans 54,1 %

60-79 ans 16,9 %

80 ans et + 4,6 %

#### ✕ Personnes handicapées

D'après l'enquête-qualité, près de 9 % des ménages wallons comptent au moins une personne handicapée.

#### ✕ Activité économique et emploi *(IWEPS, données 2003)*

Taux d'emploi des 15-64 ans : 55,4 %

Taux de chômage des 15-64 ans : 10,9 %

– Population active (15-64 ans) : ± 1 390 000 personnes (62,2 % de cette catégorie d'âge)

– 46 % des ménages ne comportent aucun « actif »

#### ✕ Niveau de vie *(IWEPS, données 2002)*

– Revenu moyen par déclaration fiscale 23 018 €

– Revenu médian 17 692 €

– Revenu annuel moyen disponible 13 500 €

Niveau d'instruction	15-24 ans	25-49 ans	50 ans et +
Primaire ou sans diplôme	18,1%	12,2%	41,0%
Secondaire inférieur	33,8%	19,9%	22,5%
Secondaire supérieur	39,0%	37,0%	21,1%
Supérieur court	6,3%	18,3%	8,8%
Supérieur niveau unif	2,8%	12,7%	6,5%

Répartition de la population wallonne en fonction du niveau du diplôme le plus élevé -

*Chiffres < IWEPS, 2006*



<sup>63</sup> Caroline Kints-André De Herde - La rénovation énergétique et durable des logements wallons, analyse du bâti existant et mise en évidence de typologies de logements prioritaires - Service public de Wallonie - Département de l'énergie, 2010

<sup>64</sup> Source DGSIE - Recensements et enquête socio-économique (données au 1<sup>er</sup> janvier 2008)

## ● Type d'occupation

Environ 68 % des chefs de ménages wallons sont propriétaires de leur logement ; 24 % des logements sont loués par des locataires privés, tandis que ± 8 % sont loués par des locataires sociaux. Les appartements sont le plus souvent occupés par des locataires.

## ✕ Types d'occupation et de ménages - Conditions d'habitat

On peut observer une très nette différence entre l'état des logements en propriété ou en location.<sup>65</sup>

D'après l'Enquête-qualité 2007, 69,6 % des propriétaires occupent un logement qualifié de bon ou de très bon sur l'échelle de salubrité, contre seulement 45 % des locataires.

Par ailleurs, c'est également chez les locataires qu'on trouve le plus de problèmes de suroccupation. Il existe un lien entre la taille des logements et le rapport à la propriété : les propriétaires occupent en moyenne des logements plus grands que les locataires.

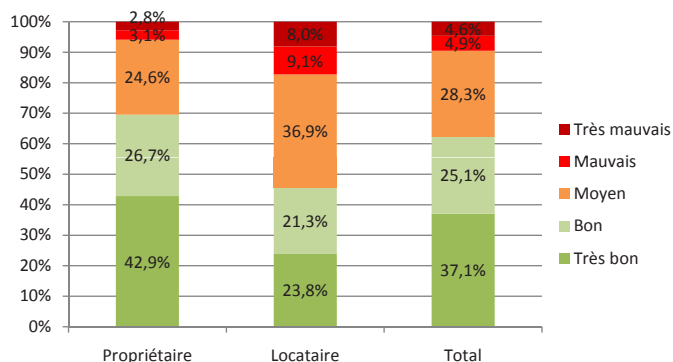
Note : On observe également une corrélation positive entre la taille des logements et les revenus des ménages.

Les conditions d'habitat des ménages sont fortement liées à leur situation socio-économique et à leur état civil. Elles sont nettement moins favorables pour les personnes célibataires ou séparées que pour les mariés et les veufs ; toutefois, l'explication première est plutôt le statut d'occupation : chez les célibataires, on compte une majorité de locataires, et près de 46 % chez les personnes divorcées ou séparées.

Plus le nombre d'enfants augmente, moins la qualité du logement est au rendez-vous. Les familles monoparentales avec plusieurs enfants sont celles qui ont le plus de difficultés pour se loger décentement.

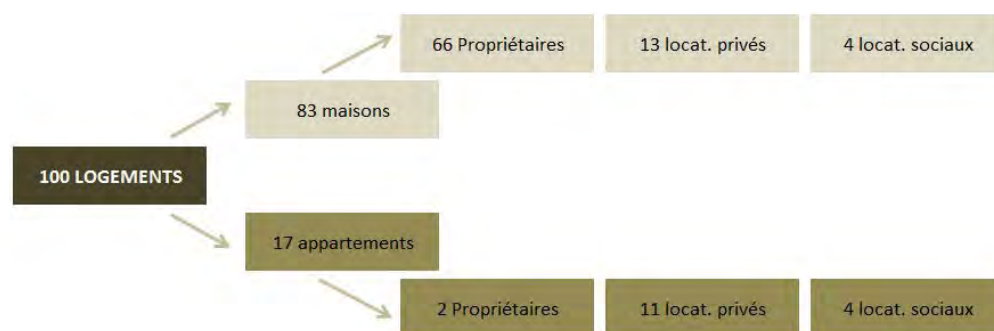
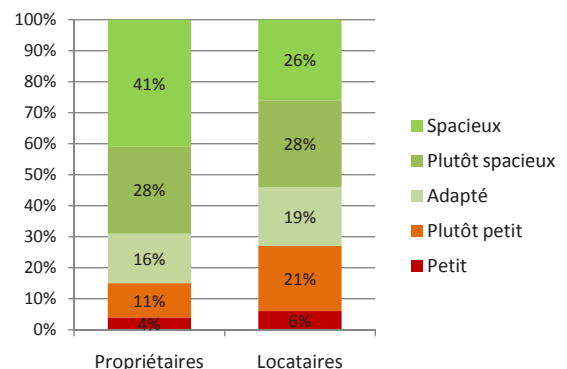
### Indice de salubrité selon le statut d'occupation

Chiffres < « Enquête-qualité 2007 »



### Taux d'occupation des logements en fonction du statut d'occupation

Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE, SPF Economie



<sup>65</sup> Toutefois, il y a des raisons de penser que les locataires ne sont pas toujours très objectifs par rapport à l'état de leur logement (plus enclins à « se plaindre ») ; il en va de même pour les propriétaires, plus enclins, pour des raisons financières ou autres, à fermer les yeux sur les défauts physiques de leur logement et sur la nécessité de rénover.

## ● Coût du logement = crise du logement ?

« Les prix de l'immobilier flambent », entend-on souvent dire.<sup>66</sup>

Depuis 2000, les prix de l'immobilier ont bondi de 70 % en Wallonie, avec toutefois de fortes disparités à l'intérieur de la Région. À présent, la hausse s'infléchit mais reste supérieure à celle des salaires. Selon une étude d'Immotheke (société de courtage en prêts hypothécaires), en 2006 seulement 35 % des ménages wallons ont des revenus suffisants pour acquérir une maison moyenne en Wallonie (alors que ce pourcentage était encore de 80 % en 2003 dans les mêmes conditions), et moins de 10 % peuvent acquérir une maison en Brabant Wallon.

Les coûts des loyers augmentent, mais aussi les charges (eau, électricité, chauffage), représentant une part toujours plus importante du budget des ménages : le seuil du tiers des revenus est très largement dépassé chez beaucoup. Ceci mène à une difficulté croissante pour trouver un logement correct pour un prix décent : résultat, de nombreuses personnes sont mal logées.

Le cadre bâti wallon doit s'adapter à l'importance structurelle croissante des familles confrontées à des difficultés financières plus que préoccupantes.

*« Globalement, l'enquête-qualité 2007 rejoint des enquêtes européennes qui montrent que, depuis le début des années 1980, les inégalités augmentent dans nos sociétés et qu'elles augmentent aussi dans le logement. Or, le logement social, peu performant d'un point de vue énergétique, insuffisant en nombre, sous-financé dans son développement, n'est pas près d'absorber les besoins. Une crise du logement s'annonce-t-elle ? Va-t-elle se dissoudre dans la baisse de la natalité ? »*<sup>67</sup>

Dans le contexte actuel d'insécurité - voire de crise économique - il est en tout cas urgent de mettre en place des outils permettant de lutter contre la rétention et la spéculation foncières.

## ✕ Ménages les plus précarisés

Les ménages connaissant le plus de difficultés de paiement sont les personnes vivant seules, les ménages dont le chef de famille est au chômage, ou bien malade ou invalide, les familles monoparentales, globalement les ménages à faibles revenus ; chez eux, les coûts du logement trop élevés aggravent d'autres handicaps, tels que le chômage, la maladie ou l'invalidité.

## ● Facture énergétique

En 2005, la facture énergétique domestique en Wallonie s'élève à 2 540 millions €, dont 44 % pour l'électricité (alors qu'elle ne représente que 18 % des consommations), 31 % de gazoil, 20 % de gaz naturel, et 5 % pour les autres.

→ En 2005, chaque ménage a dépensé en moyenne 1 766 € pour ses consommations domestiques, dont 52 % sont affectés au chauffage (alors que celui-ci représente 74 % des consommations – remarquons ici que l'électricité, qui ne couvre « que » 18 % des consommations, représente près de la moitié de la facture).

La facture énergétique est actuellement en hausse, essentiellement à cause de la forte hausse des prix des produits pétroliers, et de l'augmentation des consommations. La facture énergétique résidentielle globale augmente plus vite que la consommation d'énergie. Le poste énergie du budget des ménages s'est donc alourdi (de manière assez sévère depuis 2002).

Jusque récemment, l'énergie utilisée dans les habitations était assez peu dépendante de l'augmentation du revenu disponible des ménages, surtout pour les fonctions de chauffage, de cuisson et d'éclairage. Le budget aurait néanmoins de l'influence sur le choix et l'utilisa-

<sup>66</sup> Parmi les 70 % de chefs de ménages qui sont propriétaires de leur logement, plus de la moitié n'ont plus de crédit hypothécaire à charge (dont beaucoup de retraités).

<sup>67</sup> Rapport de l'enquête-qualité 2007

tion de certains équipements électriques de confort (par exemple l'air conditionné). Toutefois, la récente évolution spectaculaire du prix des produits pétroliers rend le phénomène de la « fuel-poverty » de plus en plus préoccupant. Cette augmentation des prix des énergies devrait jouer un rôle de levier important pour l'amélioration de l'efficacité énergétique des logements.

#### ✕ **Consommations d'énergie et types de ménages**

- quel que soit le combustible, la consommation est plus élevée chez les propriétaires que chez les locataires ;
- il existe un lien entre le niveau de vie et la consommation d'énergie : les ménages disposant des revenus les plus élevés consomment globalement le plus d'énergie ; ce lien n'est toutefois pas très marqué ; en outre, les revenus des ménages augmentent en parallèle avec la taille des logements, et c'est plutôt cette dernière donnée qui a tendance à influencer sur la consommation d'énergie ;
- le nombre de personnes que compte le ménage exerce aussi une influence sur la consommation énergétique ; ici aussi on retrouve un lien avec la taille des logements.

#### ● **Agir sur les choix et comportements**

Pour les ménages, un mode de vie plus écologique peut se traduire par une combinaison de choix et de comportements : consommation de produits respectueux de l'environnement, adaptation de son logement pour le rendre moins énergivore, tri des déchets, utilisation rationnelle de l'énergie, modération des déplacements en voiture, etc. Notons que la plupart de ces mesures permettent de réaliser des gains financiers.

Il existe différents types de mesures politiques visant à modifier les comportements des ménages dans un sens favorable à la préservation de l'environnement : mesures fiscales, normes de produits, campagnes d'information, certifications, primes...

Pour être efficaces, les campagnes d'information et de sensibilisation nécessitent à la fois une analyse précise des mécanismes relatifs aux choix et aux comportements, et une adaptation de ces mesures en fonction de la diversité des profils des ménages et des personnes ; leur efficacité est souvent limitée, du fait notamment de la multiplicité des facteurs qui interviennent parfois très en amont d'une décision d'agir et de son accomplissement :

- facteurs socio-économiques : budget disponible, prix des produits, des logements, etc.
- facteurs socio-démographiques : classes d'âge, taille des ménages ;
- facteurs territoriaux : localisation urbaine ou rurale ;
- facteurs culturels ;
- niveau d'instruction, de connaissance ou de perception, etc.
- publicité, effets de mode, etc.

Selon diverses études, les campagnes de sensibilisation à la « consommation durable » semblent modérément concluantes, le public le plus réceptif étant celui qui est déjà averti. En outre, la majorité des personnes interrogées estiment que légiférer serait plus efficace pour modifier les comportements. Ainsi, il est nécessaire d'adapter les méthodes de sensibilisation à la diversité des niveaux de connaissance et aux comportements des personnes, sans oublier des mesures d'accompagnement (réglementaires, incitatives, etc.)

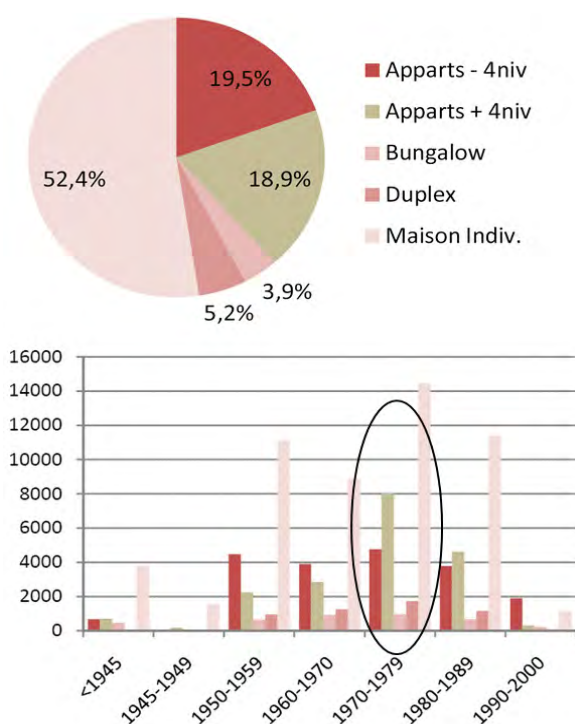
## 4.2 Les logements sociaux <sup>68</sup>

### ● La réserve de logements sociaux : localisation et époque de construction

L'origine des logements sociaux est liée à la modification fondamentale de la société qui résulte, au 19<sup>e</sup> siècle, de la révolution industrielle. La concentration croissante de travailleurs autour des usines met au premier plan des problèmes d'ordre social et hygiénique. Au 19<sup>e</sup> siècle, le logement populaire décent est quasi inexistant. Quelques (trop rares) initiatives privées voient le jour : des industriels font bâtir, pour leurs ouvriers, des logements à proximité des mines ou des usines.

1919 est la date à laquelle une politique de logement démarre en Belgique : dès ce moment, l'intervention publique dans le domaine du logement social est un fait acquis. La Société Nationale des Habitations et Logements Bon Marché (S.N.H.L.B.M.) est instituée. Sa mission, via des sociétés locales ou régionales, est de construire des logements sociaux bon marché et de les mettre en location au bénéfice des personnes peu aisées.

Jusqu'à la fin des années '20, on promeut les logements construits sur le modèle idéal des cités jardins, en périphérie du tissu urbain de l'époque, où les terrains étaient bon marché. Les années '30 engendrent des projets d'envergure, vastes ensembles bâtis en hauteur dans le style cubiste et fonctionnel, inspiré de la Charte d'Athènes. L'hygiène reçoit la priorité, parfois au détriment de l'environnement et du cadre de vie.



Répartition des logements sociaux en fonction de leur configuration, et croisement de la configuration avec l'époque de construction  
Chiffres < SWL

Après la seconde guerre mondiale, la reconstruction du parc immobilier jouit d'un élan d'humanisme, stimulée par le climat socio-économique favorable. Les nouveaux logements rompent avec le passé par leur aspect coquet, l'équipement des cuisines, la pénétration de la lumière naturelle, les jardins, etc.

En 1956, la Société Nationale du Logement (S.N.L.) remplace la S.N.H.L.B.M. Elle est chargée de gérer et satisfaire les besoins en logements dans le cadre du parc disponible. Durant cette période on assiste à une croissance importante du parc correspondant à une volonté politique de développer ce secteur (avec des conséquences sur les finances de l'état).

Enfin, en 1980, les Régions héritent de la compétence du logement social. C'est ainsi que naît la SWL : la Société Wallonne du Logement. Depuis cette époque, le nombre de constructions a fortement diminué

On compte aujourd'hui en Wallonie un peu plus de 100 000 logements sociaux (gérés en majeure partie par la SWL), qui représentent ± 7 % des logements wallons ou 24 % du parc locatif ; 3/5<sup>e</sup> d'entre eux ont été construits entre 1946 et 1980,

dont 25 % rien qu'entre 1971 et 1980.

→ Les besoins en logements sociaux ne sont pas rencontrés : il en manque ± 40 000. <sup>69</sup>

Les logements sociaux présentent une structure spatiale non homogène. Ils se concentrent principalement au sein des agglomérations – mais plutôt en périphérie de celles-ci - de même qu'au sein des (anciens) bassins industriels du pays : Liège, Charleroi, Mons, à Mouscron éga-

<sup>68</sup> Site internet de la SWL

<sup>69</sup> Source : site internet du RBDH

lement (industrie textile). La structure spatiale des anciens logements sociaux s'explique par la localisation des industries lourdes : au 19<sup>e</sup> siècle, construction de logements par des patrons à proximité de gisements miniers exploitables trop éloignés des villes (ex : le Grand Hornu). Par ailleurs, d'après René Schoonbrodt, leur localisation aussi bien ancienne qu'actuelle répond à la loi de la rente foncière : étant donné le coût élevé des terrains dans les centres des villes, les sociétés immobilières de services publics essaient de trouver des terrains bon marché, localisés souvent en périphérie.

#### × **Qualité**

Qualité plutôt moyenne (logements construits d'après un cahier des charges strict) – mais efficacité énergétique médiocre.<sup>70</sup>

#### × **Types de logements, morphologie des quartiers**

*« Le logement social est orienté par une image-guide stable depuis les années 1920 : celle des cités-jardins... Par la volonté de réagir à la dissolution des anciennes communautés, il s'agit de replacer l'homme dans un milieu à sa mesure. D'où il faut produire des unités d'habitation de dimension réduite, de faible densité dominée par le logement individuel. L'ensemble doit être bien délimité et séparé de l'extérieur si possible par une ligne de verdure et être constitué en unité interne, par le caractère à la fois cohérent et introverti du réseau de rues... »<sup>71</sup>*

- Les logements sociaux se divisent à part à peu près égale entre maisons (55 %) et appartements (45 %, dont à peu près la moitié dans des immeubles de plus de 4 niveaux). Ils sont caractérisés par une certaine uniformité guidée par un souci d'économie.
- Caractère monofonctionnel de l'espace bâti (fonction résidentielle seule, les activités commerciales et les équipements ne sont guère favorisés)
- Situation périphérique + discontinuité spatiale par rapport aux noyaux de vie sociale constitués et au tissu préexistant + différenciation morphologique
- Caractère « fini », encerclement, croissance impossible.

**TAILLE** : Logements plutôt petits.

#### × **Types de ménages**

- loyers faibles (dépendant des revenus des ménages) ;
- logements occupés principalement par des petits ménages (1 à 2 personnes dans 70 % des cas) ou des très grands ménages ; ces personnes se caractérisent par un taux d'activité faible (65 % sont sans emploi) ; population relativement âgée.

<sup>70</sup> La Région Wallonne a lancé récemment un plan d'investissement de plus d'un milliard d'€ visant à réhabiliter son parc social et à en améliorer la qualité.

<sup>71</sup> Jean Rémy, Préface du livre « Sociologie de l'habitat social »

## 5. CONCLUSIONS <sup>72</sup>

### Les logements améliorables : identification de typologies prioritaires

Nous avons entamé cette analyse du parc des logements wallons avec pour but d'identifier des segments prioritaires du point de vue de leur rénovation énergétique.

Or, si l'on vise un niveau « basse énergie » (qui reste encore à définir en Wallonie), il s'avère que, à l'exception des logements les plus récents (et encore), on peut considérer que la qualité énergétique de la majorité des logements wallons est médiocre, voire mauvaise. L'isolation thermique de l'enveloppe (murs extérieurs, toitures, fenêtres, sols) est le plus souvent très faible, voire absente. Il est dès lors difficile d'identifier des catégories de logements à rénover en priorité sur base de ce critère.

En parcourant à nouveau, très brièvement, l'ensemble des caractéristiques étudiées, identifions une série de « cas type », typologies largement représentatives de l'ensemble des logements de la Région, sur base de critères autres que leur niveau d'isolation, à savoir : leur âge, leur taille, leur configuration, leur localisation, certaines caractéristiques constructives, le type d'occupation, etc. Tout en gardant à l'esprit que « *l'essence du projet d'architecture est la recherche de solutions spécifiques, toujours renouvelées et adaptées aux conditions locales* » <sup>73</sup>, ces typologies pourront par la suite faire l'objet d'études de cas de rénovations exemplaires, qui permettront entre autres de mettre en évidence

- le potentiel d'économies d'énergie lié à chacune
- des points de vigilance, des détails techniques plus spécifiquement liés à ces typologies.

#### ● Dernier survol des caractéristiques des logements wallons

Les besoins de réhabilitation pour des raisons de salubrité, qualité, état du logement varient entre 10 et 20 %.

La répartition des logements n'est pas homogène sur le territoire : ceux-ci sont fortement concentrés le long de l'ancien axe industriel (sillon sambro-mosan) où sont regroupées la majorité des villes de la région.

Plus de 80 % des logements sont des maisons unifamiliales. Les appartements présentant le plus de problèmes de salubrité et de qualité, sont situés dans des « bâtiments divisés en plusieurs unités de logements ».

On compte en Wallonie beaucoup de grands logements (potentiel de création de nouveaux logements par la division de très grands logements) ; assez logiquement, la taille d'un logement est liée à son type : appartements < maisons mitoyennes < maisons jumelées < maisons séparées.

80 % des logements possèdent un jardin.

Le parc wallon est ancien : la moitié des logements datent d'avant 1945. Ces logements sont majoritairement concentrés le long du sillon sambro-mosan. Suite à la généralisation de la mobilité individuelle, les phénomènes de périurbanisation (autour des agglomérations), puis d'urbanisation diffuse se sont généralisés, la différence ville/campagne s'estompe, population moins dense en ville, etc.

Du point de vue de l'appréciation du cadre de vie, on voit que la préférence va vers la vie « au vert ». La maison unifamiliale « 4 façades » construite au calme, à la campagne, reste le modèle valorisé, plutôt qu'à proximité des équipements et services, même si l'on note les prémices d'un « retour à la ville ».

70 % des chefs de ménage sont propriétaires de leur logement.

La plupart des caractéristiques ci-dessus sont liées, interdépendantes. Leur croisement, dans les graphiques ci-contre, ainsi que l'observation du bâti sur le terrain, permet de mettre en évidence 8 typologies de logements qui nous semblent prioritaires. Ensemble, ces catégories couvrent ± 76 % de la totalité des logements construits avant 1991.

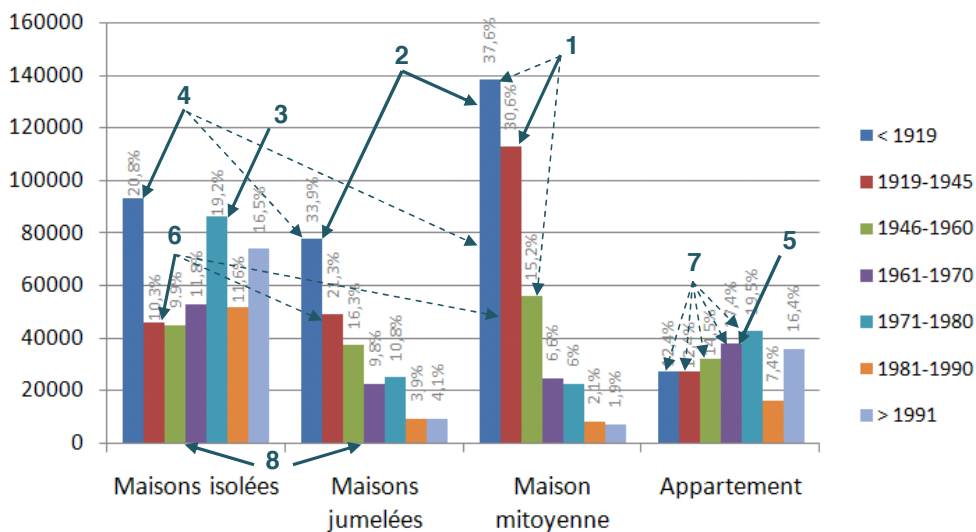
<sup>72</sup> Caroline Kints-André De Herde - La rénovation énergétique et durable des logements wallons, analyse du bâti existant et mise en évidence de typologies de logements prioritaires - Service public de Wallonie - Département de l'énergie, 2010

<sup>73</sup> Bruxelles-Environnement, Introduction au « Guide pratique pour la construction et la rénovation durable de petits logements »

Signalons que deux catégories particulières du bâti existant ne sont pas reprises ici :

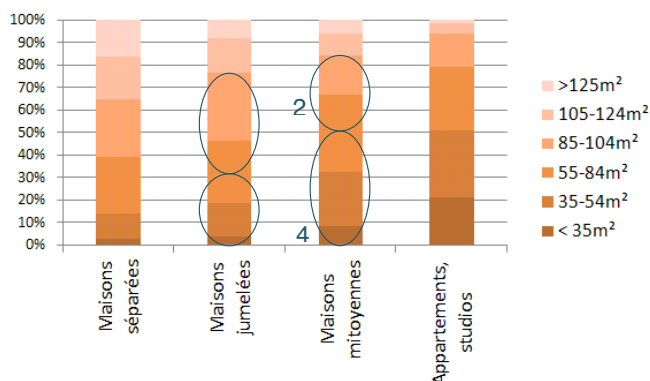
- les quartiers de logements sociaux ;
- les « sites à réaménager » qui étaient destinés à des activités autres que le logement, et qui doivent faire l'objet de rénovation avec changement d'affectation (beaucoup de ces sites sont situés au cœur ou à proximité des villes), dont la rénovation, spécifique, fait l'objet d'études parallèles.

Insistons pour finir sur la priorité à donner aux villes. Les zones urbaines et périurbaines se sont fort développées au début du 20<sup>e</sup> siècle, donnant naissance à un bâti souvent dense et mitoyen. Elles cumulent aujourd'hui les besoins de réhabilitation : logements anciens, denses, présentant de nombreux problèmes de salubrité. Leur réhabilitation peut jouer un rôle central pour améliorer l'image des quartiers et valoriser le « retour à la ville ».



AGE	≤1918	1919-1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	> 1991	Total
Maisons isolées	93.129	45.867	44.455	52.743	85.849	51.539	73.810	447.392
Maisons jumelées	77.467	48.799	37.271	22.411	24.726	8.873	9.257	228.803
Maisons mitoyennes	138.055	112.439	55.653	24.327	22.146	7.715	6.991	367.326
Flats	27.043	26.869	31.696	37.816	42.445	16.199	35.720	217.788
<b>Total</b>	<b>335.694</b>	<b>233.974</b>	<b>169.075</b>	<b>137.296</b>	<b>175.165</b>	<b>84.326</b>	<b>125.778</b>	<b>1.261.309</b>

Répartition des logements wallons selon leur âge et leur configuration  
Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE, SPF Economie

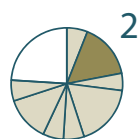


Taille des logements en fonction de leur configuration  
Chiffres < Enquête socio-économique 2001 - DGSIE, SPF Economie



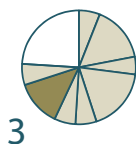
**Maison ouvrière, « modeste » [± 18% des logements construits avant 1991]**

Maison mitoyenne, datant d'avant 1945, très petits volumes, plafonds assez bas, hall d'entrée souvent absent, 2 pièces au rez, 2 pièces au premier étage, petite cave - Simplicité constructive - Souvent en mauvais état, problèmes d'insalubrité fréquents - Gaz naturel généralement disponible (mais chauffage au charbon encore fréquent).



**Maison urbaine moyenne, début 20<sup>e</sup> siècle [± 16% des logements construits avant 1991]**

Maison mitoyenne ou semi-mitoyenne, 5 à 6 m de façade, taille moyenne à grande : plafonds hauts, rez + premier + combles, caves (voussettes) - Façades avant : détails, ornements (balcons, pierre...) - Souvent manque de lumière naturelle au rez - A l'arrière : annexes (+ récentes, qualité  $\searrow$ ) - Matériaux « traditionnels » + industriels - Gaz naturel généralement disponible.



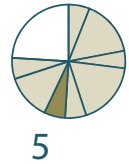
**Maison 4 façades type « lotissement » [± 13% des logements construits avant 1991]**

Années 70 et 80, d'abord en banlieue, puis sur l'ensemble du territoire (urbanisation diffuse) - Rez-de-chaussée + 1<sup>er</sup> étage (souvent partiellement dans la toiture), avec ou sans cave - Matériaux de construction et mise en œuvre « conventionnels » : briques, béton, murs creux, etc. - Gaz naturel souvent absent - Peu de problèmes de salubrité



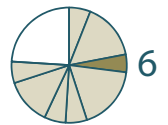
**Maison de type vernaculaire [± 6% des logements construits avant 1991]**

Le plus souvent rurale et « 4 façades », ancienne (18<sup>e</sup>, 19<sup>e</sup> et début 20<sup>e</sup>), volumétries diverses, grand volume habitable - Matériaux et techniques constructives traditionnels : murs pleins, pouvant être très épais, en pierre ou briques, charpentes en bois, argile, chaux... (ressources locales) → valeur patrimoniale, héritage culturel à préserver - Gaz naturel généralement non disponible.



**Appartement dans grands ensembles [± 6% des logements construits avant 1991]**

Années 60 et 70 - Bâtiment avec balcons, ascenseur, toit souvent plat, plusieurs niveaux - Ossature béton, acier, glasal, simple vitrages, etc. - Souvent catastrophiques au niveau de la qualité thermique - Chauffage électrique fréquent - Copropriété



**Maison villageoise, entre-deux guerres [± 6% des logements construits avant 1991]**

Maison moyenne à grande, rez sur cave (partielle) + un étage + combles, volumétrie simple, allongée, souvent volumes annexes en appentis - Simplicité constructive et matériaux industriels : béton, briques (murs pleins d'une brique 1/2), acier ou bois avec peu d'ornementations - Gaz naturel partiellement disponible.



**Appartement dans un « bâtiment divisé en plusieurs unités de logement »**

[± 6% des logements construits avant 1991]

Différentes configurations et âges de bâtiments - Cette catégorie est importante car ces logements sont le plus souvent loués (parc locatif privé, comblant le déficit en logements sociaux) et concentrent les problèmes de salubrité et de qualité



**« Villa » des premières extensions urbaines [± 6% des logements construits avant 1991]**

Années 30 et surtout 50-60 - Maisons moyennes à grandes, isolées ou jumelées - Murs creux « 1<sup>re</sup> génération » (ponts thermiques fréquents) - Souvent assez complexes : diversité de volumétries, jeux de matériaux... - Chauffage central au mazout fréquent

## ● La rénovation énergétique des logements wallons : difficultés, opportunités

L'amélioration thermique du parc de logements existant constitue un potentiel immense d'économies d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre - « potentiel rapidement et facilement mobilisable », entend-on souvent dire. Pourtant, sur le terrain les choses bougent très lentement. Quelles sont les difficultés qui font obstacle ? Et a contrario, quels sont les atouts et opportunités de la mise en œuvre de ce « chantier du siècle » ? Terminons notre analyse du parc de logements wallons en donnant quelques réponses à ces questions <sup>74</sup>

### ● Quelques Freins, obstacles

#### ✕ Coût

Dans le contexte actuel de « baisse du pouvoir d'achat », difficulté, voire impossibilité de financer des travaux de rénovation énergétique en plus d'un prêt hypothécaire.

Le premier obstacle est probablement le coût élevé d'une rénovation énergétique globale - malgré la flambée des prix des produits pétroliers, les temps de retour sur investissement restent longs. La cherté de tels travaux les rend inaccessibles aux ménages à faibles ou moyens revenus, surtout dans le contexte actuel de flambée des prix de l'immobilier, qui est encore plus marquée pour les logements existants. → Nécessité d'éco-prêts, d'incitants tels que les primes, les déductions fiscales.<sup>75</sup>

#### ✕ Manque de personnel formé

Peu de personnes formées, d'entreprises, d'hommes de métier expérimentés → coûts encore élevés

#### ✕ Parc de logements très « morcelé »

Majorité de maisons unifamiliales, logements tous « différents », propriétaires individuels qui rendent impossibles les « économies d'échelle ».

#### ✕ Freins liés aux restrictions urbanistiques

**Patrimoine : Façades en briques, en pierres**

En France, en Allemagne, les murs extérieurs sont généralement enduits ou couverts d'un crépi. En Wallonie, les murs de façades sont en briques apparentes dans la majorité des logements - la brique est liée à l'identité culturelle de la Région, les habitants y sont très attachés. La pierre est également bien présente.

Ces matériaux et leur mise en œuvre présentent dans bien des cas un intérêt architectural (« caractère ») voire patrimonial, qu'il est important de préserver (surtout en façade avant : richesse des détails, décorations, balcons). Dès lors, l'isolation par l'extérieur - « scénario technique idéal » - ne peut être généralisée, et l'isolation par l'intérieur s'avère souvent la solution la plus pertinente → mise en œuvre délicate, risques de condensations, etc.

#### ✕ Méconnaissance

Les exemples de rénovations basse énergie sont encore rares. En outre, les habitants n'ont généralement pas conscience d'habiter des logements mal isolés, et ne réalisent donc pas qu'il existe un très fort potentiel d'amélioration (on l'a dit plus haut, beaucoup pensent que seules les toitures et fenêtres sont des surfaces de déperdition thermique). Souvent, l'inconfort thermique lié aux parois froides n'est pas ressenti (si les fenêtres simple vitrage ont été remplacées).

<sup>74</sup> Le présent paragraphe s'inspire de l'analyse « AFOM » (Atouts, Faiblesses, Opportunités, Menaces) réalisée dans le cadre de l'étude « L'application des principes de la maison passive en Région de Bruxelles-Capitale »

<sup>75</sup> Il faut toutefois nuancer ceci par le fait que la moitié des ménages propriétaires de leur logement (70 %) ne paient aucun remboursement pour celui-ci (mais il s'agit souvent de personnes âgées).

## ● Quelques opportunités

### ✕ Fin inéluctable de l'énergie bon marché

La hausse du prix des produits pétroliers va stimuler la mise en œuvre de l'amélioration thermique des logements, en raccourcissant les temps de retour sur investissement.

### ✕ Amélioration du confort

Confort hygrothermique, qualité de l'air, favorables au bien-être et à la santé.

### ✕ Certificat énergétique PEB <sup>76</sup>

Entre le 1<sup>er</sup> juin 2010 et le 30 décembre 2010, toutes les ventes de maisons unifamiliales dont la demande initiale de permis est comprise entre le 1<sup>er</sup> décembre 1996 et le 30 avril 2010 ont besoin d'un certificat énergétique. Un certificat énergétique PEB sera obligatoire pour les ventes dont un compromis et un acte sont signés après le 1<sup>er</sup> juin 2010.

À partir du 31 décembre 2010, un certificat PEB sera obligatoire pour toutes les ventes de maisons unifamiliales.

**Le 1<sup>er</sup> juin 2011**, le certificat sera obligatoire pour **tous les bâtiments résidentiels**. Tout bail locatif devra donc bénéficier de son certificat au moment de la signature du contrat de location.

### ✕ Prise de conscience environnementale, volonté d'agir pour limiter les émissions de CO<sub>2</sub>

La crise environnementale est au centre des préoccupations de la majorité de nos concitoyens, et de plus en plus cette inquiétude s'accompagne d'une volonté d'agir ; l'amélioration thermique des logements - avec comme idéal leur quasi-autonomie énergétique - en constitue une possibilité concrète, dont la mise en œuvre est généralement source de fierté.

### ✕ Projets exemplaires

La rénovation massive du parc de logements sociaux pourrait jouer un rôle moteur (c'est ce qui se passe dans des pays proches du nôtre, notamment en Allemagne). Le 21 décembre 2010, le gouvernement wallon a décidé de mobiliser 900 millions d'euros pour relancer le logement social d'ici 2014. La construction de 7 000 logements neufs basse énergie et la rénovation de 10 000 autres sont envisagées. La rénovation énergétique des 10 000 logements visés sera soutenue par un Plan d'Investissements Verts représentant 425 millions d'euros, dont 325 venants du plan Marshall 2.vert et le reste prêté par la Banque du Conseil de l'Europe.

### ✕ Création d'emplois

La filière environnement est effectivement très génératrice d'emploi. Rien qu'en Wallonie, une création de plus de 15 000 emplois supplémentaires est attendue endéans les 10 ans.<sup>77</sup> Depuis son lancement fin avril 2009, le site [www.greeneo.be](http://www.greeneo.be) propose une large offre d'emplois diffusée tant par de grandes entreprises que par des PME.

Le site [www.greeneo.be](http://www.greeneo.be) offre toutes les fonctionnalités que l'on peut attendre d'un site de proposition et de demande d'emploi en 2010, en ce compris des recherches détaillées, alertes e-mails, ajout de vidéo et partage sur les réseaux sociaux.

### ✕ Intérêt et engagement des architectes de maîtres de l'ouvrage et d'entreprises de construction auxquels est destiné ce guide

Dans l'enquête réalisée en 2009 par le journal de l'architecte <sup>78</sup> auprès d'un échantillon représentatif d'architectes. À la question « les notions de **développement durable** influencent-elles votre approche architecturale ? » 92 % des architectes francophones répondent par l'affirmative. On peut donc penser qu'au niveau des concepteurs le message est pour le moins passé et espérer qu'ils parviennent à convaincre du bien fondé de la démarche les maîtres de l'ouvrage et les entreprises qui auraient encore besoin de l'être.

<sup>76</sup> [http://www.certificat-energetique.net/?gclid=COM4gqT\\_hacCFcomfAodfESbdQ](http://www.certificat-energetique.net/?gclid=COM4gqT_hacCFcomfAodfESbdQ)

<sup>77</sup> EcoRes, Étude Dyser, Dynamisme économique du secteur des énergies renouvelables, 2009  
[http://edora.org/doc/menu\\_7/090923\\_DYSER\\_rapport%20final.pdf](http://edora.org/doc/menu_7/090923_DYSER_rapport%20final.pdf)

<sup>78</sup> <http://www.lejournaldelarchitecte.be>



## LECTURES COMPLÉMENTAIRES ET BIBLIOGRAPHIE

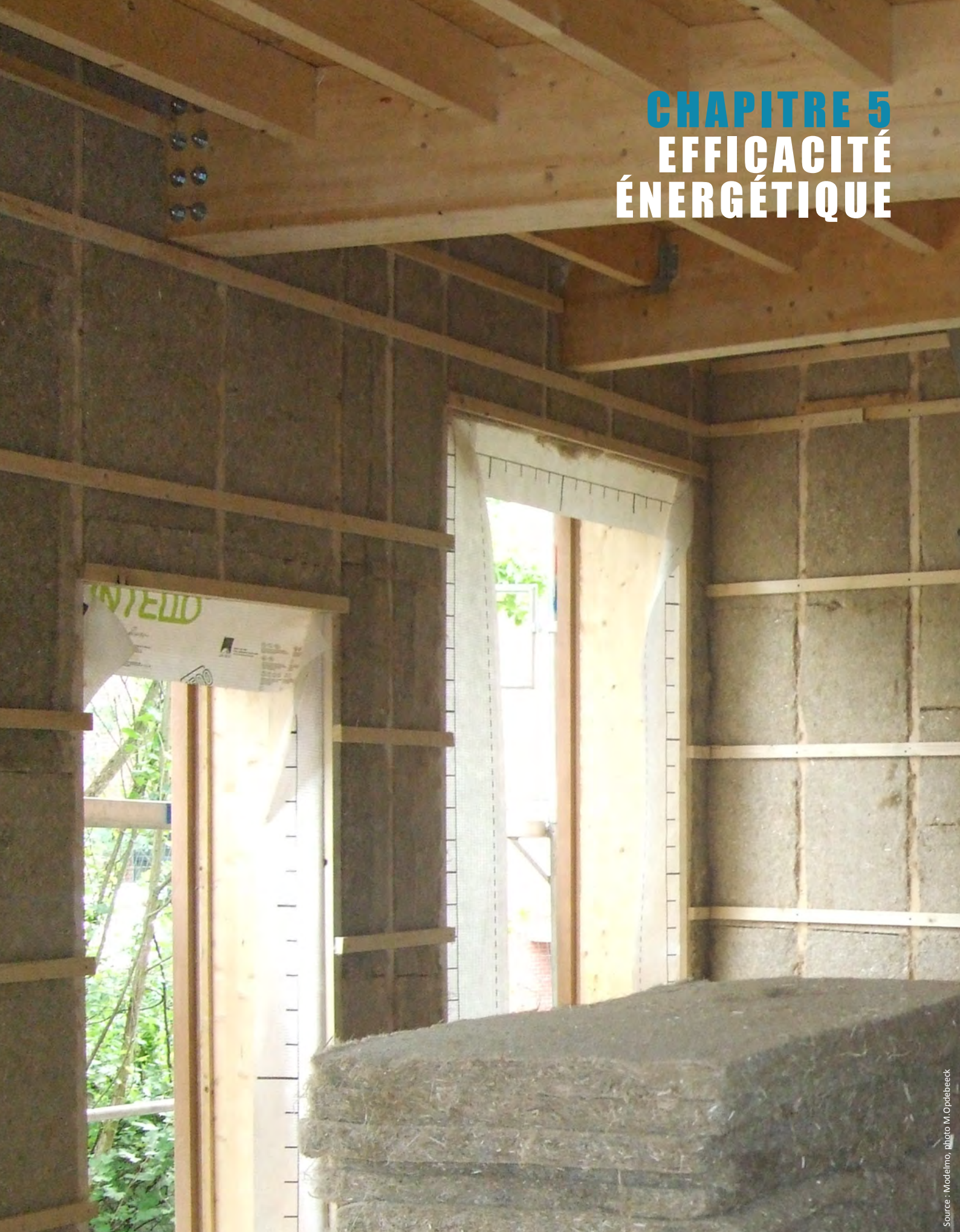
- SERVICE PUBLIC FÉDÉRAL ÉCONOMIE, Enquête socio-économique générale de 2001
- MINISTÈRE DE LA RÉGION WALLONNE (MRW), DIRECTION GÉNÉRALE DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE, DU LOGEMENT ET DU PATRIMOINE (DGATLP), DIVISION DU LOGEMENT, Enquête sur la qualité de l'habitat en région wallonne, 2006-2007
- D. VANNESTE, I. THOMAS, L. GOOSSENS - BRUXELLES, enquête socio-économique 2001 - monographie « le logement en Belgique » - spf économie, direction générale statistique et information économique (dgsie), politique scientifique fédérale - 2007  
[http://statbel.fgov.be/studies/mono\\_200102\\_fr.pdf](http://statbel.fgov.be/studies/mono_200102_fr.pdf)
- MINISTÈRE DE LA RÉGION WALLONNE (MRW), DGATLP, Enquête sur la qualité de l'habitat en région wallonne, 2006-2007
- I. THOMAS (GÉOGRAPHIE, UCL) ET D. VANNESTE (GEOGRAFIE, KU LEUVEN), AVEC LA COLLABORATION DE X. QUERRIAU, Politique scientifique fédérale - Enquête socio-économique générale 2001 - atlas de l'habitat - SPF Economie, Direction générale Statistique et Information Économique (DGSIE), 2004
- MINISTÈRE DE LA RÉGION WALLONNE (MRW), Schéma de développement de l'espace régional (sder), <http://developpement-territorial.wallonie.be/pages/Telechargements.html>
- ICEDD ASBL, atlas de wallonie 1998, Ministère de la Région wallonne (MRW), Direction générale Aménagement du territoire, Logement et Patrimoine (DGATLP), Namur, 1998
- B. MERENNE, H. VAN DER HAEGEN, E. VAN HECKE, La Belgique - diversité territoriale, Atlas établi à la demande des Services Fédéraux des Affaires scientifiques, techniques et culturelles (d'après les résultats du recensement de 1991)  
[http://www.belspo.be/belspo/home/publ/pub\\_ostc/recens/fr003.pdf](http://www.belspo.be/belspo/home/publ/pub_ostc/recens/fr003.pdf)
- ICEDD ASBL, Bilan énergétique wallon 2005 - consommations du secteur logement 2005, Ministère de la Région wallonne (MRW), Direction générale des Technologies, de la recherche et de l'Énergie, 2007
- CERA, CENTRE D'ÉTUDE DE RECHERCHE ET D'ACTION EN ARCHITECTURE ASBL, l'application des principes de la maison passive en région de bruxelles-capitale, 2008  
<http://www.ceraa.be>
- R. SCHOONBRODT, Sociologie de l'habitat social - comportement des habitants et architecture de cités, Éditions des Archives d'Architecture Moderne, Bruxelles, 1979
- R. SCHOONBRODT, Essai sur la destruction des villes et des campagnes, éditions Pierre Mardaga, Bruxelles, 1987
- MINISTÈRE DE LA RÉGION WALLONNE (MRW), DIVISION GÉNÉRALE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE L'ENVIRONNEMENT, L'état de l'environnement wallon - rapport analytique 2006-2007 et tableau de bord 2005
- J.-M. HAUGLUSTAINÉ, F. SIMON, C. BALTUS ET S. LIESSE, La rénovation et l'énergie - guide pratique pour les architectes, ministère de la Région wallonne (MRW), DGTRE, 2002
- MINISTÈRE DE LA RÉGION WALLONNE (MRW), DGRNE, Plan wallon des déchets - horizon 2010, <http://environnement.wallonie.be/>
- COORDINATEUR G. WALLENBORN, PROMOTEURS C. ROUSSEAU (CRIOC) ET K. THOLLIÉ (ICEDD), Détermination de profils de ménages pour une gestion plus efficace de la demande d'énergie, Politique scientifique fédérale, Bruxelles, 2006  
<http://www.belspo.be/belspo/fedra/proj.asp?l=fr&COD=CP/50>
- MINISTÈRE DE LA RÉGION WALLONNE (MRW), CONFÉRENCE PERMANENTE DE DÉVELOPPEMENT TERRITORIAL, UCL (CREAT) ET UNIVERSITÉ DE LIÈGE (LEPUR), Contribution du développement territorial à la réduction de l'effet de serre - évaluation des mesures liées aux bâtiments à partir du modèle opti-maisons, 2005
- S. COURGEY et J.-P. OLIVA, La conception bioclimatique - des maisons confortables et économes en neuf et en réhabilitation, Terre vivante, Mens, France, 2006
- I. THOMAS, D. VANNESTE, I. LAUREYSSEN, Évaluation de l'état du logement. Une proposition méthodologique - Les Échos du Logement, n° 5/2005, MRW-DGATLP, p. 1-16

- I. THOMAS, X. QUERRIAU, D. VANNESTE, De quel bois se chauffent les Belges ? Analyse des disparités spatiales - Les Échos du Logement, n° 4/2006, MRW-DGATLP, p. 1-15
- SITE DE LA DGATLP, Salubrité :  
<http://mrw.wallonie.be/DGATLP/DGATLP/Pages/Log/Pages/SalLog/SalLog.asp>
- SOCIÉTÉ CANADIENNE D’HYPOTHÈQUE ET DE LOGEMENT, Rénovation éconergétique des logements, <http://www.cmhc-schl.gc.ca/fr/co/relo/reec/index.cfm>
- IWEPS, Institut wallon de l'évaluation de la prospective et de la statistique  
<http://statistiques.wallonie.be/>
- PORTAIL DE L'ÉNERGIE EN WALLONIE, <http://energie.wallonie.be/fr/la-reglementation-peb.html?IDC=6232>
- C. KINTS, A. DE HERDE, La rénovation énergétique et durable des logements wallons, analyse du bâti existant et mise en évidence de typologies de logements prioritaires, Service public de Wallonie - Département de l'énergie, 2010



# CHAPITRE 5

## EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE



Source : Modelimo - photo M. Opdebeek

# 1. RÉFLEXION ARCHITECTURALE GLOBALE

## 1.1 Stratégies d'habitation et d'occupation

Habiter, c'est consommer de l'espace et de l'énergie.

### ● À l'échelle d'un territoire

Construire une maison neuve dans un endroit isolé en conservant tout le « confort moderne » et une mobilité importante semble encore représenter pour beaucoup la forme d'habitat idéal. C'est pourtant cette forme d'habitat qui sous couvert de vivre à proximité de la nature, consomme le plus d'espace et d'énergie.

Les surcoûts de l'étalement périurbain tiennent au double mouvement de dédensification et de dispersion, la première composante étant liée à la production de très vastes parcelles, la seconde à la localisation diffuse de ces parcelles.

Le coût financier et environnemental de cette désurbanisation est pour le moment externalisé, c'est-à-dire supporté par la collectivité à +/-50%.<sup>1</sup> Les surcoûts les plus importants déterminés par ce processus d'urbanisation périphérique ne prendront leurs pleines mesures que dans quelques décennies, lorsque le prix de l'énergie aura fortement augmenté et que les équipements (routes, réseaux d'égouts, réseaux de distributions, équipements collectifs) liés à la trame périurbaine exigeront de vastes programmes de rénovation et de remplacement. Même en faisant l'hypothèse que les maisons neuves qui seront construites dans ces zones soient très économes en eau potable et en énergie (standard passif) et que les déplacements en voiture individuelle soient réduits au minimum,<sup>2</sup> ce type d'implantation ne pourra survivre que si les habitants ont la capacité d'en payer les coûts réels ou si une politique de densification de ces zones est encore possible.

La rénovation basse énergie de logements anciens dans des zones à plus forte densité bâtie est une nécessité et apparaît comme un optimum entre le coût financier et le retour environnemental global pour les raisons suivantes :

- la présence de services de proximité (commerces, écoles, administrations, soins de santé) qui permet de réduire voire de supprimer l'emploi de la voiture individuelle.
- la proximité et la viabilité de transports en commun (train, tram, bus).
- les distances réduites permettent une mobilité douce (déplacements piétons et cyclistes).
- le niveau de compacité souvent important des bâtiments à réhabiliter.
- le caractère mitoyen d'un grand nombre de constructions anciennes.
- le recyclage du bâti existant permet la mise en œuvre d'une quantité moins importante de matériaux qu'en construction neuve, ce qui améliore le bilan en énergie grise.

Le potentiel de réduction de l'énergie d'utilisation (chauffage) en rénovation est souvent moins élevé que pour une construction neuve, mais est globalement compensé par les facteurs repris ci-dessus.

<sup>1</sup> Jean-Marie Halleux, Service de géographie économique,

LES COÛTS DE LA DÉSUBANISATION EN TERMES D'ÉQUIPEMENTS ET DE SERVICES COLLECTIFS.

<sup>2</sup> Faire 13 km en voiture tous les jours pendant un an produit autant de CO<sub>2</sub> que le chauffage d'une maison passive de 190 m<sup>2</sup> pendant un an. (hypothèses : consommation de la voiture : 4,9 l/100 km et maison passive chauffée au gaz naturel).

Catherine Massart - Architecture et climat, Guide pour la conception de maisons neuves durables.

## ● À l'échelle d'un logement

Quelles sont les mesures architecturales qui peuvent être prises en amont des mesures d'amélioration thermique dans les logements existants ?

*Réduire le volume chauffé et la surface de l'enveloppe du bâtiment en contact avec l'ambiance extérieure.*

Les garages, les caves, les locaux techniques, les cages d'escalier et espaces communs ainsi que les trémies d'ascenseurs peuvent être des locaux non chauffés. Les parois en contact avec ces espaces non chauffés devront être isolées, mais le bilan thermique sera plus favorable que si elles étaient en contact direct avec l'ambiance extérieure.

En cas de réorganisation importante d'un immeuble, ces locaux seront dans la mesure du possible complètement rejetés à l'extérieur de l'enveloppe chauffée, améliorant la compacité du bâtiment. Les portes entre ces volumes et l'espace chauffé devront être considérées comme des portes extérieures.



Chauffage de la totalité du bâtiment



Exclusion des caves et des locaux techniques

*Réfléchir à la manière dont le logement est occupé.*

La maison ou le logement est-il complètement occupé, combien de personnes y vivent-elles en permanence ? S'agit-il d'un ménage avec enfants, d'une famille monoparentale ou d'une personne retraitée vivant seul et propriétaire de sa maison ?

A priori, il vaut mieux prendre les mesures d'amélioration du confort thermique les plus larges possibles qui resteront efficaces même en cas de changement d'affectation ou de modification de la distribution du logement. Cela revient à améliorer de manière globale l'enveloppe du bâtiment.

Dans certains cas, il vaut cependant mieux choisir une autre voie.

Quand une maison est occupée à moins de 50 % et ce pour une longue période, les améliorations thermiques pourront être concentrées dans les zones réellement occupées. Le volume protégé sera limité aux pièces couramment occupées ; les planchers, plafonds et murs en contact avec les surfaces peu ou pas occupées seront isolés thermiquement. Ces espaces seront chauffés uniquement pour les préserver du gel. Ces mesures partielles permettent d'arriver à une bonne performance énergétique avec un budget beaucoup plus restreint. Elles devront être conçues pour pouvoir être étendues à l'ensemble de l'enveloppe lorsque l'occupation changera. Ce cas de figure se rencontre fréquemment chez des personnes isolées propriétaires d'une maison.



Source Modelmo, photo M. Opdebeeck

Quand le bâtiment est très grand, présente un volume important ou un caractère patrimonial et ne peut être subdivisé en plusieurs logements, il peut être intéressant de créer une seconde enveloppe d'un volume plus restreint à l'intérieur. Cette manière de faire permet de garder les façades intouchées et d'isoler la deuxième enveloppe sans rencontrer des contraintes importantes. Entre les nouveaux locaux protégés et l'ancienne enveloppe, une série d'espaces subsistent qui sont peu ou pas chauffés. Ces espaces pourront être investis lors de la bonne saison. Ces transformations auront un caractère plus permanent et permettront de pérenniser l'occupation du bâtiment. C'est le cas pour certaines architectures vernaculaires et pour des occupations non conventionnelles de type loft.

## 2. ENVELOPPE DES LOGEMENTS

Atteindre une performance énergétique et environnementale élevée signifie agir sur tous les éléments de l'enveloppe en contact avec l'ambiance extérieure, toitures, planchers sur sol, murs contre terre, façades, châssis. L'étude de conception architecturale du projet est menée en parallèle avec l'étude thermique. Cette dernière permet de simuler les performances des différentes techniques d'isolation, leur répartition et le choix des différentes épaisseurs à mettre en œuvre.

Les méthodes de calcul des études thermiques, qu'elles soient réalisées par le logiciel PEB de la région Wallonne<sup>3</sup>, par la feuille de calcul PHPP (Passive House Planning Package)<sup>4</sup> ou par un autre logiciel, ne seront pas abordées. Les principes et les différentes options de choix de conceptions en rénovation seront par contre mis en avant.

### 2.1 Quelques repères utiles pour pouvoir suivre

#### ● En thermique

Le coefficient  $\lambda$  (prononcé lambda) représente la conductivité thermique d'un matériau. Plus le  $\lambda$  est grand, plus le matériau est conducteur, plus il est petit, plus le matériau est isolant. Le  $\lambda$  est exprimé en Watts par mètre Kelvin (W/mK).

Le  $\lambda$  indique la performance d'un matériau en tant que matière (terre cuite, plâtre, laine minérale, etc.)<sup>5</sup>

Le coefficient R représente la résistance thermique d'un matériau pour une épaisseur donnée. Plus le R est grand, plus la couche est isolante. Le R se calcule en divisant l'épaisseur du matériau exprimé en mètres, par la valeur  $\lambda$ . ( $R = e/\lambda$ ). R est exprimé en mètre carré Kelvin par Watts ( $m^2K/W$ ).

La valeur R indique la performance d'un matériau pris en tant que produit (brique de 20 cm, carreau de plâtre de 10 cm, matelas de laine minérale de 12 cm, etc.)

Le coefficient U exprime la quantité de chaleur qui traverse un mètre carré d'une paroi pour une différence de température d'un degré entre les deux ambiances que sépare cette paroi. Plus U est faible, plus la paroi est isolante. U est exprimé en Watts par mètre carré Kelvin ( $W/m^2K$ ).

La valeur U permet de caractériser la performance thermique d'une paroi composée de plusieurs couches de matériaux (Le calculateur U<sup>6</sup>, ou le logiciel PHPP<sup>7</sup> permettent de calculer facilement les coefficients de transmission thermiques de parois complexes).

#### ● En hygrométrie

Le coefficient  $\mu$  (prononcé mu) indique dans quelle mesure une matière (terre cuite, plâtre, etc.) s'oppose à la diffusion de la vapeur d'eau. Par convention le  $\mu$  de l'air immobile est 1. Un matériau présentant un  $\mu$  de 20 signifie qu'il résiste 20 fois plus à la diffusion de vapeur d'eau que l'air.

Le coefficient Sd ou  $\mu_d$  de perméance à la vapeur d'eau indique dans quelle mesure un matériau (brique de 20 cm, carreau de plâtre de 10 cm) s'oppose à la diffusion de la vapeur d'eau.

<sup>3</sup> <http://energie.wallonie.be/fr/la-reglementation-peb.html?IDC=6232>

<sup>4</sup> <http://www.maisonpassive.be/>

<sup>5</sup> Un tableau comparatif des performances des différents isolants est repris en annexe en fin d'ouvrage (source Architecture et Climat - C. Massart)

<sup>6</sup> Le calculateur U est téléchargeable via le site de la région wallonne : [www.energie.wallonie.be](http://www.energie.wallonie.be) (tapez « calculateur U » dans le moteur de recherche)

<sup>7</sup> Le logiciel PHPP peut être acheté via la Plateforme Maison Passive : [www.maisonpassive.be](http://www.maisonpassive.be)

La valeur  $S_d$  s'obtient en multipliant le coefficient  $\mu$  par l'épaisseur en mètres du matériau. Le  $S_d$  est exprimé en mètres. Un matériau présentant un  $S_d$  de 50 m signifie qu'il exerce la même résistance à la diffusion de vapeur d'eau qu'une lame d'air immobile de 50 mètres de largeur. Pour les matériaux de très faible épaisseur comme les films et les membranes, seul la valeur  $S_d$  est donnée.

*Plus les valeurs  $\mu$  et  $S_d$  d'un matériau sont élevées, plus il s'oppose à la diffusion de la vapeur d'eau. Un matériau présentant un  $S_d$  de 1 à 10 m est classé comme freine-vapeur et est relativement perméant à la vapeur d'eau. Un matériau présentant un  $S_d$  de plus de 10 m sera considéré comme un pare-vapeur c.-à-d. fermé au transfert de vapeur d'eau.*

*Certains matériaux présentent des valeurs  $S_d$  très importantes variant de 1500 m à l'infini comme les revêtements métalliques et le verre, ils sont réputés étanches à la vapeur d'eau.*

## 2.2 Conception

La conception et la mise en œuvre de l'amélioration de l'enveloppe du bâtiment est probablement le travail le plus important à réussir dans le cadre d'une rénovation durable. Elle touche à la plupart des domaines qui sont éminemment du ressort de l'architecte comme la modification des ouvertures en façade, de leur profondeur, la conception des différentes épaisseurs de matériaux à mettre en œuvre et leur compatibilité avec ceux qui vont être conservés ainsi que le dessin des détails des différentes articulations entre les éléments qui constituent l'enveloppe.

Un éventail de solutions est possible et devra être confronté aux contraintes urbanistiques, architecturales et financières du projet. Il sera cependant préférable d'essayer de conserver une continuité dans la performance de l'isolation et ce pour l'ensemble de l'enveloppe.

### ● Les ouvertures de baies

La conception des ouvertures est liée à la notion du juste équilibre de la taille d'une fenêtre : assez grande pour la lumière et la vue (contact avec l'extérieur) mais pas trop, pour limiter les déperditions, ou protéger des surchauffes.

Ce dimensionnement énergétique doit cependant « composer » avec d'autres considérations : composition esthétique des façades, relation avec l'extérieur, proximité au domaine public (rue).

Les orientations entre le sud-est et le sud-ouest sont les plus avantageuses. Les grandes surfaces vitrées vers l'est ou l'ouest peuvent cependant entraîner des problèmes de surchauffe des locaux en raison de la position basse du soleil le matin et le soir.

Quand une redistribution des fonctions est possible, on essaiera d'orienter de préférence au nord les locaux à forts gains internes, tels que les cuisines, les bureaux, pour limiter les gains solaires dans ces locaux.

Ne nous leurrions cependant pas, dans la plupart des projets de rénovation les baies de fenêtres ne seront que peu modifiées, c'est pourquoi toute modification importante devra être étudiée en ayant à l'esprit de limiter les surfaces vitrées à l'Est et à l'Ouest. Au sud, on pourra installer de plus grandes surfaces vitrées pour profiter de la chaleur en hiver, pour autant qu'une excellente protection solaire soit prévue.

## 2.3 Châssis

Le maintien, remplacement, transformation ou doublage des châssis dépendra

### De leur état et de leur type en regard de leurs performances thermiques :

- Le remplacement total de la fenêtre s'avère généralement être la solution la plus efficace et la plus avantageuse lorsque les performances thermiques, acoustiques, voire fonctionnelles (même obtenues par des réparations coûteuses ou techniquement difficiles) ne peuvent être garantis.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Francy SIMON et Jean-Marie HAUGLUSTAIN, La fenêtre et la gestion de l'énergie – guide pratique pour architecte, Ministère de la Région Wallonne, 2006.

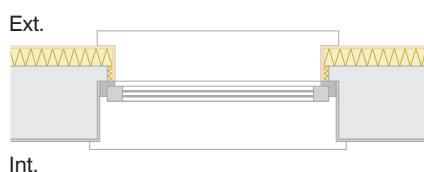
### Du contexte urbanistique et patrimonial :

Des solutions autres que le remplacement seront envisagées comme le doublage des châssis.

- Quand le bâtiment est classé ou repris à l'inventaire du patrimoine de Wallonie (30 000 biens concernés), les châssis ne pourront souvent qu'être remplacés à l'identique en maintenant le simple vitrage.
- Quand les châssis présentent un intérêt architectural en dehors de toute procédure de classement, ou qu'ils sont trop ouvragés pour être remplacés par des châssis plus performants de même apparence dans des budgets raisonnables.

### ● Maintient des châssis

Quand il s'agit d'un châssis récent (généralement de fabrication postérieure à 1995) à triple frappe avec double joint d'étanchéité et équipé d'un double vitrage Ug 1,1 W/m<sup>2</sup>K, il pourra être conservé lorsque la performance énergétique exigée en rénovation est supérieure ou égale à 60 kWh/m<sup>2</sup>.an. Dans le cas où les châssis existants restent en place et que la façade est isolée par l'extérieur, il est important de retourner l'isolant sur les bâtées pour que l'isolation soit la plus continue possible et que la façade soit exempte de ponts thermiques au droit des baies. L'épaisseur de ce retour est limitée au 2 ou 3 cm de la largeur visible du dormant du



châssis en façade. La batée devient aussi plus profonde, ce qui contribue à limiter l'apport solaire naturel. L'avantage de cette mise en œuvre est que seul le seuil, qui sera placé sur un isolant incompressible, devra être remplacé. L'étanchéité à l'air du châssis sera revue et complétée par des bandes autocollantes prévues à cet effet.

### ● Remplacement des châssis

Les châssis en acier ou en aluminium même s'ils présentent des coupures thermiques sont moins performants thermiquement. En plus de leur prix élevé, ils sont plus sensibles à l'apparition de la condensation que les châssis bois ou en PVC<sup>9</sup>. Si pour des raisons esthétiques ou d'entretien, des châssis en aluminium sont quand même préconisés, il faut alors privilégier des châssis bois recouverts d'aluminium sur la face extérieure. Ils seront équipés en double



ou triple vitrage suivant la performance à atteindre. Dans le cas où les châssis sont remplacés et que l'isolation de la façade se fait par l'extérieur, la mise en œuvre de manière plus performante des baies peut être envisagée. Les châssis doivent idéalement être posés dans le plan ou dans un plan proche de celui de l'isolant. Cela permet de gagner de 2 à 3 kWh par m<sup>2</sup>.an sur l'ensemble du bâtiment à isoler ce qui représente une économie de +/-90 m<sup>3</sup> de gaz par an pour un bâtiment de 300 m<sup>2</sup>.

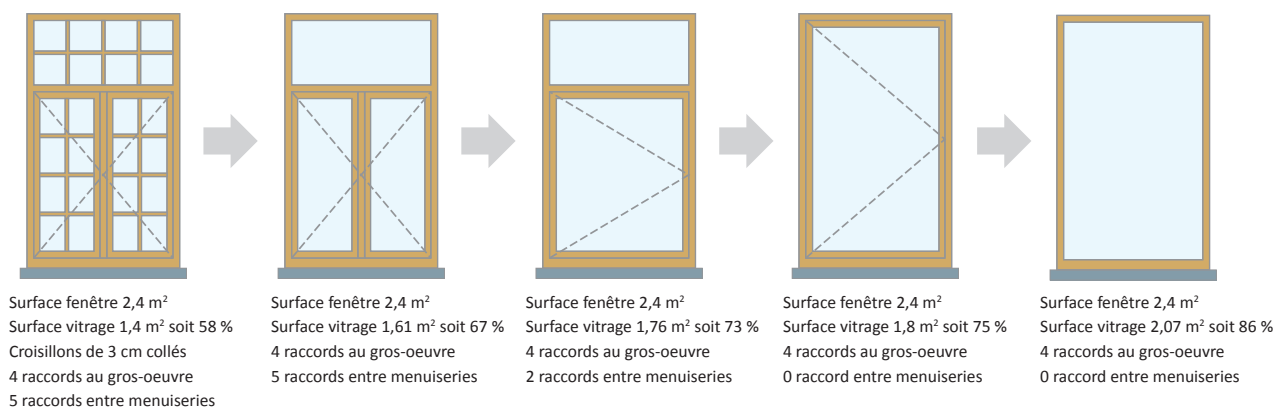
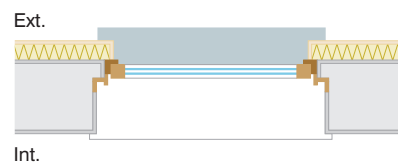
Une mise en œuvre consiste à placer le châssis dans l'ouverture de la batée et non derrière comme traditionnellement. L'isolant vient alors se placer devant le dormant du châssis et forme une nouvelle batée. Dans ce cas, le seuil et la tablette de fenêtre intérieure doivent être remplacés. Les seuils qui ne reposent plus que sur quelques centimètres de façade seront soutenus par des équerres métalliques noyées dans l'épaisseur de l'isolant. Notons que cette mise en œuvre fait perdre +/-10 cm en largeur aux châssis.

Une variante consiste à recouper les batées existantes pour permettre de garder la largeur de la baie originale. Dans ce cas, il faut vérifier que le linteau présente des encastresments dans la maçonnerie assez importants pour permettre la découpe de la batée. Si ce n'est pas le cas, il faudra remplacer le linteau.

<sup>9</sup> La fabrication du PVC pose question, sa combustion génère des dioxines et furannes et est soupçonnée de contribuer aux pluies acides.

Ces mises en œuvre commencent à avoir du sens lorsque la performance énergétique exigée en rénovation est inférieure ou égale à 60 kWh/m<sup>2</sup>.an

Dans l'ensemble châssis et vitrage, ce sont les montants des châssis qui présentent la résistance thermique la plus faible. Les doubles vitrages voient leur résistance thermique diminuer au droit des intercalaires qui maintiennent les feuilles de verre écartées. Il en ressort que la fenêtre la plus performante est celle qui présente la plus grande superficie de vitrage pour la plus petite surface de montant de châssis. La multiplication des divisions de châssis ne favorise donc pas leur performance. Lors du remplacement des châssis, il faut se demander si les croisillonages ont une véritable pertinence esthétique, si des fenêtres de taille moyenne présentant un double ouvrant et une imposte peuvent être remplacées par un simple ouvrant ou par un châssis fixe quand la baie est accessible sur les deux faces pour l'entretien et que la ventilation est par ailleurs assurée par d'autres moyens. D'une manière générale, une simplification des divisions des châssis conduit à une meilleure performance énergétique. Ces préoccupations doivent entrer en ligne de compte en rénovation quand la performance à atteindre est comprise entre 30 et 60 kWh/m<sup>2</sup>.an



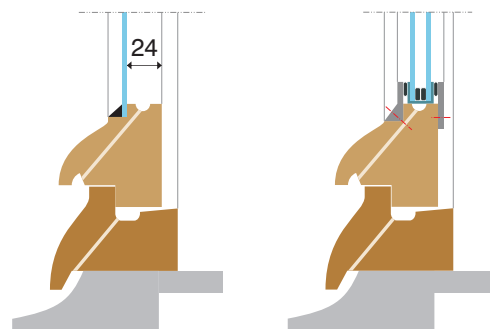
### ● Transformation des châssis

- Quand il s'agit d'un châssis relativement récent (d'après 1970) à double ou à triple frappe avec joint d'étanchéité et équipé d'un double vitrage de première génération (vitre, air, verre, Ug 2,8 W/m<sup>2</sup>K), seul le vitrage pourra être remplacé.
- Quand les châssis sont en bon état et relativement étanches (test du papier à cigarette), mais équipés d'un simple vitrage, il est envisageable de ne remplacer que le vitrage par un double vitrage performant et de faire placer des joints d'étanchéité adaptés.

### ✕ Le remplacement du vitrage (simple) par un vitrage plus isolant (double).

La pose d'un profil d'adaptation en bois ou en aluminium, en fonction du type de châssis, est souvent nécessaire, et pour éviter tout risque de détérioration du vitrage, il faut prévoir un drainage de la feuillure ainsi qu'un conduit d'évacuation des condensats.

La mise en œuvre d'un double vitrage n'est pas réalisable sur tous les châssis (profils en bois trop faibles, profils en PVC ou Alu impossibles à modifier). Dans ce cas, seule la pose d'un survitrage est possible. Le placement de doubles vitrages dans d'anciens châssis est moins performant que le remplacement des châssis. Le temps de retour sur investissement serait plus court, de 10 à 15 ans contre 15 à 25 ans pour le remplacement des châssis (au prix du gaz en 2009).<sup>10</sup>



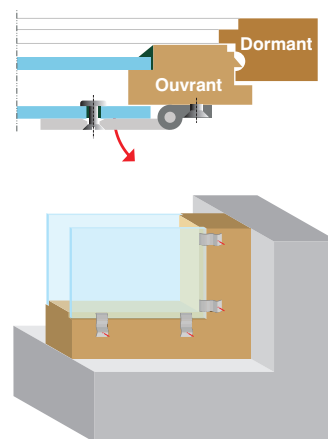
<sup>10</sup> Nicolas Vandernoot, Jérôme Bertrand, Dois-je vraiment remplacer mes anciens châssis (approches économiques, alternatives), Le Centre Urbain asbl.

### ✕ Placement d'un survitrage

Le principe du survitrage consiste à ajouter un verre supplémentaire à un simple vitrage. Ces deux vitres superposées et séparées par une couche d'air ont une efficacité thermique faible en regard des frais que la mise en place occasionne.

Il y a deux types de survitrages :

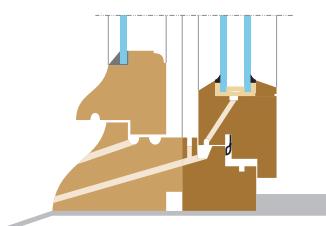
- le survitrage mobile : il est placé sur charnière et permet le nettoyage et l'élimination des condensations éventuelles
- le survitrage fixe : il est vissé ou collé sur le châssis existant, à déconseiller.



### ● Doublage des châssis

Cette technique de doubler le châssis existant par un second châssis permet d'obtenir des performances thermiques et acoustiques élevées. Le doublage de châssis s'effectue pour conserver le caractère patrimonial des façades. Elle est conseillée lorsque le châssis existant est en bon état et que la modification d'aspect de la fenêtre est acceptée à l'intérieur ou à l'extérieur selon l'endroit où a été placé le nouveau châssis (le plus fréquemment à l'intérieur).

La géométrie des châssis doit être bien étudiée pour que l'ouverture simultanée des deux châssis soit possible.



## 2.4 Les toitures

Après les châssis, les toitures à versants sont les éléments de l'enveloppe les plus fréquemment isolés en Wallonie, respectivement 60 % des toitures pour 81 % des châssis. C'est aussi l'élément qui présente la plus grande déperdition thermique par unité de surface. Comme pour les baies et les châssis, il faudra souvent tenir compte des éléments déjà isolés. Cependant à peine 10 % des toitures disposent d'un isolant supérieur à 12 cm d'épaisseur. Un complément d'isolation est souvent indispensable.

Traditionnellement, les toitures à versants des maisons, même récentes, sont composées d'une ossature en bois. Cette technique permet déjà de réduire les ponts thermiques à traiter vu la conductivité relativement basse de ce matériau. Les toitures à versants atypiques en béton armé, béton cellulaire ou panneaux sandwich constitués d'autres matériaux que le bois sont à rapprocher des toitures terrasses ou plates traitées plus loin.

On distingue aussi dans les toitures à versant, les toitures chaudes des toitures froides.

Dans le cas de la toiture chaude, l'isolation est placée le plus près possible de la couverture sans interposition d'une lame d'air ventilée. La toiture froide présente une couverture dont la sous-face est ventilée par une lame d'air, l'isolant est placé sous cette lame d'air. L'isolant peut-être posé sur, ou dans l'épaisseur du plancher de comble sous la toiture, la « lame d'air » correspond alors au volume des combles.

### ● Isolation des planchers de combles

La toiture froide fait partie des stratégies de réduction du volume chauffé. Elle permet de créer un espace grenier tampon, de réduire les surfaces à isoler, de permettre un entretien facile des charpentes et, des couvertures et dans le cas d'architectures vernaculaires, de ne pas modifier l'équilibre hygrométrique des anciennes charpentes composées de pièces de bois massives. Cette technique est le plus souvent appliquée dans des typologies de toiture à faible pente (moins de 30°) et en zone d'habitat peu dense où les combles ne sont pas ou peu habités.

La solution la plus simple consiste à déverser une couche importante d'un isolant en vrac entre les gîtes apparentes. La résistance du plafond du dernier niveau sous comble déterminera l'épaisseur qui pourra être mise en œuvre sans renforcement. Une membrane pare-vapeur ou freine-vapeur ne pourra être mise en œuvre côté ambiance chaude à l'étage inférieur sans démolir le plafond, elle sera mise en fond de caisson et remontera pour recouvrir les éléments porteurs. On optera pour un isolant présentant un volant hygroscopique important pour un faible poids comme la ouate de cellulose ou la chènevotte (chanvre en granulats). Il convient d'assurer la continuité de l'isolation par-dessus les murs de l'étage inférieur et de retourner un isolant sur les murs, gaines et conduits qui traversent le matelas d'isolant sur un mètre au moins pour neutraliser les ponts thermiques. L'isolant devra être mis en œuvre de manière à ne pas être en contact avec la couverture et à assurer la continuité de l'isolation aux nœuds constructifs. En l'absence d'un plancher, un grillage en mailles fines en fibres de verre sera mis en place en face supérieure pour interdire aux rongeurs l'accès à la masse de l'isolant.

Dans le cas où le parachèvement du plafond inférieur serait démolì, un écran freine ou pare-vapeur adapté, sera mis en œuvre sous la nouvelle finition suivant le caractère hygroscopique ou non de l'isolant choisi.

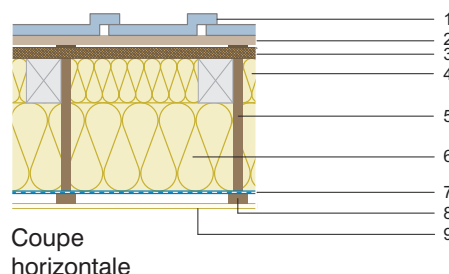
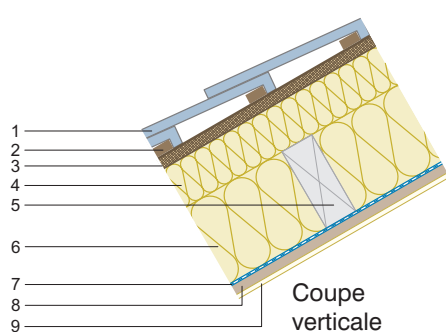
## ● Isolation par l'intérieur des toitures à versants

### ✕ Remplacement complet de la toiture hors structure

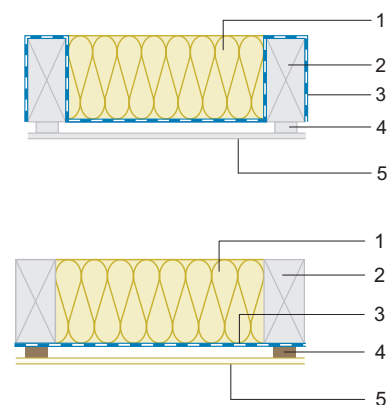
Lors d'une rénovation lourde de la toiture, seule la structure portante est conservée (fermes, pannes et chevrons). La couverture (tuiles, ardoises...), l'isolation obsolète de faible épaisseur et les éventuelles membranes pare-pluie, pare-vapeur et parachèvements seront démolìs. La nouvelle isolation sera la plus importante possible. Si la place disponible dans les combles le permet, elle pourra enrober complètement la structure portante (chevrons et pannes). On aura alors une épaisseur d'isolant variant entre 24 et 32 cm (selon la hauteur des pannes de 15, 18 ou 23 cm et un chevronnage de 9 cm). Les valeurs U seront respectivement de +/- 0,19 W/m<sup>2</sup>K à +/- 0,15 W/m<sup>2</sup>K pour un isolant  $\lambda$  0,04 W/mK.<sup>11</sup>

Mise en œuvre d'un **isolant minéral** (laine de roche, laine de verre)

Ce type d'isolant n'ayant pas un bon comportement à l'humidité, La membrane [7] posée côté ambiance chaude devra être une membrane suffisamment **pare-vapeur**.



Coupe horizontale



1. Isolant.
2. Structure existante.
3. Pare-vapeur ou freine-vapeur.
4. Lattesage pour pose de finition permettant la mise en œuvre du câblage électrique.
5. Finition (carton-plâtre, fibro-plâtre, etc.).

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

1. Couverture en matériaux perméables à la vapeur d'eau (tuiles, ardoises, bardeaux, etc.).
2. Liteaux pour tuiles sur contre-lattesage permettant à l'eau de s'évacuer du pare-pluie.
3. Sous-toiture ou pare pluie en feutre de bois (ou en membrane microperforée).
4. Isolant entre chevrons.
5. Voligeage permettant la mise en œuvre de l'isolant en matelas ou servant de caissons pour l'insufflage d'un l'isolant en vrac.
6. Isolant entre pannes.
7. Membrane pare ou freine-vapeur.
8. Lattesage pour pose de finition permettant la mise en œuvre du câblage électrique.
9. Finition (carton-plâtre, fibro-plâtre, etc.).

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

<sup>11</sup> L'obligation légale pour les toitures de maisons neuves impose un U = 0,3 W/m<sup>2</sup>K dans le cadre de la PEB (à partir de mai 2010).

Mise en œuvre d'un **isolant synthétique** (polystyrène expansé PSE, polystyrène extrudé XPS, polyuréthanes PUR)

La membrane [7] côté ambiance chaude n'est en théorie pas nécessaire puisque ces isolants sont très fermés au transfert de vapeur d'eau. Il faudra cependant qu'ils soient placés en plusieurs couches, avec joints alternés et que les jointures et les raccords aux autres ouvrages soient rendus étanches par des bandes autocollantes. Si cette exécution n'est pas possible, il faudra appliquer une membrane suffisamment **pare-vapeur** sur l'ensemble.

Mise en œuvre d'un **isolant végétal** (cellulose, fibre de bois, chanvre, etc.)<sup>12</sup>

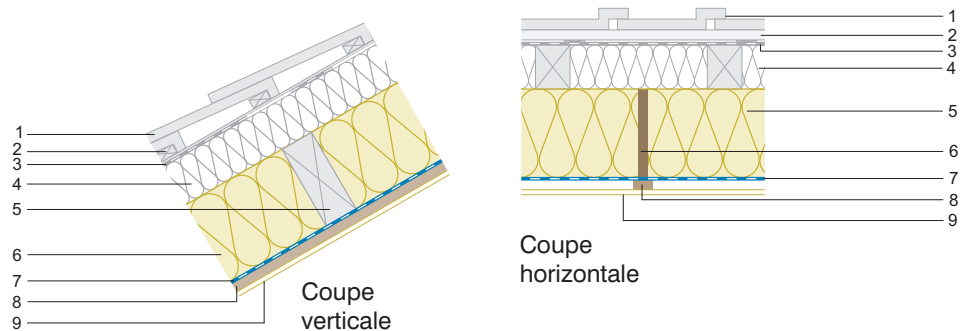
La membrane [7] posée côté ambiance chaude pourra être une membrane freine-vapeur. Le principe de perméabilité croissante à la vapeur d'eau devra être respecté de l'intérieur vers l'extérieur pour chaque élément constitutif de la toiture. La règle du 5 pour 1 pour un dimensionnement des résistances à la vapeur d'eau sera appliquée.<sup>13</sup> Elle prescrit de mettre en place côté intérieur de la toiture un matériau présentant une résistance à la diffusion de la vapeur d'eau 5 fois plus importante que du côté extérieur. Dans la pratique, cela signifie que plus un pare-pluie (ou une couche vers l'extérieur) affiche une valeur Sd importante, plus la membrane du côté intérieur devra être fermée à la vapeur (Sd élevé). En aucun cas la valeur Sd du freine-vapeur ne pourra être inférieure à 1 m. Dans l'éventualité où la perméabilité croissante des matériaux ainsi que la règle du 5 pour 1 ne pourraient être respectées, il est possible de mettre en œuvre une membrane dite intelligente, dont la perméabilité s'adapte en fonction des conditions ambiantes et qui peut convenir à des situations plus sévères. Cette membrane plus onéreuse sera d'un grand secours lorsque les couvertures ainsi que des isolants déjà en place doivent être conservés.

### ✕ Remplacement partiel de la toiture

Pour des bâtiments plus récents, les couvertures sont souvent encore en très bon état et nous nous trouvons en présence de toitures faiblement à moyennement isolées. Dans ce cas, seul le parachèvement intérieur sera démoli. L'isolation existante sera contrôlée pour vérifier si elle ne présente pas des traces de dégâts des eaux ou de condensation (principalement pour les isolations minérales). Si l'isolant est en bon état et d'une épaisseur d'au moins 8 cm, il pourra être conservé. L'ancien pare-vapeur sera déposé s'il n'est pas solidaire de l'isolant ou

1. Couverture existante en matériaux perméables à la vapeur d'eau (tuiles, ardoises, bardeaux, etc.).
2. Liteaux pour tuiles sur contre-lattage permettant à l'eau de s'évacuer du pare-pluie.
3. Sous-toiture ou pare pluie existant.
4. Isolant conservé.
5. Voligeage permettant la mise en œuvre de l'isolant en matelas ou servant de caissons pour l'insufflage d'un isolant en vrac.
6. Isolant entre pannes.
7. Membrane pare ou freine-vapeur.
8. Lattage pour pose de finition permettant la mise en œuvre du câblage électrique.
9. Finition (carton-plâtre, fibro-plâtre, etc.).

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*



incisé horizontalement entre porteurs tous les 10 cm s'il l'est, de manière à le neutraliser. Une couche additionnelle d'isolant sera mise en œuvre sous la couche déjà existante.

La pose d'une couche d'isolant supplémentaire de même nature sur un isolant existant ne pose généralement pas de problèmes. Les recommandations de mise en œuvre des membranes pare-vapeurs seront les mêmes que pour le remplacement complet de la toiture hors structure.

<sup>12</sup> Les isolants à base de fibres d'origine animale (principalement la laine de mouton) ne sont pas explicitement cités, leurs performances et leur comportement sont proches des isolants à base de fibres végétales.

<sup>13</sup> British Standard BS 5 250.

La pose d'un isolant végétal sous une laine minérale n'est pas contre-indiquée. Dans la pratique c'est un cas de figure fréquent, car il est intéressant de profiter des avantages en termes de confort que procurent ces types d'isolants hygroscopiques en conservant le plus possible les ouvrages existants. Les valeurs  $\mu$  des deux types d'isolants sont proches et même un peu plus élevées pour certains isolants végétaux, ce qui renforce le principe de la croissance de la perméabilité de la vapeur d'eau de l'intérieur vers l'extérieur.

En cas de mise en œuvre par insufflation du matelas complémentaire, il faut vérifier que la résistance à la compression de l'isolant existant est suffisante pour qu'il ne soit pas écrasé.

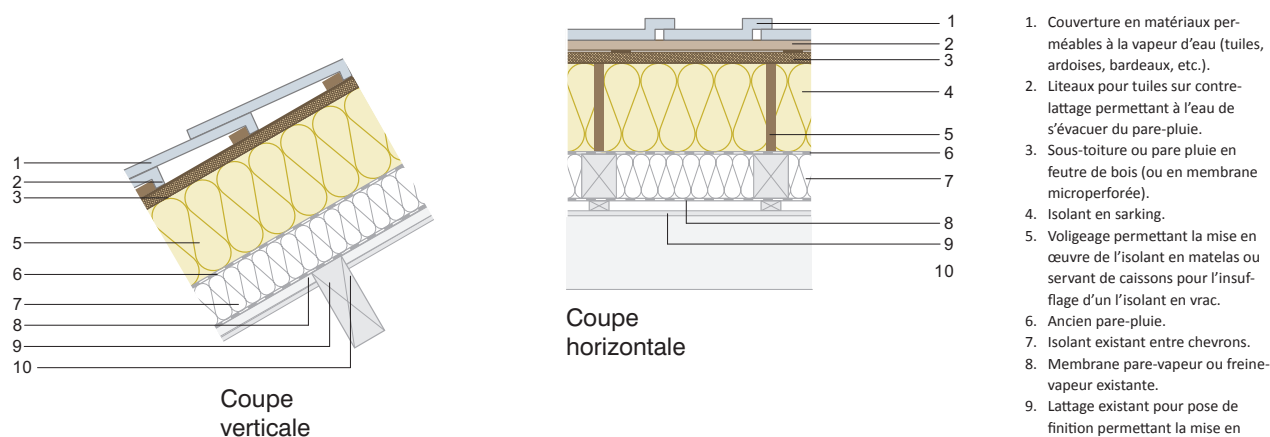
Les anciens pare-pluie [3] en feuilles polymères qui sont conservés sont souvent assez étanches à la vapeur d'eau. Dans l'ignorance de la valeur Sd du pare-pluie ou dans le cas où elle serait plus élevée ( $Sd > 3$  m), il est recommandé de placer un freine-vapeur intelligent côté intérieur de la toiture [7].

La pose d'une laine minérale ou végétale sous un isolant synthétique est à **proscrire**.

### ● Isolation par l'extérieur des toitures à versants

Lorsqu'il n'est pas envisagé de démolir les parachèvements intérieurs en toiture ou que la couverture est le seul élément en mauvais état, l'isolation du rampant de toiture peut-être envisagé par l'extérieur. Cette méthode d'isolation aussi appelée « sarking » permet la mise en œuvre d'importantes épaisseurs d'isolants de toiture sans grandes interventions à l'intérieur du bâtiment. Ce type de mise en œuvre est peu adapté à la rénovation de toitures de maisons mitoyennes anciennes. Une rehausse importante pose le problème d'un raccord harmonieux avec les toitures voisines, la présence d'une lucarne rend l'opération pratiquement impossible sans démontage et remontage de celle-ci. C'est cependant une solution avantageuse quand le bâtiment à rénover est enserré par des gabarits plus importants. Les gouttières, chéneaux et fenêtres de toiture devront être rehaussés pour se raccorder au nouveau plan de toiture. Si elle est en bon état, la couverture pourra être déposée et reposée permettant une économie importante sur ce poste.

La méthode « sarking » est plutôt adaptée aux constructions relativement récentes à quatre façades, aux toitures simples et sans lucarnes.



1. Couverture en matériaux perméables à la vapeur d'eau (tuiles, ardoises, bardeaux, etc.).
2. Liteaux pour tuiles sur contre-lattage permettant à l'eau de s'évacuer du pare-pluie.
3. Sous-toiture ou pare pluie en feutre de bois (ou en membrane microperforée).
4. Isolant en sarking.
5. Voligeage permettant la mise en œuvre de l'isolant en matelas ou servant de caissons pour l'insufflage d'un l'isolant en vrac.
6. Ancien pare-pluie.
7. Isolant existant entre chevrons.
8. Membrane pare-vapeur ou freine-vapeur existante.
9. Lattage existant pour pose de finition permettant la mise en œuvre du câblage électrique et finition existante (carton-plâtre, fibro-plâtre, etc.).
10. Structure portante existante en bois (pannes).

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

Dans tous les cas, la pose d'un isolant complémentaire par l'extérieur doit être accompagnée d'une vérification de l'état et de la bonne mise en œuvre de l'écran pare-vapeur mis en œuvre sous l'isolation existante. Si le pare-vapeur est en mauvais état ou qu'il n'y a pas moyen d'en vérifier la présence ou l'état, une nouvelle membrane pare-vapeur pourra être posée entre l'isolant à conserver et la post-isolation par l'extérieur, à condition que la nouvelle isolation soit au moins 3 fois plus importante que celle déjà en place. Cette règle est d'application pour les isolants minéraux et végétaux.

La pose d'une couche d'isolant supplémentaire de même nature sur un isolant existant ne pose généralement pas de problèmes, la pose d'un isolant végétal ou minéral sur un isolant synthétique non plus.

La pose d'un isolant végétal sur un isolant minéral est aussi possible. Les fonds des caissons d'une éventuelle nouvelle structure posée sur les anciens chevrons seront perméable à la vapeur d'eau dans le cas où un pare-vapeur existe côté ambiance chaude de l'isolant existant. Des panneaux de fibre de bois ou des panneaux en multiplex ou OSB conviennent.

La pose d'un isolant synthétique sur un isolant minéral ou végétal est à **proscrire**.

### ● **Les toitures terrasse**

Les toitures terrasse ou toitures plates (à très faible pente) se rencontrent principalement en couverture d'annexes de bâtiments anciens et en couverture principale de bâtiments depuis les années 1920-1930 jusqu'à aujourd'hui.

Ces toitures étaient avant la seconde guerre mondiale composées de gîtages non isolés recouverts de voligeages et de couvertures en zinc ou en cuivre soudé. Au fil du temps, les revêtements métalliques ont été recouverts par des membranes asphaltiques.

Les toitures construites après guerre sont pour la plupart en béton armé non isolées ou faiblement isolées et recouvertes de membranes asphaltiques ou polymères.

### ✕ **Isolation par l'extérieur des toitures terrasse**

L'isolation de la toiture par l'extérieur ne permettra, dans la majorité des cas, qu'une isolation complémentaire de 6 à 10 cm avec des isolants en panneaux peu compressibles. Fréquemment utilisés: des isolants minéraux comme le verre cellulaire, des isolants synthétiques comme le polyuréthane haute densité, le polystyrène extrudé ou des isolants végétaux comme le liège expansé en panneaux. Certains isolants en fibre de bois peuvent aussi être utilisés, mais exigent une mise en œuvre parfaite des étanchéités sous peine de se dégrader rapidement. La pose d'une post-isolation par l'extérieur sur une toiture plate d'un bâtiment ancien ne diffère pas beaucoup de la pose de la même isolation sur une construction neuve.<sup>14</sup>

### ✕ **Isolation par l'intérieur des toitures terrasse**

Fortement déconseillée et considérée, il y a quelques années encore, comme un système dépassé pouvant causer des dégâts considérables dus à la condensation interne, la toiture terrasse isolée par l'intérieur fait un retour en force en rénovation.

Atteindre des performances thermiques élevées en rénovation sous entend de pouvoir isoler fortement l'ensemble de l'enveloppe du bâtiment. L'isolation des toitures terrasse par l'extérieur n'en permet qu'une isolation assez faible.

### ✕ **Toitures terrasse existantes en structure bois**

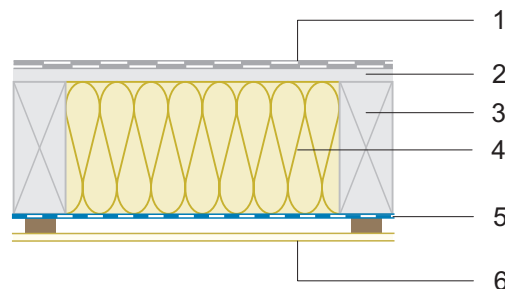
L'isolation entre gîtages permet, par contre, d'isoler ces toitures jusqu'à 3 ou 4 fois plus et d'utiliser toute une gamme d'isolants végétaux.

L'isolation des toitures terrasse, selon ce principe, ne répond pas à la règle de perméabilité croissante à la vapeur d'eau de l'intérieur vers l'extérieur, la membrane d'étanchéité bitumeuse ou polymère de toiture étant totalement fermée au transfert de vapeur d'eau. La mise en œuvre d'un tel complexe d'isolation doit nécessairement faire l'objet d'une attention particulière, surtout si elle est appelée à accueillir une toiture végétalisée, il est donc préférable de réaliser une analyse hygrothermique complète de la paroi. Il faudra au minimum mettre en œuvre un isolant présentant un volant hygroscopique important et placer un freine-vapeur intelligent. La mise en œuvre des écrans à la vapeur doit être effectuée avec grande rigueur,

<sup>14</sup> Francy SIMON et Jean-Marie HAUGLUSTAIN, La méthodologie de la rénovation des toitures et l'énergie – guide pratique pour architecte, Ministère de la Région Wallonne, 2006.



Source Modelmo, photo M. Opdebeeck



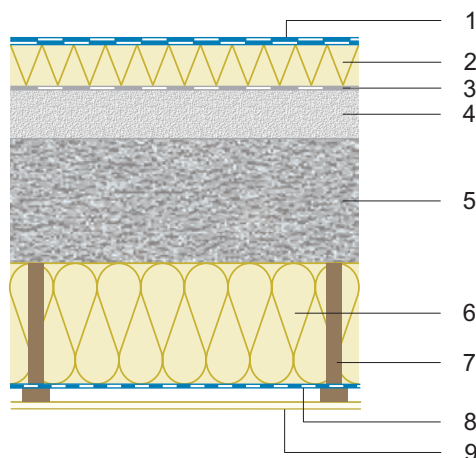
l'étanchéité à l'air doit être soignée, les détails de finition des pénétrations des gîtes dans les maçonneries doivent être étudiés et les éventuels percements doivent être faits dans les règles de l'art.<sup>15</sup>

L'isolation par l'intérieur des toitures en couvertures de feuilles métalliques serties (zinc, cuivre, aluminium, acier laqué) ou les toitures en panneaux sandwich à revêtement métallique sont des variantes de ce type de toiture. Là encore une vérification par calcul hygrothermique dynamique s'impose au cas par cas. Il est à noter que le fabricant de systèmes de couvertures métalliques impose parfois l'interposition d'une membrane spécifique entre son produit et le support de pose [2].

#### ✕ Toitures terrasse existantes en béton armé

Les toitures en béton armé peuvent aussi recevoir ce type d'isolation par l'intérieur. Contrairement aux toitures terrasse en bois, il n'y a pas de gain d'épaisseur en toiture car l'isolation doit être placée sur la face inférieure du plancher et son épaisseur va dépendre de la hauteur disponible sous le plafond du dernier niveau. L'isolation par l'intérieur va aussi faire perdre au logement le bénéfice de l'inertie procuré par la dalle de toiture. L'avantage de procéder à une isolation par l'intérieur est dans ce cas bien moins grand que pour une toiture terrasse en structure bois.

Si une isolation par l'intérieur s'avère indispensable, il faut avant tout s'assurer de la présence d'un isolant sur la face extérieure de la toiture et à défaut la faire mettre en œuvre. La dalle étant isolée par l'intérieur, les contraintes thermiques sont plus importantes que pour une toiture en béton armé classique et peuvent entraîner la fissuration du béton de pente et de l'étanchéité. La mise en place d'une isolation par l'extérieur et/ou d'une toiture végétalisée permet de réduire ce risque. Là encore une vérification par calcul aussi bien thermique qu'hygrométrique s'impose au cas par cas.



1. Étanchéité bitumeuse ou polymère existante.
2. Voligeage, panneaux de multiplex ou OSB existant.
3. Structure existante (gîtage bois).
4. Isolant présentant un volant hygroscopique important (par ex. laine de bois ou cellulose insufflée).
5. Freine-vapeur à hydroadaptation variable.
6. Lattage pour pose de finition permettant la mise en œuvre du câblage électrique et finition (carton-plâtre, fibro-plâtre, etc.).

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

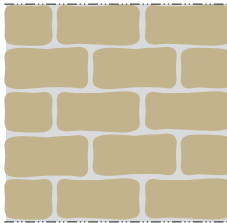
1. Nouvelle étanchéité bitumeuse ou polymère.
2. Isolation rigide peu compressible.
3. Ancienne étanchéité laissée en place.
4. Béton de pente existant.
5. Dalle de béton armé existante.
6. Isolant présentant un volant hygroscopique important (par ex. laine de bois ou cellulose insufflée).
7. Voligeage permettant la mise en œuvre de l'isolant en matelas ou servant de caissons pour l'insufflage d'un l'isolant en vrac.
8. Freine-vapeur à hydroadaptation variable.
9. Lattage pour pose de finition permettant la mise en œuvre du câblage électrique et finition (carton-plâtre, fibro-plâtre, etc.).

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

<sup>15</sup> Voir pg. 24

## 2.5 Les murs de façades

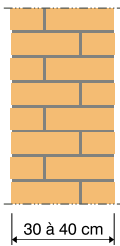
Dans les logements wallons, seuls 35 % des murs extérieurs disposent d'une isolation. Pourtant, ce sont souvent les murs qui représentent la surface de déperdition la plus importante, en tout cas pour les maisons quatre façades. 40 % des maisons en Wallonie sont des maisons quatre façades. De plus les épaisseurs d'isolation mise en œuvre sont assez faibles : à peine 16 % des murs isolés disposent de plus de 6 cm d'isolant. Leur isolation constitue donc un potentiel d'amélioration important.<sup>16</sup>



Les principaux modes constructifs utilisés dans les logements en région Wallonne

### Murs massifs

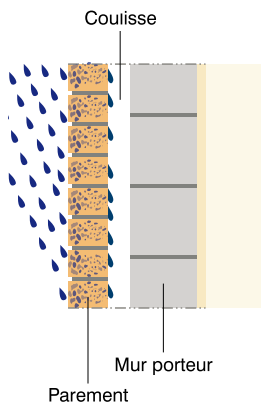
Les constructions de type vernaculaire (jusqu'au début du 20<sup>e</sup> siècle) sont généralement constituées de murs massifs très épais composés de matériaux issus des ressources locales : pierre, terre cuite, bois et torchis...



### Murs pleins en brique

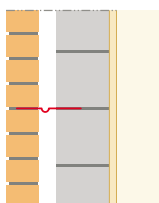
À la fin du 19<sup>e</sup> et au début du 20<sup>e</sup> siècle, les matériaux industriels (fonte, acier, béton, terre cuite hourdée...) commencent à se mêler aux matériaux traditionnels (pierre, brique, bois). Les murs pleins en briques sont la règle jusque dans les années 1950. Les façades présentent des détails de qualité (balcons, encadrements des baies en pierre, etc.), principalement dans les villes.

### Murs creux de « première génération »



Le mur creux est très utilisé dans les régions où les précipitations accompagnées de vent sont fréquentes, soit les pays du Nord de l'Europe occidentale (Belgique, nord-est de la France, Pays-Bas, Nord de l'Allemagne, Angleterre, Écosse et les régions autour de la mer Baltique). Ce mode constructif est très présent en Wallonie. Outre l'étanchéité qu'il assure face à l'eau de pluie battante, le mur creux permet de réaliser le côté apparent des façades en briques, dans le respect d'une certaine tradition constructive.

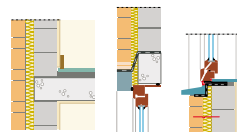
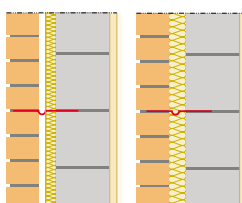
À l'époque de l'entre-deux-guerres, les murs creux apparaissent. La fonction porteuse et la fonction de protection contre les intempéries sont dissociées. Une lame d'air sépare le mur porteur du mur de parement mais des éléments en maçonnerie ou en béton les relient ponctuellement, créant des ponts thermiques et des risques d'infiltration.



### Murs creux de « deuxième génération »

Au cours des années 1970, le mur de parement est relié au mur porteur par des ancrages ponctuels en acier galvanisé, ce qui réduit les ponts thermiques.

### Murs creux isolés



À partir des années 1980, la coulisse de ces murs creux est de plus en plus souvent remplie d'isolation, soit de manière partielle, soit complètement.

<sup>16</sup> André De Herde, Arnaud Evrard et Aline Branders,

Isolation thermique par l'intérieur des murs existants en briques peines – Guide d'aide à la conception, Ministère de la Région Wallonne, 2010.

## ● Choix entre différents procédés d'isolation

L'isolation des murs extérieurs est complexe, surtout lorsqu'il s'agit d'une rénovation car le choix est souvent restreint par des aspects techniques, urbanistiques, patrimoniaux ou économiques.

Un mur de façade existant peut être isolé principalement selon trois procédés différents :

### ✕ Par l'extérieur

#### Avantages

- Continuité de l'isolant : supprime les risques de ponts thermiques locaux
- Amélioration de l'étanchéité de la façade
- Protège le mur du gel et de la fissuration
- Améliore l'aspect extérieur en cas de revêtement abîmé ou pas assez homogène
- Masse thermique et finitions intérieures préservées
- Pas de perte de surface habitable à l'intérieur

#### Inconvénients

- Modification de l'aspect extérieur et en mitoyenneté, modification de l'alignement des façades, nécessité d'introduire un permis d'urbanisme dans la plupart des cas
- Retours de baies doivent être isolés, seuils à remplacer, descentes d'eau à éloigner du plan de l'ancienne façade ou à remplacer, les corniches à adapter, etc.
- Nécessité de faire appel à une entreprise spécialisée et de placer un échafaudage
- Coût élevé

### ✕ Par l'intérieur

#### Avantages

- Aspect extérieur maintenu
- Réalisation sans échafaudages
- Plus grande diversité de choix des isolants
- Chantier à l'abri des intempéries
- Réalisation possible pièce par pièce : phasage du chantier et des dépenses
- Coût moindre
- Pas de permis d'urbanisme à introduire

#### Inconvénients

- Diminution de la surface habitable de 3 à 10 % selon la performance énergétique à atteindre
- Finitions intérieures (et éventuellement installations électriques ou de chauffage) à déplacer ou remplacer
- Augmentation des sollicitations hygrothermiques et risque de dégrader le potentiel de séchage du mur (augmentation des teneurs en eau, accumulation d'humidité possible, de gel, de fissuration de la maçonnerie et d'efflorescences de sels)
- Ponts thermiques difficiles à résoudre : risque de condensation superficielle et de formation de moisissures
- Diminution de l'inertie thermique, risque de surchauffe

### ✕ Par remplissage de la lame d'air dans le cas d'un mur creux

#### Avantages

- Finitions intérieures et extérieures conservées
- Pas d'encombrement
- Technique simple
- Coût moindre
- Pas de permis d'urbanisme à introduire

### Inconvénients

- Possible que si coulisse est suffisamment large (min. 4 cm) et régulière
- Pas applicable si le parement est peint ou émaillé : une couche étanche empêche l'évacuation de la vapeur d'eau
- Épaisseur d'isolation limitée
- Risque d'accentuation des ponts thermiques aux interruptions de la coulisse
- Refroidissement du mur de parement : potentiel de séchage réduit, risque de gel

Selon le contexte urbanistique et l'époque de construction, le choix s'orientera vers l'une ou l'autre technique. Il semble fort probable qu'à l'avenir, face à l'augmentation des exigences en matière de performance énergétique des bâtiments, les différents systèmes seront combinés lorsque la situation le permet.

**Pour les constructions anciennes**, d'avant 1960, présentant des murs massifs, l'isolation se fera par l'extérieur dès qu'elle est possible et par l'intérieur pour les façades à caractère patrimonial ou soumise à des règles d'alignement strict. Une distinction sera faite entre les bâtiments en maçonneries et planchers en gîtages et ceux construits avec des planchers en béton armé. Cette distinction portera principalement sur la façon de résoudre les ponts thermiques.

**Pour les constructions relativement récentes**, d'après 1960, présentant des murs à coulisse, on aura tendance à la remplir, tout en complétant par une isolation par l'extérieur et/ou une isolation par l'intérieur selon les possibilités.

Dans tous les cas, il est essentiel, avant de réaliser les travaux, de bien connaître les caractéristiques hygrothermiques et mécaniques des parois existantes et des matériaux rapportés et, ensuite, de s'assurer que la mise en œuvre est de qualité.

### ● Isolation des murs de façades des constructions anciennes (murs pleins)

#### ✕ Isolation par l'extérieur des murs de façades des constructions anciennes

Il existe trois typologies d'isolation par l'extérieur sur des anciens murs de façades.

- Les panneaux d'isolation recouverts d'un enduit avec une finition extérieure étanche à l'eau et perméable à la vapeur d'eau.
- Les panneaux ou matelas d'isolation protégés par un bardage (bois ou ardoises, lamelles métalliques ou synthétiques, revêtements métalliques en zinc, cuivre, aluminium, inox, etc.).
- Les panneaux ou matelas d'isolation protégés par un parement lourd appliqué avec une coulisse d'air ventilée. Ceci entraîne la nécessité de supporter ce parement soit par des ancrages en inox pour les parements en pierres, soit par un appui adéquat pour les parements en briques.

La présence d'une isolation thermique extérieure suffisamment épaisse et continue permet de supprimer tout risque de condensation à l'interface entre l'isolant et le mur porteur. Le risque de condensation dans l'isolant ou entre l'isolant et l'enduit extérieur ou le bardage est également négligeable pour autant que l'enduit soit perméable à la vapeur d'eau.

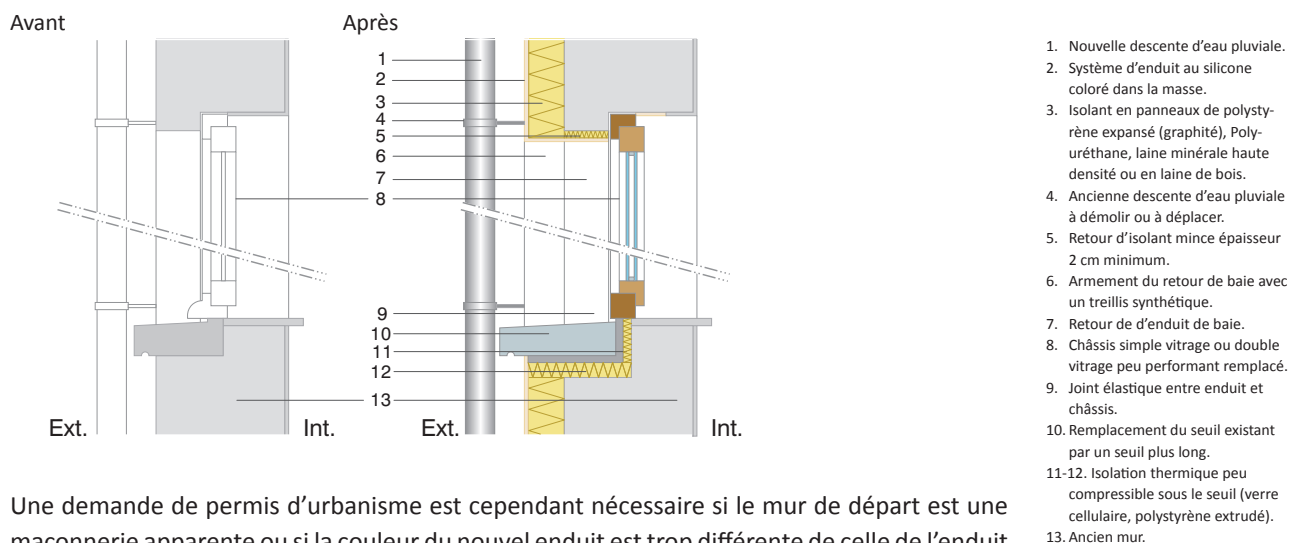
Dans tous les cas, le système doit permettre au phénomène de migration de vapeur d'eau (allant de l'ambiance intérieure vers l'extérieur) de se dérouler normalement :

soit en adoptant une finition extérieure perméable à la vapeur tout en étant imperméable à la pluie battante ; soit en aménageant une coulisse d'air ventilée entre l'isolant et la finition extérieure ; soit, dans le cas d'un revêtement extérieur imperméable à la vapeur, en plaçant un pare-vapeur sur la face intérieure du mur ou du côté chaud de l'isolant.<sup>17</sup>

<sup>17</sup> Francy SIMON et Jean-Marie HAUGLUSTAINÉ, La méthodologie de la rénovation des façades et l'énergie – guide pratique pour architecte, Ministère de la Région Wallonne, 2006.

## ✕ Les panneaux d'isolation recouverts d'un enduit

Les panneaux d'isolation recouverts d'un enduit permettent de remettre à neuf les façades en maçonneries cimentées tout en les isolant. C'est le cas de bon nombre de façades arrière de maisons mitoyennes en milieu urbain.



1. Nouvelle descente d'eau pluviale.
2. Système d'enduit au silicone coloré dans la masse.
3. Isolant en panneaux de polystyrène expansé (graphité), Polyuréthane, laine minérale haute densité ou en laine de bois.
4. Ancienne descente d'eau pluviale à démolir ou à déplacer.
5. Retour d'isolant mince épaisseur 2 cm minimum.
6. Armement du retour de baie avec un treillis synthétique.
7. Retour de d'enduit de baie.
8. Châssis simple vitrage ou double vitrage peu performant remplacé.
9. Joint élastique entre enduit et châssis.
10. Remplacement du seuil existant par un seuil plus long.
- 11-12. Isolation thermique peu compressible sous le seuil (verre cellulaire, polystyrène extrudé).
13. Ancien mur.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

Une demande de permis d'urbanisme est cependant nécessaire si le mur de départ est une maçonnerie apparente ou si la couleur du nouvel enduit est trop différente de celle de l'enduit de départ. Pour des façades sur l'intérieur d'un îlot ou les façades de modénature simples, le permis sera accordé dans la majorité des cas.

L'impact du prix de fourniture de l'isolant ne représente que 25 % à 30 % du prix total de mise en œuvre du revêtement de façade. Les autres coûts (armatures, enduit, échafaudages) restent quasiment identiques quelles que soit l'épaisseur et la performance de l'isolant placé. Il est dès lors intéressant de maximiser l'épaisseur et la performance de l'isolant.

Pour 6 cm d'isolant de  $\lambda$  0,032 W/mK appliqué sur un mur de 30 cm de maçonnerie, on aura une valeur U de +/- 0,40 W/m<sup>2</sup>K.<sup>18</sup> Pour 10 et 12 cm, les valeurs U seront respectivement de +/- 0,27 W/m<sup>2</sup>K et de +/- 0,23 W/m<sup>2</sup>K, valeurs à atteindre quand la performance globale doit être inférieure à 60 kWh/m<sup>2</sup>.an

La mise en œuvre consiste dans le placement de panneaux de polystyrène, de polyuréthane, de verre cellulaire, de laine minérale rigide haute densité ou de laine de bois compacte, collés et/ou fixés mécaniquement au support de façade existant [3]. Un enduit de finition armé d'un treillis synthétique est ensuite appliqué sur l'isolant [2]. Il est conseillé d'avoir recours à un système bénéficiant d'un agrément technique. Les isolants, les différents enduits de dressages et de finitions, ainsi que les éléments de renforts, devront provenir du même fabricant sous peine de perdre la garantie octroyée par celui-ci. Les enduits à base de résine de silicone sont réputés avoir l'élasticité et la ductilité suffisante pour éviter les fissures dues aux chocs thermiques. Pour les mêmes raisons, il est préférable que l'enduit soit de couleur claire. Plusieurs fournisseurs ne garantissent d'ailleurs pas la tenue de leurs enduits de teinte foncée quand ils sont placés sur des supports fortement exposés au soleil.

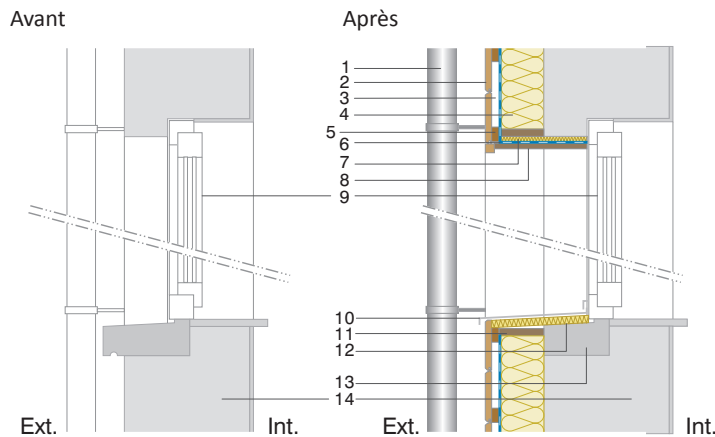
Autour des baies, l'isolation thermique doit être prolongée en 2 cm d'épaisseur au moins, jusqu'à la menuiserie afin de supprimer les ponts thermiques [6]. Les joints entre la fenêtre et l'enduit doivent être élastiques [7]. L'espace sous le seuil et à l'arrière du seuil, doit être isolé thermiquement par un isolant de 2 cm au moins [11] [12]. Pour cela, il faut démonter le seuil existant, déposer une couche d'isolant peu compressible remplissant complètement l'espace prévu entre le mur et le nouveau seuil. Celui-ci sera plus long suite à la pose de l'isolant en façade. Les descentes d'eau doivent soit être remplacés, soit démontés et replacés. Les raccords aux corniches et à l'égout horizontal devront être adaptés. Les raccords aux sols, aux plateformes et aux corniches seront repris dans la partie consacrée à la résolution des ponts thermiques.

<sup>18</sup> L'obligation légale pour les façades de maisons neuves impose un U = 0,4 W/m<sup>2</sup>K dans le cadre de la PEB (à partir de mai 2010).

### ✕ Les panneaux ou matelas d'isolation recouverts par un bardage

Les bardages isolés sont une alternative aux enduits sur isolants. Ils peuvent être mis en œuvre conjointement pour animer une façade ou en souligner les principales lignes de force. Les mêmes épaisseurs et performances d'isolants doivent être envisagées que dans le cas précédent.

Une demande de permis d'urbanisme est incontournable. L'acceptation des bardages en bois, en ardoises, en feuilles de métal ou en éléments synthétiques dépendra beaucoup de la qualité architecturale du projet et de son intégration dans le site. Il est cependant presque certain qu'elle ne sera pas validée en façade à rue dans un environnement urbain à caractère historique.



Source Modelmo, photo M. Opdebeeck

1. Nouvelle descente d'eau pluviale.
2. Bardage bois ou ardoises, lamelles métalliques ou synthétiques, revêtements en zinc, en inox, etc.
3. Écran pare-pluie hautement perméable à la vapeur d'eau.
4. Isolation de laine minérale ou végétale.
5. Structure de liteaux pour fixer le parement.
6. Retour d'isolant mince en panneaux rigide.
7. Ancienne descente d'eau pluviale à démolir ou à déplacer.
8. Cadre de baie en bois ou ardoises, lamelles métalliques ou synthétiques, revêtements en zinc, en inox, etc.
9. Châssis simple vitrage ou double vitrage peu performant remplacé.
10. Seuil métallique.
11. Isolation sous le seuil en panneaux rigide.
12. Élément de structure portante du bardage de façade.
13. Ancien seuil recoupé dans le plan de façade.
14. Ancien mur.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

La mise en œuvre consiste dans le placement d'une ossature en bois rapportée et fixée au support ancien [4]. Un isolant thermique est inséré entre ou sous les éléments de l'ossature [5]. Quand l'ossature interrompt l'isolant, il faut en tenir compte dans le calcul de la valeur U de la paroi. Un pare-pluie très perméable à la vapeur d'eau ( $S_d < 0,5 \text{ m}$ ) sera posé sur les isolants en laine minérale ou végétale [3]. Une lame d'air ventilée sera aménagée afin d'évacuer la condensation se formant au dos du bardage.

En bardage bois, il peut être intéressant de laisser les joints verticaux ou horizontaux ouverts (suivant le sens de pose) pour permettre une ventilation plus efficace du dos des planches permettant ainsi d'éviter une altération d'aspect trop rapide, souvent constaté, pour les bardages en éléments rainurés languetés [2].

Pour le retour de l'isolation au linteau et aux piédroits de baie [8], l'isolant est posé entre des lattes fixées au linteau et recouvert d'une finition compatible avec le matériau et le dessin de façade (cadres épais de baie de fenêtre pour les bardages bois, retours en zinc pour les bardages en ardoises, etc.). Une variante est de placer un isolant continu en panneaux rigides de fibre de bois sur lequel la finition est directement assujettie [6]. Au droit du seuil, l'isolant est placé dans l'espace disponible, après démontage du seuil d'origine. En variante, la partie du seuil dépassant le plan de façade peut-être sciée, un panneau de laine de bois recevant un seuil métallique (zinc ou aluminium) est directement placé dessus [13].

### ✕ Les panneaux ou matelas d'isolation recouverts par un parement en maçonnerie

Cette mise en œuvre revient à recréer le mur creux si répandu en construction neuve ces trente dernières années en Wallonie. Il s'agit d'une solution lourde, nécessitant la mise en place d'une fondation complémentaire ou la pose d'un support en console. Elle n'est possible que pour des maisons construites en recul de l'espace public et sans mitoyenneté (sauf si les maisons voisines adoptent le même système de rénovation). Le parement doit être accroché au support existant et il faut veiller au placement correct des membranes d'étanchéité. Il est conseillé de remplacer les châssis afin que ceux-ci se placent normalement dans la baie du mur creux isolé.<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Francy SIMON et Jean-Marie HAUGLUSTAIN, La méthodologie de la rénovation des façades et l'énergie – guide pratique pour architecte, Ministère de la Région Wallonne, 2006.

À l'exception de la pose d'un nouveau parement en maçonnerie ou en pierre, les post-isolations sous enduits et en bardages peuvent être mises en œuvre sans remplacer les châssis.

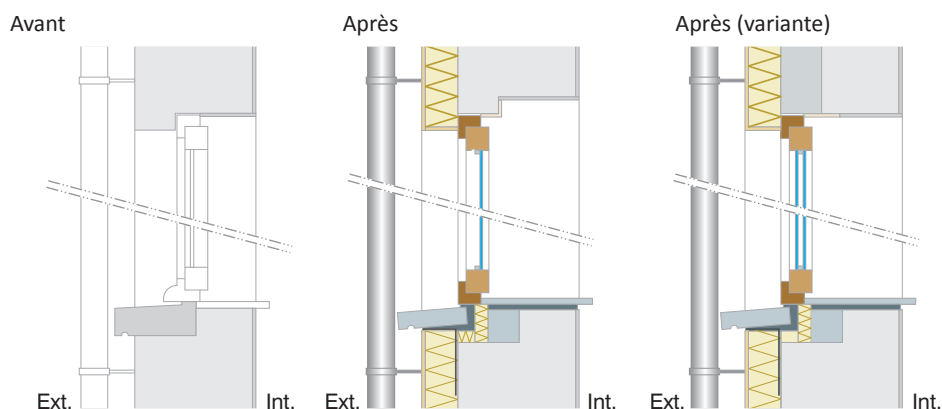
Si les châssis ont été changés récemment et qu'ils présentent des valeurs  $U_g$  et  $U_w$  performantes, il est possible de les conserver tout en démontant les seuils et en les remplaçant par de plus longs posés sur une isolation ou en optant pour des seuils métalliques.

Dans le cas où le remplacement des châssis est envisagé en même temps que la post-isolation par l'extérieur, il convient aussi de reconsidérer la position de ceux-ci dans les baies.<sup>20</sup>



Source Modelmo, photo M. Opdebeek

Ci-dessous les vues en coupe des modifications du plan de baie par rapport au positionnement des châssis.



### ✕ Isolation par l'intérieur des murs de façades des constructions anciennes

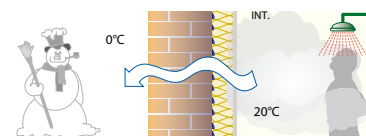
L'isolation par l'intérieur représente souvent la seule solution possible en rénovation parce que de nombreuses façades sont protégées pour des raisons patrimoniales ou que le matériau de parement imposé pour des questions d'unité urbanistique n'est pas compatible avec une post-isolation par l'extérieur. De plus, l'isolant placé par l'extérieur constitue une emprise sur l'espace public qui n'est pas toujours autorisée.

L'isolation des murs par l'intérieur est souvent considérée comme « la moins bonne des solutions » à cause des risques hygrothermiques et mécaniques qu'elle fait courir à la façade. Il faut cependant raison garder, les risques ne sont pas beaucoup plus importants que pour une isolation de toiture qui se pratique couramment depuis des dizaines d'années, si certaines précautions élémentaires sont prises.

### ✕ Évaluation des risques de condensation <sup>21</sup>

#### Risque principal

Dans nos climats tempérés ou froids, les différences de température entre l'intérieur et l'extérieur peuvent être importantes. L'air chaud a une plus grande capacité à contenir de la vapeur d'eau et la pression de vapeur est souvent supérieure à l'intérieur qu'à l'extérieur. Ce différentiel de pression de vapeur engendre une migration de vapeur par diffusion vers l'extérieur.



Risque de condensation interne en hiver, s'il n'y a pas de membrane pour réguler la vapeur.

<sup>20</sup> Voir Remplacement des châssis p. 186

<sup>21</sup> André De Herde, Arnaud Evrard et Aline Branders, Isolation thermique par l'intérieur des murs existants en briques peines Guide d'aide à la conception, Ministère de la Région Wallonne, 2010.



photo Joe Lefeburek

Moisissures dues à la condensation

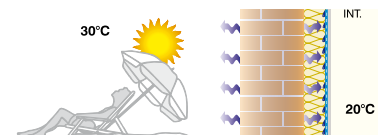
Au fur et à mesure qu'elle traverse les différents matériaux constituant l'enveloppe, la vapeur se rapproche de l'extérieur et se refroidit progressivement. Si la température du point de rosée est atteinte, la vapeur se condense. On parle alors de **condensation d'hiver**. L'humidité peut dégrader les matériaux et avoir des conséquences sur la durabilité de la paroi et de ses performances ainsi que sur le confort et la santé des habitants. Les problèmes de condensation interne apparaissent souvent derrière, ou dans l'isolant, dans le voisinage de la paroi en maçonnerie plus froide.

Les outils de validation classiques (statiques) conduisent presque systématiquement à placer une membrane étanche à la vapeur (et à l'air) du côté chaud de la paroi. Cependant, cette solution n'est pas toujours la meilleure.

### Risque secondaire

L'humidité présente dans les matériaux de la paroi extérieure (mur exposé aux intempéries) a tendance à migrer vers l'intérieur plus chaud, où elle s'évapore à nouveau. L'utilisation d'une membrane étanche à la vapeur empêche cette évaporation du mur du côté intérieur. Le potentiel de séchage du mur étant affaibli, l'humidité risque alors de s'y accumuler.

Au printemps et en été, la température et l'humidité relatives de l'air extérieur sont parfois plus élevées qu'à l'intérieur, la pression de vapeur peut être plus élevée à l'extérieur qu'à l'intérieur, le transfert de vapeur d'eau se fait alors de l'extérieur vers l'intérieur. Bloquée par une éventuelle membrane, la vapeur qui migre vers l'intérieur peut condenser en arrivant contre celle-ci.



Risque de condensation interne en été, si une membrane empêche la migration de la vapeur vers l'intérieur.



Moisissures à l'arrière de la membrane de régulation de vapeur d'eau

photo Künzel

On parle alors de **condensations d'été**. Elles apparaissent entre cette membrane et l'isolant provoquant alors une perte de performance de l'isolant humidifié et des risques de moisissures s'il y a du bois ou des matériaux organiques dans cette couche du mur.

### Les risques de condensation sont faibles si

- les problèmes de pénétration de la pluie battante et de l'humidité ascensionnelle dans les murs sont préalablement résolus. Les éventuels traitements de surface pour rendre les murs étanches sont perspirants, donc étanches à l'eau mais perméables au transfert de vapeur d'eau.
- les murs anciens contre terre ou les murs de cave dont la rupture de capillarité est inexistante et/ou qui ne sont pas drainés par l'extérieur ne sont pas à isoler par l'intérieur.
- les maçonneries de façade sont ouvertes au passage de la vapeur d'eau et si elles sont hygroscopiques et permettent de stocker et de déstocker une partie de l'humidité de l'air.
- l'enveloppe a été suffisamment isolée et que la température de surface des parois intérieurs est proche de la température de l'air.
- les isolants sont en contact intime avec la face intérieure du mur de façade et qu'il ne subsiste pas de lame d'air entre l'isolant et le mur.
- les isolants et matériaux de finition utilisés sont perspirants et présentent un volant hygroscopique important.
- l'étanchéité à l'air de l'enveloppe est continue.
- la ventilation hygiénique des locaux est correctement assurée.
- les locaux ont un volume important.
- les locaux sont faiblement occupés.

En isolation par l'intérieur, le principe de perméabilité croissante à la vapeur d'eau selon la règle <sup>22</sup> du 5 pour 1 ne peut être respecté qu'en appliquant un freine vapeur relativement fermé ou un pare-vapeur complet côté ambiance intérieure. C'est précisément ce que l'on cherche à éviter pour se prémunir contre les risques de condensation d'été.

Face à la complexité des phénomènes physiques en présence, les modèles d'évaluation statique ne semblent plus être adaptés et doivent progressivement être remplacés par une analyse hygrothermique dynamique complète.

#### ✕ **Comparons brièvement deux outils : la méthode de Glaser <sup>23</sup> et l'outil ISOLIN <sup>24</sup>**

Le grand avantage de la méthode de **Glaser** est de donner une réponse binaire : si aucune condensation n'est diagnostiquée, il n'y a aucun risque. Cette méthode est par contre considérée comme trop sécuritaire, car si des condensations sont annoncées, le risque est encore incertain. De nombreuses configurations de parois doivent être rejetées alors qu'elles ne présentent pas de risque en pratique. C'est notamment le cas de nombreuses configurations d'isolation par l'intérieur. Les principales limites de cette méthode sont d'être exclusivement statique et de ne pas considérer les transferts (absorption et redistribution) et le stockage d'eau liquide dans les pores du matériau.

L'outil **ISOLIN** permet de comparer 5 cas de parois simultanément. Pour chacun de ceux-ci, l'utilisateur a accès à une grande quantité de données correspondant aux résultats de simulations pour une année complète. L'évolution horaire des flux de chaleur et d'humidité en surface et à l'interface entre le mur et l'isolant, ainsi que des températures et de la teneur en eau aux positions les plus stratégiques de la paroi. Elles sont présentées sous forme graphique et peuvent être rapidement analysées grâce à certaines valeurs clefs (maximum, minimum, moyenne...). L'outil ISOLIN puise dans une banque de données compilant les résultats de près de 7000 simulations effectuées avec le logiciel dynamique de bilan thermique et hydrique WUFI® 4.2 Pro.

### ✕ **Isolation par l'intérieur des murs de façades des constructions anciennes**

#### ✕ **Corrections thermiques**

La première étape consiste à fixer les objectifs de performance thermique que l'on souhaite atteindre. En rénovation, surtout dans les bâtiments classés, il n'est pas toujours possible d'arriver à un niveau d'isolation très élevé. Les épaisseurs d'isolation posées du côté intérieur sont souvent limitées, que ce soit pour préserver l'esthétique des parois (moulures,...) ou l'habitabilité des espaces quand ceux-ci sont déjà exigus.

Toutefois, le fait d'isoler au mieux permet de pallier les principales insuffisances de l'enveloppe, d'améliorer le confort des occupants et d'économiser l'énergie. Si les épaisseurs mises en œuvre sont assez faibles, on ne parlera plus d'isolation mais plutôt de « correction thermique ». Bien que l'effet de celle-ci soit limité, il n'est pas négligeable vu que ce sont les premiers centimètres d'isolant qui sont les plus efficaces.

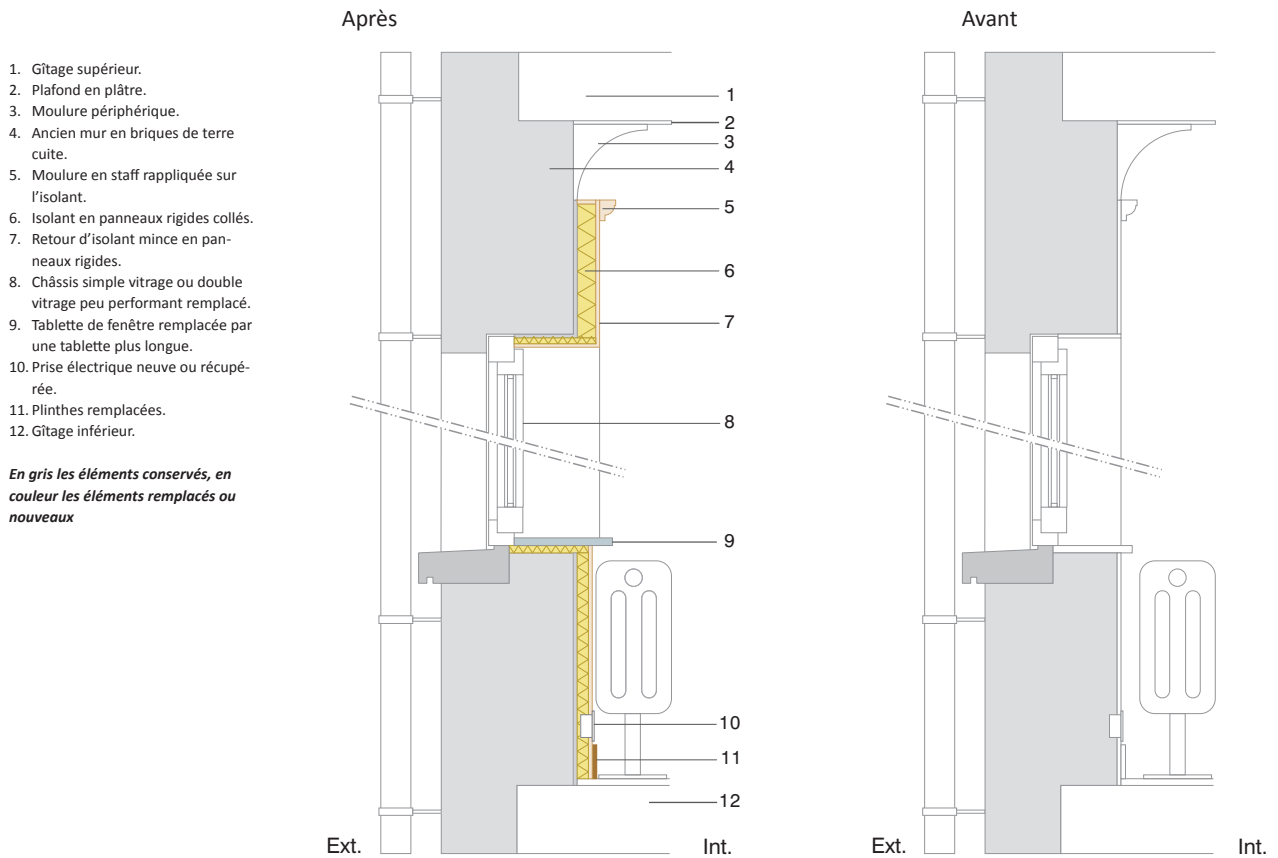
Le mur de façade non isolé de 30 cm à une valeur U de 1,84 W/m<sup>2</sup>K. Après l'application d'un isolant panneau sandwich de plaques de polyuréthane ( $\lambda$  0,028 W/mK) et plaques de plâtre, on aura une valeur U de +/- 0,37 W/m<sup>2</sup>K. Pour une mise en œuvre d'un panneau en laine de bois ( $\lambda$  0,044 W/mK) avec plaque de plâtre, on aura un U de +/- 0,52 W/m<sup>2</sup>K. Les pertes par conduction peuvent donc être réduites d'un facteur 3 à 5 suivant l'épaisseur et la performance de l'isolant. En « correction thermique », l'isolation n'est la plupart du temps que partielle, elle ne peut prétendre à la même efficacité qu'une isolation continue. Les parties de murs sur lesquelles sont appliqués les moulures et les décors les plus importants et les plus

<sup>22</sup> Voir Remplacement complet de la toiture hors structure p. 189

<sup>23</sup> La feuille Excel téléchargeable sur le site « <http://www.energieplus-lesite.be> > Calculs > La façade > La condensation interne d'une paroi » permet de faire cette analyse pour des parois de 1 à 5 couches.

<sup>24</sup> L'outil ISOLIN est disponible avec le guide – Isolation thermique par l'intérieur des murs existants en briques peines – Guide d'aide à la conception, Ministère de la Région Wallonne, 2010.

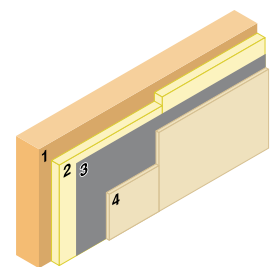
chers à remplacer ne sont pas isolés. Par leur taille et leur résistance thermique ces parois ne sont pas considérées comme des ponts thermiques. Par contre les lignes d'interface entre les parties isolées et non isolées doivent être prises en compte comme ponts thermiques linéaires dans les calculs PEB.



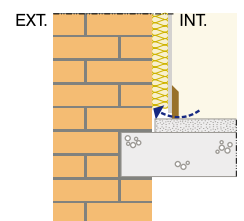
L'application de « corrections thermiques » par l'intérieur pour les façades ouvragées est indispensable si les performances globales à atteindre sont situées entre 100 et 60 kWh/m<sup>2</sup>.an. La mise en œuvre consiste dans le placement de panneaux isolants collés. Ce système est généralement le plus simple à mettre en œuvre, mais requiert que le mur soit relativement plan, les défauts de planéité ne peuvent pas dépasser 15 mm sur une règle de 2 m (ce type de mise en œuvre n'est donc pas adapté aux architectures vernaculaires aux murs très irréguliers) [6].

Il faut veiller à placer les panneaux de manière à ne pas avoir d'effet de convection entre l'ambiance intérieure et l'arrière du complexe isolant.

Il est conseillé de travailler avec des panneaux sandwich à tenons et mortaises d'une épaisseur d'isolant de 6 cm et recouverts d'une plaque de plâtre de 9,5 mm. Cette épaisseur est un bon compromis relatif au pouvoir isolant du matériau, et permet de gérer les interfaces avec un éventuel décor ancien sans que l'intervention ne le dénature complètement. Cette épaisseur permet aussi d'encastrer les blochets électriques de 5 cm dans l'épaisseur de l'isolant pour éviter tout pont thermique ponctuel aux droits des prises et des interrupteurs [10]. Les câbles électriques encastrés dans la maçonnerie étant soigneusement resserrés à leur entrée dans les blochets pour que l'étanchéité à l'air soit la plus complète possible.



1. Mur existant en briques
2. Isolation rigide collée
3. Pare ou feine-vapeur
4. Finition intérieure



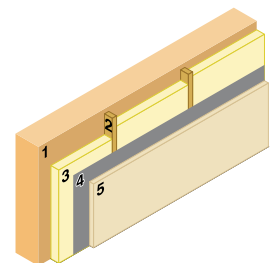
Effet de convection entre l'ambiance intérieure et l'arrière du complexe isolant

La figure à la page précédente montre que l'épaisseur de l'isolant est réduite à 2 cm + plaque de plâtre de 9,5 mm derrière les radiateurs qui seront démontés et remplacés sur leurs consoles. Cette réduction de l'épaisseur de l'isolation est nécessaire quand on veut maintenir des radiateurs en fonte dont les consoles sont encastrées. Pour des radiateurs plus récents en tôle, des extensions d'attaches peuvent être placées permettant de maintenir une épaisseur d'isolant constante. La création d'une alcôve derrière le radiateur peut-être l'occasion de mettre en place une feuille métallique réfléchissant la chaleur émise par le corps de chauffe vers l'intérieur du local, si toutefois cette intervention est compatible avec la préservation du décorum. Le retour de l'isolation en bâtée contre le châssis et sous la tablette de fenêtre est indispensable avec un minimum de 2 cm pour neutraliser le pont thermique, et nécessite parfois la démolition ou la dépose et le remplacement de l' huisserie de fenêtres anciennes. La tablette de fenêtre devra être remplacée et allongée pour recouvrir les surépaisseurs d'isolants. Les bandes de calfeutrage permettant de réaliser l'étanchéité à l'air des châssis seront mises en œuvre. Dans le cas où le châssis ne serait pas remplacé, ces bandes seront collées sur le dormant du châssis et recouvertes par une moulure en bois périphérique fixée sur le dormant.

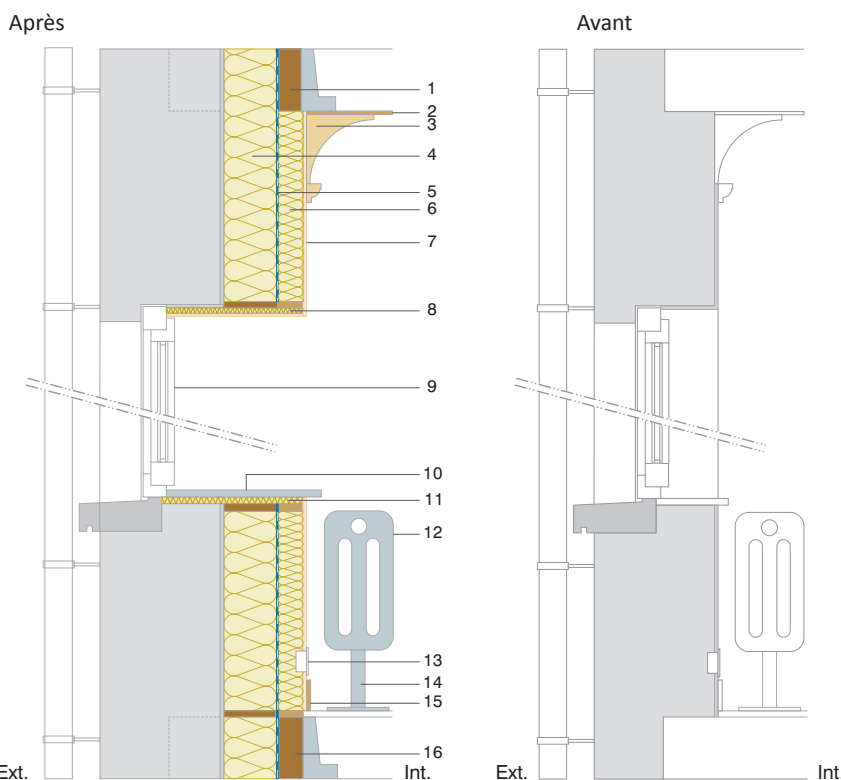
### ✕ Isolations en épaisseurs importantes

Si les performances globales à atteindre sont situées sous les 60 kWh/m<sup>2</sup>.an, une isolation variant entre 15 à 20 cm voir plus devra être mise en œuvre. Dans le cas d'une isolation en cellulose insufflée ( $\lambda$  0,04 W/mK) côté intérieur du mur de façade de 30 cm, on atteindra des valeurs U de respectivement +/- 0,23 W/m<sup>2</sup>K et +/- 0,18 W/m<sup>2</sup>K.

Un isolant souple est posé dans une ossature bois ou métallique fixée au mur et formant des caissons. Un isolant en vrac peut également être insufflé dans l'ossature. Les éléments de structure diminuent le pouvoir isolant du complexe. Pour limiter cet effet, une plaque d'isolant rigide peut être posée sur les structures avant le pare-vapeur éventuel et la finition. Ce système permet de rattraper les défauts de planéité des murs. Une variante consiste à poser une contre-cloison technique isolée côté intérieur, derrière le pare ou freine vapeur ; cette méthode est fort utilisée lorsque l'isolant est insufflé. Elle permet de conserver le volume insufflé exempt de percements techniques. Cette contre-cloison isolée située derrière la membrane de régulation de vapeur ne peut dépasser le tiers de l'épaisseur de l'isolation principale ; c'est ce système qui est illustré ci-dessous.



1. Mur existant en briques
2. Ossature
3. Isolation souple ou en vrac
4. Pare ou feine-vapeur
5. Finition intérieure

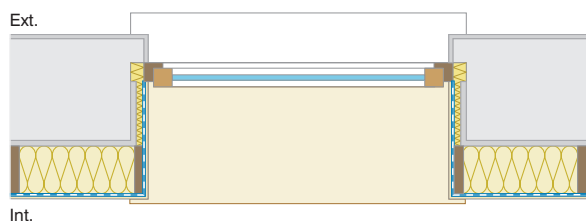


1. Gîtage supérieur repris sur filiaire.
2. Plafond en plâtre à ragréer.
3. Moulure périphérique à déplacer et ragréer.
4. Isolation en cellulose insufflée.
5. Membrane à diffusion variable.
6. Contre-cloison technique en laine minérale ou en laine de bois.
7. Plaques en carton-plâtre ou en fibro-plâtre.
8. Retour d'isolation sur le châssis.
9. Châssis simple vitrage ou double vitrage peu performant remplacé.
10. Tablette de fenêtre remplacée par une tablette plus longue.
11. Retour d'isolation sous la tablette.
12. Radiateur déplacé.
13. Prise électrique neuve ou récupérée.
14. Piétement pour radiateur déplacé.
15. Plinthes remplacées.
16. Gîtage inférieur repris sur filiaire.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

Le choix d'un isolant insufflé implique la mise en œuvre d'une épaisseur importante d'isolant (au moins 15 cm), le coût étant principalement celui de la mise en œuvre des caissons d'insufflation, l'isolant n'intervenant que marginalement dans le prix.

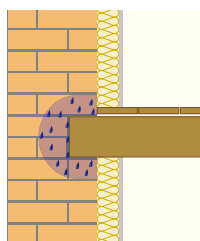
La mise en œuvre consiste dans le placement d'une structure de caissons ancrée au mur pour l'insufflation de la cellulose. Les caissons sont constitués d'assemblages de voliges minces pour que les éléments de structure aient un impact minimum sur les performances de l'ensemble.



Leur dimensionnement doit être étudié par l'entrepreneur pour permettre une insufflation optimale du matériau. La membrane de régulation de vapeur d'eau est clouée sur la structure et vient fermer les caissons pour permettre l'injection du produit. Les raccords entre les éléments se trouvent obligatoirement aux mêmes endroits que les raccords de structure. La membrane est raccordée latéralement au plafond par des bandes d'étanchéité à l'air. Les orifices d'injections sont fermés par des pièces de membrane à coller de même nature.

Les membranes sont retournées jusque contre les châssis auxquels elles se raccordent. Une structure secondaire est placée contre la première et permet la mise en œuvre des techniques (électricité et adduction d'eau). Cet espace est rempli d'isolant (laine minérale ou laine de bois), les isolants synthétiques étant à proscrire car étanches au transfert de vapeur d'eau.

Les radiateurs devront être déposés et remontés. Les anciens radiateurs en fonte s'ils sont réutilisés, seront posés sur des pieds fabriqués à cet effet, car ils ne pourront pas être repris par la structure secondaire en bois. Les radiateurs en tôle pourront quant à eux y être fixés. Les moulures des miroirs de plafonds présentant un intérêt patrimonial seront découpées en sections de moins d'un mètre pour pouvoir être remontées contre la nouvelle finition de la contre cloison, les angles seront réassemblés à onglet, le tout sera réenduit.

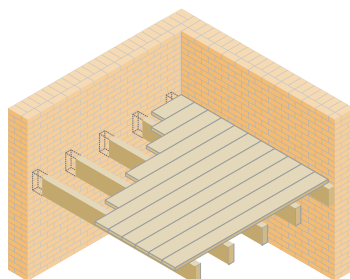


Risque de condensation au droit de l'appui des gîtes dans le mur.

#### ✕ Interface avec les gîtes bois

L'isolant est prolongé entre les gîtes d'un niveau à l'autre, ce qui permet de limiter le pont thermique au niveau du nœud constructif du plancher et de la façade. Cette mise en œuvre crée un risque de voir se former de la condensation au niveau des têtes de gîtes encastrées dans la maçonnerie. Les têtes de gîtes risquent alors de pourrir au droit de leur point d'appui, ce qui peut entraîner des problèmes de stabilité.

L'outil **ISOLIN**<sup>25</sup> permet d'analyser l'évolution de la teneur en eau dans la brique du côté intérieur. Une méthode d'évaluation rapide consiste à analyser une paroi qui correspond au mur dans lequel les gîtes sont encastrées et de vérifier que la teneur en eau des briques à cet endroit n'entraîne pas une teneur en eau dans le bois supérieur à 20 % en masse (limite au-delà de laquelle le bois risquerait de pourrir). Cette limite correspond à une teneur en eau de 91 kg/m<sup>3</sup> pour un épicéa moyen (455 kg/m<sup>3</sup> sec), qu'il atteint quand il est à l'équilibre dans une ambiance à 85,5 % d'humidité relative. En admettant que l'équilibre hydrique entre le bois et la brique soit instantané (hypothèse sécuritaire), il faut vérifier que la teneur en eau dans la brique ne dépasse pas 17 kg/m<sup>3</sup>. Il faut donc toujours être vigilant au traitement des encastresments des planchers en bois dans les murs de façade isolés par l'intérieur.



Vue des encastresments d'un plancher bois dans un mur en briques avant la réalisation d'un système d'isolation par l'intérieur

<sup>25</sup> L'outil ISOLIN est disponible avec le guide – Isolation thermique par l'intérieur des murs existants en briques peines – Guide d'aide à la conception, Ministère de la Région Wallonne, 2010.

## ✕ Deux solutions existent :

### la première

est de garantir l'étanchéité à l'air et de réguler le transfert de vapeur d'eau au niveau de l'encastrement des gîtes pour que les condensations n'apparaissent pas ou soient rapidement évacuées.

### la seconde

plus radicale, consiste à couper les gîtes avant leur appui dans le mur et de les faire reposer sur une nouvelle poutre filière fixée au mur.

Garantir l'étanchéité à l'air au niveau du passage des gîtes est parfaitement possible. Les bandes d'étanchéité sont collées au freine vapeur sur le périmètre de chaque gîte. À cet effet, des liteaux sont cloués sur les bandes d'étanchéité, sur le pourtour des gîtes, comme sécurité au cas où la colle perdrait de l'adhérence dans le temps. Les écrans à la diffusion de vapeur mis en œuvre sont des membranes à diffusion variable en fonction de l'humidité relative ambiante.

La mise en œuvre de ces membranes qui offrent la possibilité d'évacuer, en été, une partie de l'humidité qui se formerait en tête de poutre combinée à un isolant hygroscopique qui en absorbera une partie, en fait une solution acceptable.



Source Modelimo, photo M. Opdebeeck

Couper les gîtes avant leur encastrement dans la maçonnerie et les reprendre sur une filière, est la solution la plus sûre, mais aussi la plus lourde à mettre en œuvre.

Pour des maisons mitoyennes assez étroites, le gîtage, après avoir été recoupé, peut être fixé par des sabots métalliques à une double gîte de même épaisseur portant dans les mitoyens ou dans un mitoyen et dans un mur de refend perpendiculaire à la façade. L'encastrement dans le mitoyen se fera sur 10 cm et sera réparti sur des achelets, ce qui est parfaitement légal du point de vue du code civil et ne charge chaque mitoyen que d'un quart du poids du plancher.



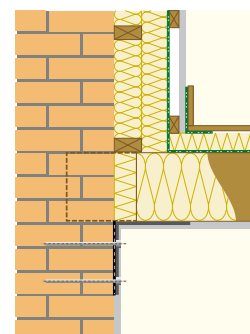
Source Modelimo, photo M. Opdebeeck

Les têtes de gîtes sont maintenant appuyées dans un mur mitoyen dont les deux faces sont exposées aux mêmes ambiances intérieures et éloignées du mur de façade à rue. Le matelas d'isolant mis en place contre la façade avant, réduit fortement le pont thermique et les risques de condensations. Cette solution n'est applicable qu'aux maisons mitoyennes et aux petites portées.

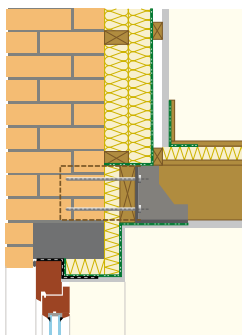
En variante, l'exemple ci-contre illustre une solution possible entre un niveau chauffé (au-dessus) et un niveau non chauffé (en dessous).

La gîte coupée repose sur une cornière en acier fixée au mur à l'aide de tiges filetées ancrées chimiquement dans la maçonnerie. Un film d'étanchéité est placé entre le profilé métallique et le mur. Une variante consiste à reprendre les profilés métalliques par des colonnes fondées en caves.

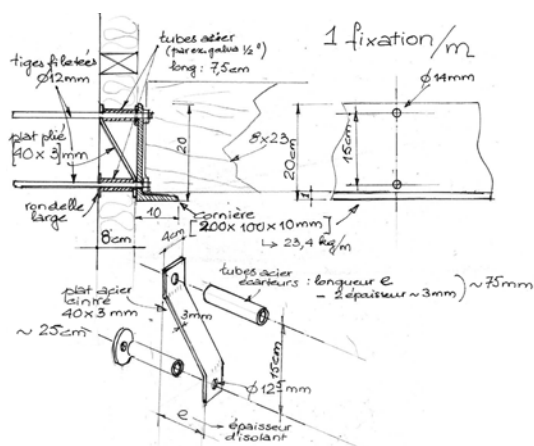
Un isolant rigide est placé entre la gîte sectionnée et le mur, et un isolant souple est posé ou insufflé entre les gîtes. Le revêtement de sol existant est éliminé. Un freine-vapeur est placé au-dessus du gîtage et un isolant rigide résistant à la compression est posé dessus.



Le nouveau revêtement de sol est alors réalisé. Au niveau du mur, un espace est créé entre le freine-vapeur et la finition. Cet espace permet le passage des conduites de chauffage ou des câbles électriques et limite le risque de percer le freine vapeur.



L'exemple à gauche illustre encore une solution possible entre deux niveaux chauffés et montre aussi le raccord au niveau d'une fenêtre. La gîte coupée est reprise dans un sabot métallique, accolé à une poutre en bois, ancré chimiquement à l'aide de tiges filetées traversant un isolant rigide placé contre le mur en briques. L'isolant rigide se prolonge jusqu'à la fenêtre. Un freine vapeur (en vert) et une étanchéité (en noir) sont placés au niveau de la jonction avec le châssis. Ici, un isolant acoustique résistant à la compression est posé sur le plancher existant afin d'améliorer l'isolation sonore entre les deux niveaux. Un nouveau revêtement de sol est donc réalisé au-dessus. Si on souhaite garder le plancher existant, une amélioration acoustique peut également être obtenue en plaçant un isolant souple entre les gîtes. Un ancrage astucieux a été mis au point par l'ingénieur Jean Gillis qui permet la continuité de l'isolant avec des ancrages peu importants.



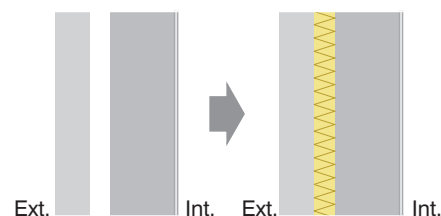
Source Modelmo, Ingénieur Jean Gillis

## ● Isolation des murs de façades des constructions anciennes (murs creux)

### ✘ Isolation de la coulisse des murs de façades des constructions anciennes

Cette technique s'adresse principalement aux constructions avec un mur creux ne comportant pas d'isolant dans la coulisse ventilée, soit les constructions érigées entre 1939 et les années 1970 à 1980 - date à partir de laquelle la pose d'un isolant dans la coulisse du mur est devenue courante.

Cette technique ne permet pas de corriger les effets des ponts thermiques assez nombreux dans les constructions des années 1950 et 1960 : linteaux monolithes, contact entre la maçonnerie de parement et le mur interne au droit des baies, etc.



Le remplissage de la coulisse modifie le comportement du mur de parement qui devient plus froid en hiver, avec comme conséquence :

- une vitesse de séchage plus faible ;
- une plus grande humidité ;
- un risque plus élevé de fissuration par les contraintes thermiques et par l'action combinée du gel et de l'humidité.

Avant d'entamer les travaux, un examen préalable de la coulisse est indispensable pour vérifier l'état et la qualité du creux. Cet examen préalable est facilement réalisable, en enlevant quelques briques du mur ou au moyen d'un appareil spécialisé tel que l'endoscope.

On vérifiera aussi :

- la possibilité d'un traitement des ponts thermiques au droit des linteaux, des retours de baies, des planchers, des pieds de mur, de la corniche, etc.
- l'absence de gravats, déchets et autres matériaux dans la coulisse ;
- la disposition correcte des crochets entre les deux parois du mur (pente vers le parement) ;
- l'existence des membranes d'étanchéité correctement disposées ;

- la présence d'ouvertures de drainage de la coulisse disposées juste au-dessus des membranes d'étanchéité.

Le matériau isolant doit :

- ne pas être capillaire ni hydrophile (il ne peut absorber ni retenir l'eau)
- avoir une consistance suffisante pour ne pas s'affaisser.

#### × **Humidité et condensation interne**

Les problèmes d'humidité ascensionnelle doivent être préalablement résolus, la faculté d'assèchement du mur étant amoindrie par le remplissage du creux.

L'humidité provenant de la pénétration des pluies battantes, inévitablement présente dans le parement, doit pouvoir être évacuée vers l'extérieur par le séchage du parement puisque le drainage par la coulisse n'est plus opérant.

Pour ne pas entraver ce séchage, la surface extérieure du mur ne peut pas être imperméable à la vapeur d'eau. Pour autant que l'isolant soit réellement non-capillaire et hydrophobe, l'eau de pluie qui traverse le parement n'atteint en théorie jamais la paroi intérieure du mur. La condensation superficielle intérieure ne pose pas de problème si une protection supplémentaire est réalisée au droit des ponts thermiques.<sup>26</sup>

Dans le cas d'un parement exposé aux pluies battantes, constitué de briques et de mortier sensibles au gel, de briques vernissés ou peintes avec une peinture non respirante, il est conseillé de ne pas isoler ou d'enlever la couche de peinture. En effet, si la peau n'est pas respirante, les dilatations thermiques provoquent une microfissuration de ce revêtement qui absorbe alors l'eau de pluie, s'évacue mal et risque de s'accumuler, provoquant une dégradation de la pérennité du complexe (gel, condensation, efflorescence...).

#### × **Les différents systèmes**

L'isolation par remplissage s'effectue soit par injection, soit par remplissage au moyen de matériaux isolants en vrac.

##### **Par insufflation**

On insuffle, dans la coulisse, des matériaux isolants sous forme de granules. Les isolants en vrac sont à priori plus intéressants pour cette technique : perlite, vermiculite (pour les isolants minéraux) ou des billes de polystyrène expansé (pour les isolants synthétiques). Étant donné l'absence de véritable régulateur de vapeur du côté intérieur, il vaudra mieux ne pas utiliser d'isolants putrescibles, d'autant plus si le mur existant est peu capillaire ou trop fermé au passage de la vapeur d'eau. Hormis le liège, les isolants d'origine végétale et les laines minérales sont déconseillés. Le principal avantage de ce système est que le produit isolant est mis en place à l'état sec. Par contre, ces isolants en vrac présentent l'inconvénient de se tasser avec le temps, le contrôle du remplissage est difficile à réaliser (éventuellement par thermographie).

##### **Par injection**

Les vides sont remplis par l'injection simultanée des composants d'une mousse au travers de petits orifices percés dans les joints du mur extérieur.

**La mousse de polyuréthane (PUR).** Est le matériau le plus utilisé pour la post-isolation de murs creux d'au moins 3 cm de largeur. Le mélange liquide est injecté dans le creux et se transforme en mousse par adjonction d'un agent de soufflage. La mousse, après expansion, doit remplir complètement le creux, mais ne peut gonfler trop au risque de comprimer la paroi extérieure du mur (emploi de mousse restant élastique après durcissement). Cette technique permet aussi de remplir le vide ventilé d'une coulisse déjà isolée avec des panneaux d'isolant rigides.

<sup>26</sup> Francy SIMON et Jean-Marie HAUGLUSTAIN, La méthodologie de la rénovation des façades et l'énergie – guide pratique pour architecte, Ministère de la Région Wallonne, 2006.

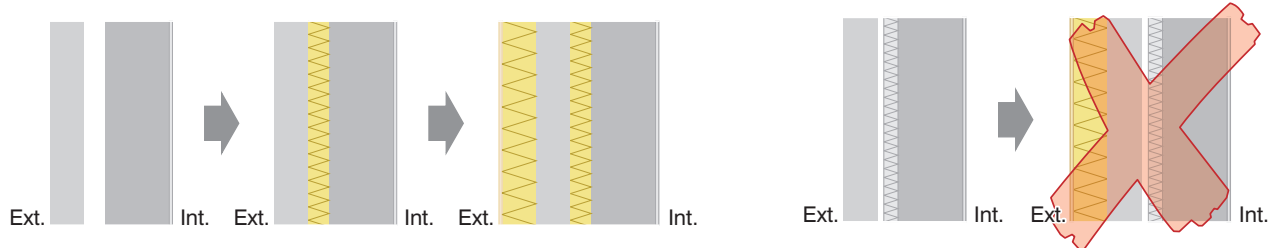
**La mousse à base de résine d'urée-formaldéhyde et d'eau.** Au contact de l'air, le mélange liquide se transforme en mousse qui est injectée dans le creux après adjonction d'un agent durcisseur. Après durcissement, il arrive que la mousse se rétracte et que l'isolant se détache de la paroi intérieure ou extérieure du creux, ce qui a un impact négatif sur la qualité de l'isolation.

Cette mousse a tendance à être capillaire, si bien que les éventuelles infiltrations d'eau de pluie sont absorbées par la mousse. La mousse libère pendant plusieurs années après sa mise en œuvre du formaldéhyde pouvant au minimum provoquer des allergies chez certaines personnes sensibles. Tous ces éléments font que la mousse urée-formaldéhyde ne semble pas être le matériau le plus approprié pour la post-isolation d'un mur creux.

### ✕ Isolation complémentaire en plus de la coulisse des murs de façades des constructions anciennes

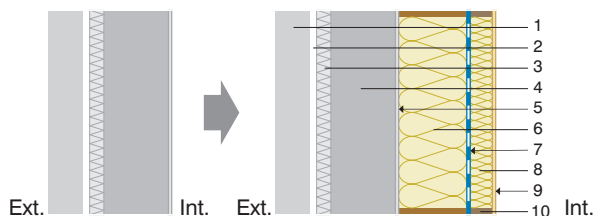
Un mur type à coulisse non isolé (mur porteur + plafonnage, vide de 6 cm et mur de parement de 9 cm) aura une valeur U de +/-1,4 W/m<sup>2</sup>K. Le même mur avec une coulisse ventilée de 2 cm et 4 cm d'isolant de  $\lambda$  0,032 W/mK aura un U de +/-0,57 W/m<sup>2</sup>K. Si on remplit toute la coulisse, on aura une valeur de +/-0,40 W/m<sup>2</sup>K, ce qui est l'imposition légale pour les murs en logement neuf.

L'isolation de la coulisse n'est donc pas suffisante, si des performances globales à atteindre sont situées en dessous de 90 kWh/m<sup>2</sup>.an. Il faudra en plus d'isoler la coulisse, isoler les murs par l'extérieur ou par l'intérieur.



1. Mur de parement existant.
2. Vide ventilé.
3. Isolant rigide synthétique.
4. Mur porteur existant en bloc.
5. Plafonnage existant.
6. Isolation en cellulose insufflée.
7. Membrane à diffusion variable.
8. Contre-cloison technique en laine minérale ou en laine de bois et plaques en carton-plâtre ou en fibro-plâtre.
7. Structure de caissons pour le placement de l'isolant.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*



#### Par l'extérieur

Si on a la possibilité d'isoler par l'extérieur, la coulisse devra de préférence être remplie complètement, un isolant étant plus performant qu'une lame d'air immobile et il faut aussi éviter qu'un courant de convection puisse naître derrière le parement. Les simulations de Glazer montrent que pour la plupart des matériaux de façades existantes en épaisseurs courantes, il n'y a pas de danger de condensation. Pour l'isolation par l'extérieur et l'isolation de la coulisse se rapporter aux pages précédentes.

#### Par l'intérieur

Si on a uniquement la possibilité d'isoler par l'intérieur, l'isolant existant ou injecté en coulisse renforcera la valeur U du mur et contribuera à atténuer le refroidissement du mur porteur en hiver. La règle de l'ouverture croissante à la vapeur d'eau est impossible à respecter dans ce cas de figure. La situation est plus défavorable qu'avec des façades plus anciennes et monolithes car les logements plus récents ont été construits avec des murs porteurs en bloc de terre cuites moins poreuses que les briques anciennes ou en bloc de béton moins perméable à la vapeur d'eau. Les isolants présents dans les coulisses sont souvent des isolants rigides synthétiques, très étanches eux aussi. La régulation de vapeur d'eau coté intérieur du bâtiment devra impérativement être assurée par une membrane à diffusion variable et l'isolant devra avoir un volant hygroscopique important. Une analyse hygrothermique dynamique complète est conseillée au cas par cas.

## 2.6 Les planchers

Plus encore que pour les murs de façade, l'isolation thermique des planchers sur cave, sur vide sanitaire, sur sol ou en encorbellement, est le grand oublié dans les travaux d'isolation. En Wallonie, les planchers réalisent le moins bon score des éléments d'enveloppe isolés. Dans les logements wallons, seuls 27 % des planchers en contact avec une ambiance extérieure disposent d'une isolation.

### ● En rénovation

On peut classer les différents types de planchers selon leur position dans un bâtiment :

- Plancher de grenier.<sup>27</sup>
- Plancher entre locaux chauffés et habités d'un même logement ou plancher entre locaux de deux logements différents.

Lorsque le plancher sépare deux espaces habitables normalement chauffés, l'isolation thermique est superflue. Cependant, pour certaines raisons particulières (par exemple si le plancher est situé entre deux logements différents), il est parfois utile de poser un isolant dans l'épaisseur d'un plancher pour améliorer l'isolation acoustique entre les deux espaces.<sup>28</sup>

- Plancher surmontant un espace ventilé ou cave non chauffée.
- Plancher en contact direct avec le sol sur terre-plein.
- Plancher en contact direct avec l'extérieur (par exemple : un plancher au-dessus d'un passage ou en surplomb).

Dans l'hypothèse où les sous-sols ne sont pas habités ou non occupés de manière permanente par une autre activité que logement, il est intéressant de ne pas les inclure dans le volume protégé thermiquement de manière à diminuer la surface de déperdition de l'enveloppe par rapport aux m<sup>2</sup> de planchers occupé, en un mot, d'augmenter la compacité du logement.

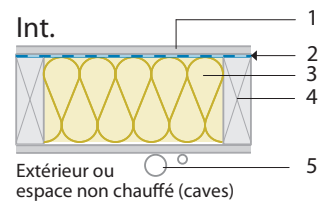
### ✕ Isolation de planchers surmontant un espace ventilé ou une cave non chauffée

#### ✕ Isolation dans l'épaisseur du plancher en bois

Les gîtages sur caves peuvent être isolés dans l'épaisseur du plancher, ce qui permet une isolation importante qui correspond à l'épaisseur du plancher comprise entre 15 et 23 cm. Pour permettre le placement de l'isolant la finition au sol du rez ou la finition au plafond de cave doit être démolie. Une isolation insufflée ou posée en matelas en laine minérale ou végétale pourra être mise en œuvre entre les gîtes.

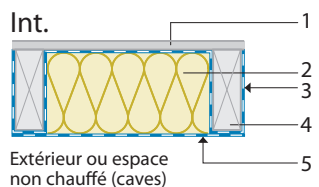
Dans le cas de la dépose du plancher, la membrane de régulation de diffusion de vapeur d'eau sera placée sous le nouveau revêtement de sol, un panneau d'OSB comme support de revêtement peut la remplacer. Si on utilise de l'OSB comme membrane de régulation de vapeur, il devra présenter des assemblages rainurés languetés et les jonctions des panneaux seront recouvertes de bandes adhésives assurant l'étanchéité à l'air.<sup>29</sup> Cette mesure sera d'autant plus nécessaire que la différence de température et de pression de vapeur d'eau est importante entre les locaux chauffés et non chauffés.

Dans l'éventualité de la démolition du plafond de cave, la membrane devra tapisser les caissons formés par les gîtes. Pour finir un simple voile tissé ouvert à la diffusion de vapeur peut-être mis en place comme fermeture de caisson d'insufflation.



1. Revêtement existant à remplacer.
2. Membrane pare-vapeur ou freine-vapeur ou sous-plancher OSB.
3. Isolant insufflé ou en matelas.
4. Structure existante.
5. Tuyauteries conservées à calorifier.

*En noir les éléments conservés, en rouge les éléments remplacés ou nouveaux*



1. Revêtement de sol existant conservé.
2. Isolant insufflé ou en matelas.
3. Pare-vapeur ou freine-vapeur.
4. Structure existante.
5. Voile ouvert à la diffusion de vapeur.

*En noir les éléments conservés, en rouge les éléments remplacés ou nouveaux*

<sup>27</sup> Voir Isolation des planchers de combles p. 188

<sup>28</sup> Voir Isolation acoustique des planchers chapitre 2 p. 47

<sup>29</sup> Signalons que certains panneaux OSB sont poreux et ne présentent pas une étanchéité à l'air performante, il est donc prudent de ne pas les utiliser quand ces panneaux sont seuls à assurer l'étanchéité à l'air d'une paroi ou de les doubler avec un film freine ou pare-vapeur.

## ✕ Isolation sur ou sous planchers lourds

Les planchers lourds comprennent principalement, les voûtes en maçonnerie, les poutrelles d'acier et voussettes, les dalles en béton armé, les hourdis en terre cuite armée et les systèmes de poutrains et claveaux en béton ou en terre cuite armée.

### Dalles monolithes

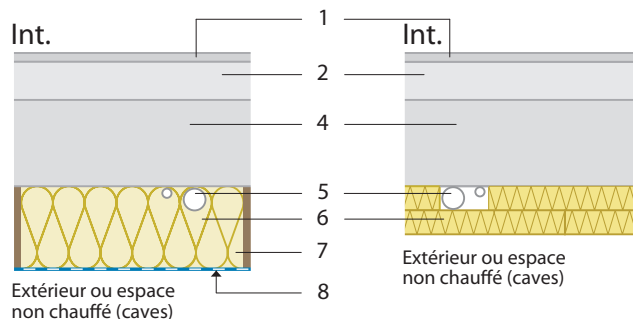
L'isolation de plancher sur cave en béton armé se pratique le plus souvent par le dessous, cela permet de garder les revêtements de sol au rez et l'inertie thermique de la dalle. Elle est réalisée avec un isolant rigide collé et/ou fixé mécaniquement sous le dessous de la dalle, ou par un isolant en vrac insufflé dans une structure à caissons, ou encore en matelas sur une structure de faux plafond. On évitera au maximum la présence d'une lame d'air entre l'isolant et le plancher. Les tuyauteries et gaines électriques existantes seront intégrées dans l'isolation, ce qui nécessite leur pose en plusieurs couches et la découpe des panneaux rigides au droit des gaines en veillant à ce que

le panneau ou matelas inférieur soit le plus important possible et surtout continu sur toute la surface du plafond. Le tout peut être fermé sur la face inférieure par des plaques de carton plâtre ou fibro-plâtre, ou par un simple voile étanche à l'air et très perméable à la vapeur d'eau. Les murs en cave qui interrompent la continuité de l'isolant doivent être considérés comme des ponts thermiques.

L'isolation par le dessus des dalles monolithes est pratiquée quand on envisage de placer un chauffage par le sol. Cela nécessite la démolition du revêtement de sol et de la chape avant finition. Généralement l'espace disponible n'est pas supérieur à 8 - 10 cm ce qui réduit l'épaisseur de l'isolant à 3 - 4 cm, l'épaisseur de la chape ne pouvant passer sous les 5 cm d'épaisseur. Une épaisseur d'isolant de 3 à 4 cm, ne permettra pas d'atteindre une performance globale bien inférieure à 90 kWh/m<sup>2</sup>.an. Cette solution est à considérer quand on a la possibilité de mettre en œuvre 8 à 10 cm d'isolant au sol en rehaussant le niveau fini de l'étage considéré, ce qui implique d'adapter les portes, les raccords aux espaces extérieurs et aux escaliers.

1. Revêtement de sol existant à conserver.
2. Chape sous finition.
4. Structure monolithe existante.
5. Tuyauteries noyées dans l'isolation.
6. Isolant minéral, végétal ou synthétique.
7. Structure en caisson pour isolant.
8. Voile ouvert à la diffusion de vapeur.

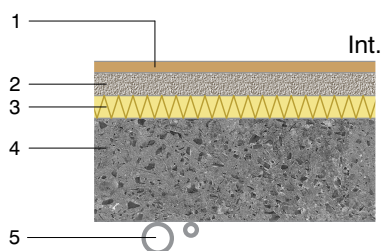
*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*



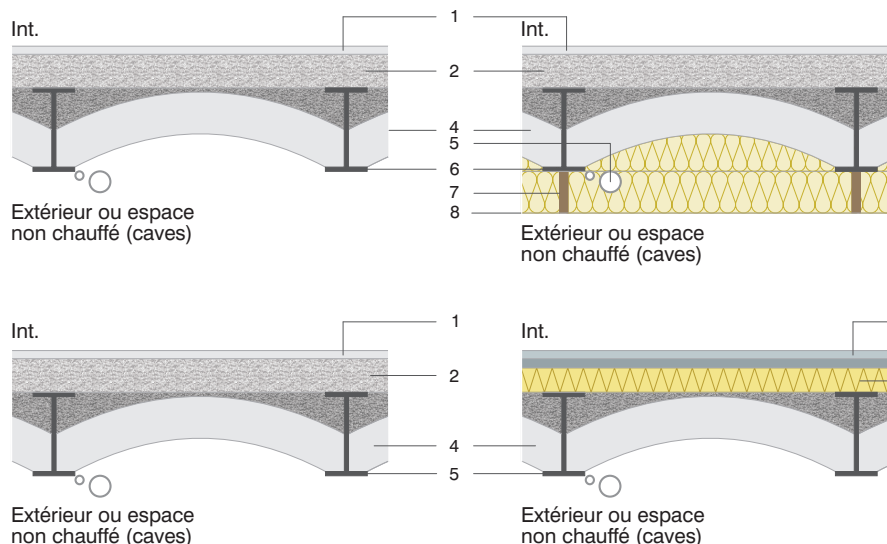
Source Modelmo, photo M. Oppébeck

1. Revêtement existant à remplacer.
2. Nouvelle chape.
3. Isolant minéral, végétal ou synthétique résistant à la compression.
4. Structure monolithe existante.
5. Tuyauteries noyées dans l'isolation.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*



## Planchers à voussettes



1. Revêtement de sol existant à conserver.
2. Chape ou sable de pose.
4. Voûte en maçonnerie.
5. Tuyauteries noyées dans l'isolation.
6. Structure portante des voûtes.
7. Structure en caisson pour isolant.
8. Isolant minéral, végétal ou synthétique.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

1. Revêtement de sol existant à conserver.
2. Chape ou sable de pose.
4. Voûte en maçonnerie.
5. Structure portante des voûtes.
6. Revêtement sur armature de pose.
7. Panneau OSB (freine vapeur).
8. Structure en caisson pour isolant (lambourdes).
9. Isolant minéral ou végétal.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

L'isolation des planchers à voussettes est une variante de l'isolation des dalles monolithes. Leur forme les rend plus difficile à isoler par le dessous. Les isolants rigides devront être collés de manière cintrée pour les courbures de voûtes peu importantes ou mis en œuvre en gradins avec injection des espaces résiduels vides par de la mousse. La mise en œuvre de matelas souples est plus facile, mais nécessite la mise en place d'une structure portante. L'isolation par le dessus peut se révéler une meilleure solution si l'espace disponible entre le dessus des voussettes et le niveau fini est assez important (parfois plus de 20 cm). Cet espace, une fois les anciens sables stabilisés et les sables de pose évacués, peut être rempli d'isolant en vrac quand on envisage de reposer un plancher ou un parquet sur lambourdes, ou par un isolant rigide recouvert d'une chape si le revêtement projeté est un carrelage ou de la pierre. Dans le cas de mise en œuvre de laine minérale ou d'un isolant d'origine végétale sous un plancher à lambourdes, il est recommandé d'interposer une sous-structure en OSB jouant le rôle de freine-vapeur.



Source Modelimo, photo M. Opdebeek

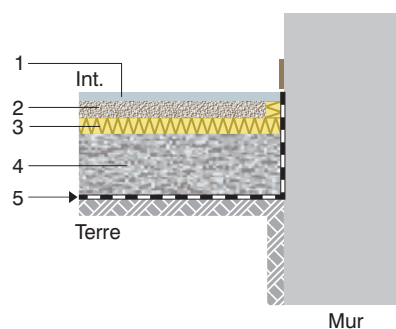
### ✘ Isolation de planchers en contact direct avec le sol sur terre-plein

Ce cas de figure se rencontre pour des bâtiments sans caves ou dont les caves font partie du volume protégé thermiquement. Les bâtiments d'après 1950, disposent généralement d'une dalle de sol en béton légèrement armé posée sur du sable stabilisé avec l'interposition d'un film en matière plastique étanche à l'eau et fermé au transfert de vapeur d'eau. Pour les bâtiments plus anciens datant d'avant la seconde guerre mondiale, le revêtement de sol est souvent posé sur du sable, lui-même directement posé sur la terre ou sur un empierrement.

#### Dalle de sol en béton légèrement armé

À moins de démolir complètement la dalle de sol, les constructions récentes offrent peu de possibilités de post-isolation importante au sol. On se retrouve dans le cas de figure de l'isolation par le dessus des dalles monolithes.

Une moindre épaisseur d'isolation des planchers en contact avec le sol est toutefois moins pénalisante que pour les autres parties de l'enveloppe parce qu'en hiver la température du sol est plus élevée que la température extérieure. La protection peut donc être moins épaisse.



1. Revêtement existant à remplacer.
2. Nouvelle chape.
3. Isolant minéral, végétal ou synthétique résistant à la compression.
4. Structure monolithe existante.
5. Film d'étanchéité.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

### Sols anciens posés sur sable

Dans la plupart des cas la dépose du sol s'impose car il est souvent en mauvais état et présente des traces d'humidité causées par des remontées capillaires admissibles pour une cave mais pas pour un local habité. La récupération d'un dallage en bon état, s'il a une valeur esthétique ou patrimoniale pour une reprise après isolation du sol est parfaitement possible. Une fois le revêtement de sol déposé, le lit de sable est évacué et le sol peut être creusé pour mettre en œuvre la nouvelle dalle de sol isolée. L'épaisseur du nouveau complexe isolé dépendra de la profondeur des fondations. La profondeur de fondation est parfois très faible, de 20 à 30 cm pour des bâtiments anciens. Descendre sous le niveau des fondations nécessite la reprise en sous-œuvre de celles-ci, ce qui est une opération fort coûteuse n'étant envisageable que si elle est très ponctuelle. La nouvelle mise en œuvre peut se faire en privilégiant une forte ou une faible inertie.

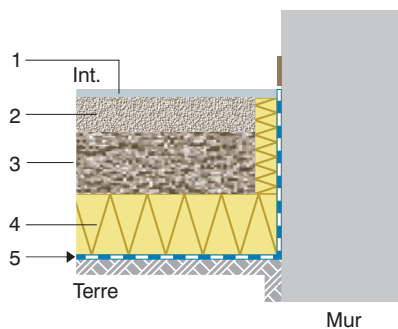
#### Forte inertie

Un système d'isolation de sol à fort volant d'inertie thermique (dalle et chape au-dessus de l'isolant) est une solution adaptée si on recherche un stockage de chaleur important. Il peut être nécessaire, si la plupart des murs de la maison sont isolés par l'intérieur, que les murs de refends sont peu nombreux et que les cloisons intérieures sont légères.

Quand les murs sont isolés par l'intérieur, il faut assurer la continuité de l'isolation des murs avec celle du sol, dans les autres cas, il faut poser minimum 6 cm d'isolant en pourtour de la dalle et chape au droit des façades et des murs de refend.

1. Revêtement existant à remplacer.
2. Nouvelle chape.
3. Structure monolithique existante.
4. Isolant minéral, végétal ou synthétique résistant à la compression (verre cellulaire, liège expansé, polystyrène expansé ou extrudé).
5. Nouveau film d'étanchéité.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

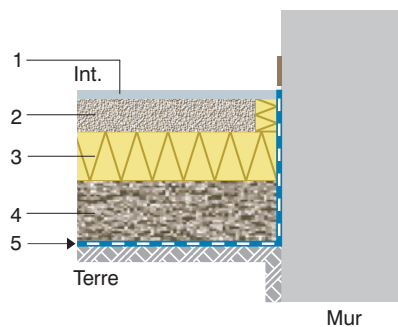


#### Faible inertie

Quand on recherche une inertie modérée à faible. C'est le cas pour la plupart des bâtiments rénovés où l'isolation se fait par l'intérieur en façade avant et par l'extérieur en façade arrière, et qui profitent de la masse thermique de la façade arrière et des murs de refend. L'isolant est mis en œuvre entre la dalle et la chape. Le même principe de remontée d'isolant contre le mur sera appliqué, mais seulement sur la hauteur de la chape.

1. Revêtement existant à remplacer.
2. Nouvelle chape.
3. Structure monolithique existante.
4. Isolant minéral, végétal ou synthétique résistant à la compression (verre cellulaire, liège expansé, polystyrène expansé ou extrudé).
5. Nouveau film d'étanchéité.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*



## ✕ Isolation de planchers en contact direct avec l'extérieur

### Les loggia ou bow-window (oriel)

Les éléments architecturaux qui prolongent l'espace intérieur en saillie en façade pourront soit être isolé, soit être séparé du volume chauffé par l'interposition d'un châssis au raccord de façade avec la loggia ou l'oriel.

En cas d'isolation, ce sont les mises en œuvre par l'extérieur et par l'intérieur quand elles sont possibles, décrites pour les façades qui sont d'application.

Si l'élément en saillie est orienté au sud et qu'il présente un sol en matériaux lourds comme de la pierre ou un plancher à voussettes, il pourra être utilisé comme volume tampon de stockage de chaleur. Cette méthode permet de conserver les châssis anciens de l'élément en saillie qui pourra être ouvert sur la pièce contiguë à la bonne saison. Les éventuels radiateurs présents dans l'espace tampon pourront être mis hors service ou démontés.

### Les planchers de terrasse sur des locaux habités

Il s'agit d'une variante de toiture.<sup>30</sup>

### Les planchers de locaux habités sur passages couverts

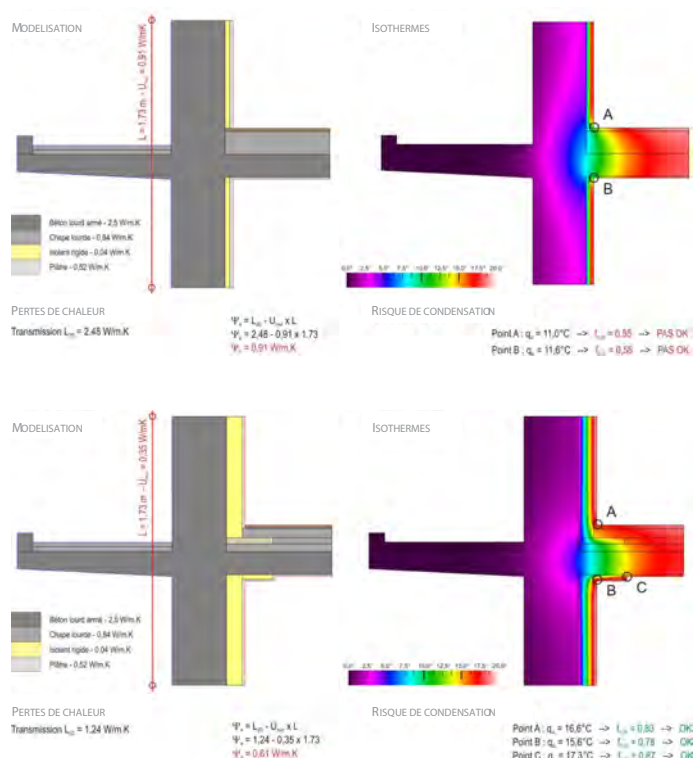
Il s'agit d'une variante de plancher sur vide ventilé ou locaux non habités.<sup>31</sup>

### Les balcons

Les figures ci-contre<sup>32</sup> illustrent différentes manières d'isoler un balcon. Une image en couleur reprenant la répartition des isothermes<sup>33</sup> dans le détail constructif permet de mettre en évidence le risque d'apparition de condensation.

Dans le premier cas, malgré une isolation assez faible du mur de façade par l'intérieur, on observe un risque de condensation localisé aux jointures du mur de façade avec les plafonds et les sols.

La deuxième simulation montre qu'il suffit d'un retour d'un isolant mince de 2 à 4 cm sur 30 à 50 cm au plafond et en chape pour se prémunir de ce risque alors que l'on isole par l'intérieur de manière bien plus importante. En pratique, la correction thermique du mur sera complétée par le rajout d'un isolant au plafond et au sol. L'isolant pourra par exemple être intégré dans une nouvelle moulure périphérique au plafond ou lors de la mise en place d'un nouveau cache rail à rideaux qui aura dû être démolé lors du placement de l'isolant sur les linteaux de fenêtres. Le placement de l'isolant en face supérieure de la dalle nécessitera la démolition et le remplacement d'une bande du revêtement de sol et de chape côté intérieur de la façade, soit par un revêtement identique, soit par un revêtement différent formant un bandeau périphérique. Il est souvent impossible de retrouver le revêtement de sol d'origine quand il s'agit d'une pierre ou d'un carrelage. Au lieu de compléter par un revêtement de teinte et de texture approchante, il est parfois

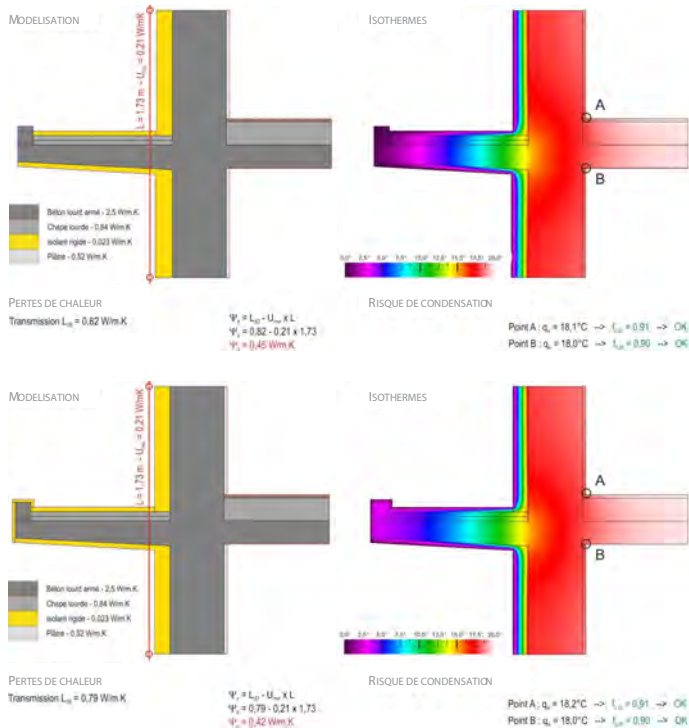


30 Voir Isolation des toitures terrasses p. 193

31 Voir Isolation des planchers p. 209

32 Matriciel, Architecture et climat UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouveau du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, octobre 2009, chapitre 10 pg.10-11

33 Therm est un logiciel d'évaluation de ponts thermiques en 2D gratuit développé par le LBLN disponible à l'adresse suivante <http://windows.lbl.gov/software/therm/therm.html>



plus habile de placer un revêtement complètement différent dans sa nature comme dans sa teinte, par exemple une bande de tapis-brosse de 40 cm de largeur au droit de portes fenêtres donnant accès au balcon.

Les deux dernières figures montrent que l'isolation par l'extérieur du balcon est nettement plus performante que celle mise en œuvre par l'intérieur et que les risques de condensations deviennent inexistants. Ce type d'intervention, si elle présente l'avantage de permettre les travaux sans déranger les occupants des logements, est souvent beaucoup plus onéreux que l'isolation par l'intérieur. Surtout quand il s'agit de remplacer le revêtement de sol de terrasses courives de grande longueur comme on en rencontre dans les immeubles d'appartements des années 1960-1970. Notons que ce dernier système n'est pas applicable aux balcons en pierre d'un habitat plus ancien pour des raisons de conservation du patrimoine.

## 2.7 Les raccords entre les parois

En rénovation, les techniques d'isolation thermique sont le plus souvent dites "mixte", c'est-à-dire que certaines parties de l'enveloppe seront isolées par l'extérieur et d'autre part l'intérieur suivant les contraintes architecturales et constructives.

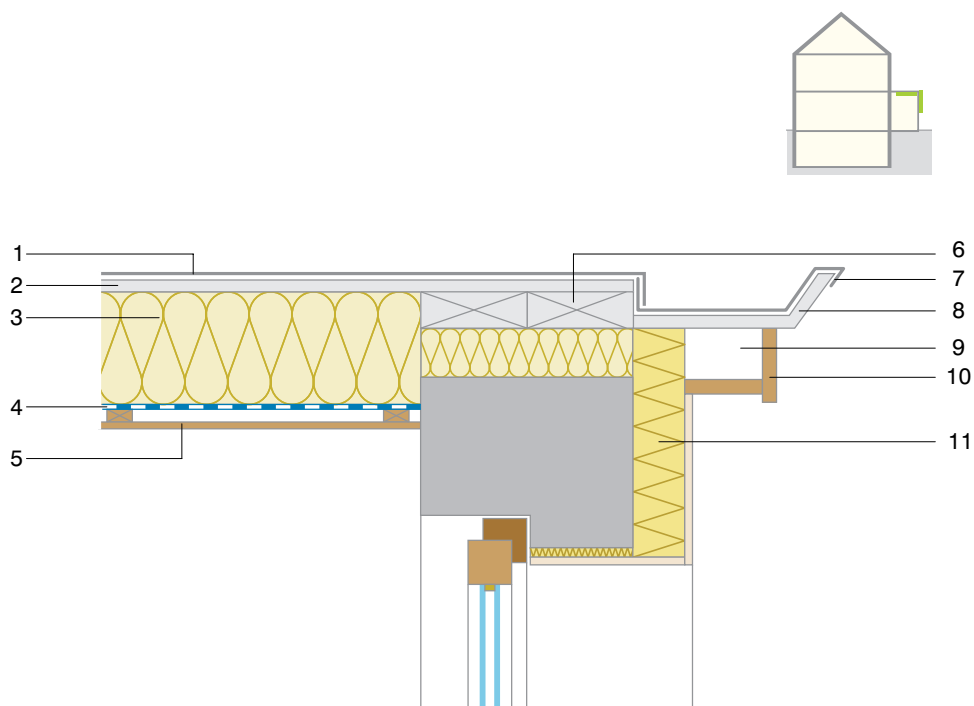
Les pages suivantes reprennent une série de détails de nœuds constructifs souvent rencontrés en rénovation. Les nœuds constructifs présentés sont exempts de ponts thermiques ou montrent comment il est possible de les atténuer fortement.

En construction neuve, il est plus aisé de construire sans ponts thermiques et dans le cas des maisons passives, il est souvent impossible d'atteindre la performance exigée s'il reste des ponts thermiques.

En rénovation, la suppression des ponts thermique de certains nœuds constructifs seront tellement onéreux à réaliser que dans la plupart des cas ils ne seront pas traités. Il convient de savoir quels ponts thermiques subsisteront lors de l'élaboration du projet d'exécution de manière à pouvoir les quantifier par méthode PEB ou PHPP et en évaluer l'impact sur la performance globale à atteindre. Il faut aussi que les nœuds constructifs non traités ne soient à l'origine de phénomènes de condensations.<sup>34</sup>

<sup>34</sup> Voir Les ponts thermiques p. 223-224

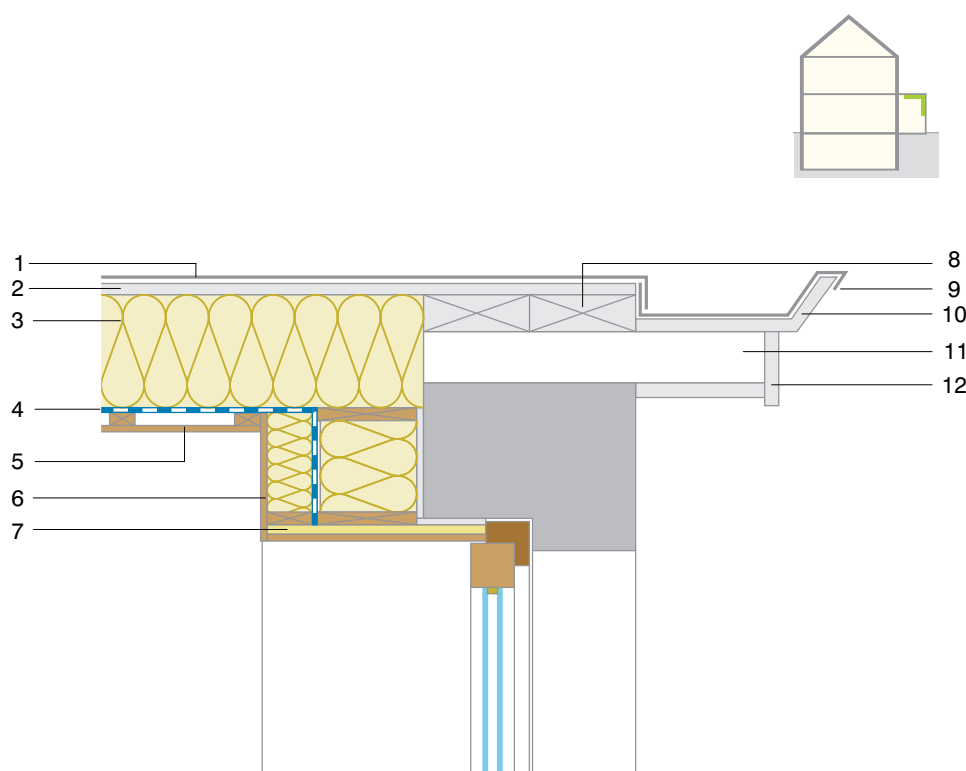
✘ Raccord de toiture terrasse isolé de l'intérieur avec mur de façade isolé par l'extérieur.



1. Étanchéité bitumeuse ou polymère existante.
2. Voilage, panneaux de multiplex ou OSB existant.
3. Isolant présentant un volant hygroscopique important (par ex. laine de bois ou cellulose insufflée).
4. Freine vapeur à hydroadaptation variable.
5. Lattage pour pose de plaques de finition sur structure de réglage. L'espace entre la structure et la finition permet la mise en œuvre du câblage électrique sans percer la membrane de régulation de vapeur.
6. Pièce de maintien des cartouches de corniche.
7. Revêtement de corniche conservé.
8. Corniche en bois maintenue.
9. Les maçonneries entre les cartouches de soutien de corniche doivent si possible être remplacées par un isolant pour supprimer le pont thermique au bord de la toiture.
10. Les rives peuvent être maintenues en place, les dessous de corniches seront remplacés pour permettre la mise en œuvre de l'isolant jusque contre le fond de chéneau.
11. Isolation thermique de la façade.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

✘ Raccord de toiture terrasse isolée de l'intérieur avec mur de façade isolé par l'intérieur.

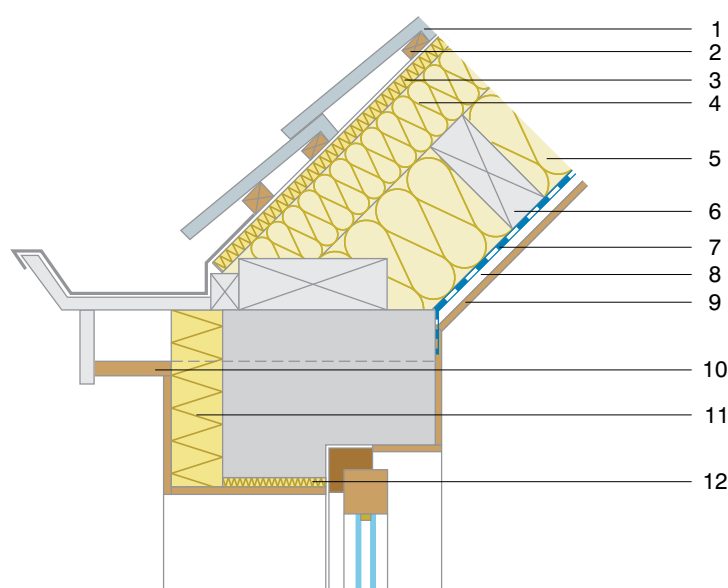
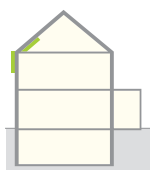


1. Étanchéité bitumeuse ou polymère existante.
2. Voilage, panneaux de multiplex ou OSB existant.
3. Isolant présentant un volant hygroscopique important (par ex. laine de bois ou cellulose insufflée).
4. Freine vapeur à hydroadaptation variable.
5. Lattage pour pose de plaques de finition sur structure de réglage. L'espace entre la structure et la finition permet la mise en œuvre du câblage électrique sans percer la membrane de régulation de vapeur.
6. Contre cloison isolée pour le passage de gaines électriques et de canalisations dans le mur sans percer la membrane de régulation de vapeur.
7. Retour d'isolant sur les châssis.
8. Pièce de maintien des cartouches de corniche.
9. Revêtement de corniche conservé.
10. Corniche en bois maintenue.
11. Cartouches de soutien de corniche.
12. Rives et dessous de corniches conservées.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

### ✘ Raccord de toiture à versants isolée avec mur de façade isolé par l'extérieur.

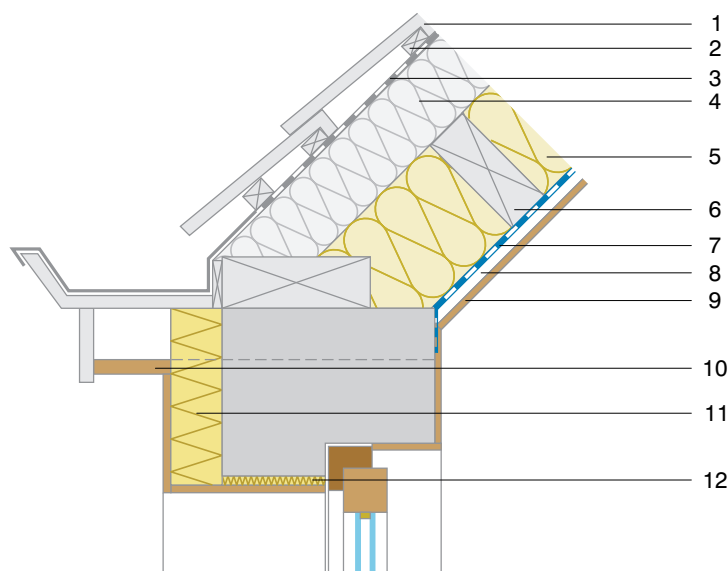
1. Couverture en matériaux perméables à la vapeur d'eau (tuiles, ardoises, bardeaux, etc.).
2. Liteaux pour tuiles sur contre-lattage permettant à l'eau de s'évacuer du pare-pluie.
3. Sous-toiture en matériau synthétique non-tissé en fibres de polyéthylène ou pare pluie en feutre de bois.
4. Isolant entre chevrons existants.
5. Isolant entre pannes.
6. Structure portante (pannes).
7. Membrane de régulation de vapeur.
8. Lattage pour pose de plaques de finition sur structure de réglage. L'espace entre la structure et la finition permet la mise en œuvre du câblage électrique sans percer la membrane de régulation de vapeur.
9. Plaques de finition.
10. Rives maintenues en place, dessous de corniches remplacées pour permettre la mise en œuvre de l'isolant jusqu'à contre le fond de chéneau.
11. Isolation thermique de la façade.
12. Isolant sur retour de baie minimum 2 cm.



*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

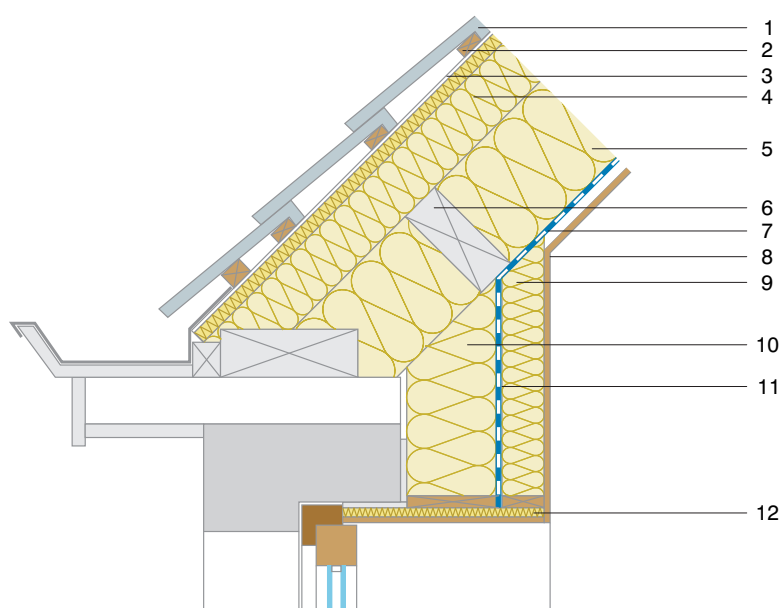
### ✘ Raccord de toiture à versants post-isolée avec mur de façade isolé par l'extérieur.

1. Couverture existante en matériaux perméables à la vapeur d'eau (tuiles, ardoises, bardeaux, etc.).
2. Liteaux pour tuiles sur contre-lattage permettant à l'eau de s'évacuer du pare-pluie.
3. Sous-toiture maintenue (vérifier son degré de perméabilité à la vapeur d'eau).
4. Isolant existant entre chevrons.
5. Isolation complémentaire entre pannes.
6. Structure portante (pannes).
7. Membrane de régulation de vapeur (à choisir selon le degré de perméabilité à la vapeur d'eau du complexe d'isolation mis en œuvre).
8. Lattage pour pose de plaques de finition sur structure de réglage. L'espace entre la structure et la finition permet la mise en œuvre du câblage électrique sans percer la membrane de régulation de vapeur.
9. Plaques de finition.
10. Rives maintenues en place, dessous de corniches remplacées pour permettre la mise en œuvre de l'isolant jusqu'à contre le fond de chéneau.
11. Isolation thermique de la façade.
12. Isolant sur retour de baie minimum 2 cm.



*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

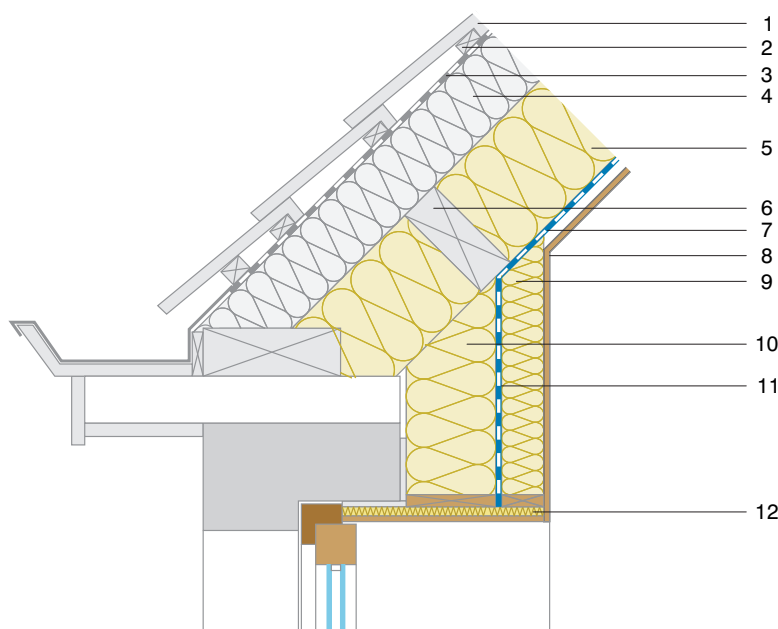
✕ Raccord de toiture à versants isolée avec mur de façade isolé par l'intérieur.



1. Couverture en matériaux perméables à la vapeur d'eau (tuiles, ardoises, bardeaux, etc.).
2. Litesaux pour tuiles sur contre-lattage permettant à l'eau de s'évacuer du pare-pluie.
3. Sous-toiture en matériau synthétique non-tissé en fibres de polyéthylène ou pare pluie en feutre de bois.
4. Isolant entre chevrons existants.
5. Isolant entre pannes.
6. Structure portante (pannes).
7. Membrane de régulation de vapeur.
8. Plaques de finition.
9. Contre cloison isolée pour le passage de gaines électriques et de canalisations dans le mur sans percer la membrane de régulation de vapeur.
10. Isolation principale sur murs présentant un volant hygroscopique important (par ex. laine de bois ou cellulose insufflée).
11. Freine vapeur à hydroadaptation variable.
12. Isolant sur retour de baie minimum 2 cm.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

✕ Raccord de toiture à versants post-insulée avec mur de façade isolé par l'intérieur.



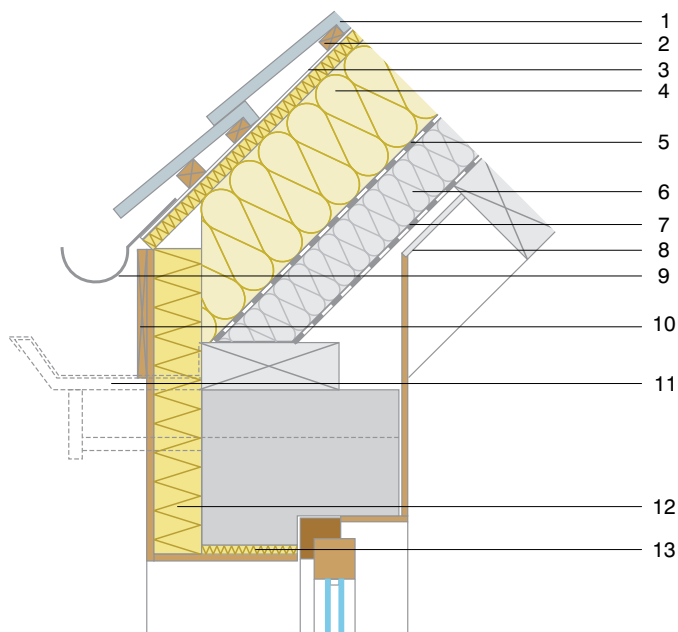
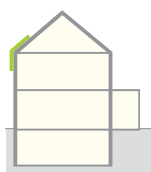
1. Couverture existante en matériaux perméables à la vapeur d'eau (tuiles, ardoises, bardeaux, etc.).
2. Litesaux pour tuiles sur contre-lattage permettant à l'eau de s'évacuer du pare-pluie.
3. Sous-toiture maintenue (vérifier son degré de perméabilité à la vapeur d'eau).
4. Isolant existant entre chevrons.
5. Isolation complémentaire entre pannes.
6. Structure portante (pannes).
7. Membrane de régulation de vapeur (à choisir selon le degré de perméabilité à la vapeur d'eau du complexe d'isolation mis en œuvre).
8. Plaques de finition.
9. Contre cloison isolée pour le passage de gaines électriques et de canalisations dans le mur sans percer la membrane de régulation de vapeur.
10. Isolation principale sur murs présentant un volant hygroscopique important (par ex. laine de bois ou cellulose insufflée).
11. Freine vapeur à hydroadaptation variable.
12. Isolant sur retour de baie minimum 2 cm.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

✘ Raccord de toiture à versants post-isolée par l'extérieur (toiture sarking) avec mur de façade isolé par l'extérieur.

1. Couverture en matériaux perméables à la vapeur d'eau (tuiles, ardoises, bardeaux, etc.).
2. Liteaux pour tuiles sur contre-lattage permettant à l'eau de s'évacuer du pare-pluie.
3. Sous-toiture en matériau synthétique non-tissé en fibres de polyéthylène ou pare pluie en feutre de bois.
4. Toiture isolée de type Sarking posée sur les chevrons existants.
5. Ancien pare-pluie pouvant être conservé, si suffisamment perméable à la vapeur d'eau.
6. Isolant existant maintenu.
7. Membrane de régulation de vapeur conservée.
8. Plaques de finition.
9. Nouvelle gouttière ou nouveau chéneau.
10. Nouvelle planche de rive.
11. Démolition de l'égout de toiture existant.
12. Isolation thermique de la façade.
13. Isolant sur retour de baie minimum 2 cm.

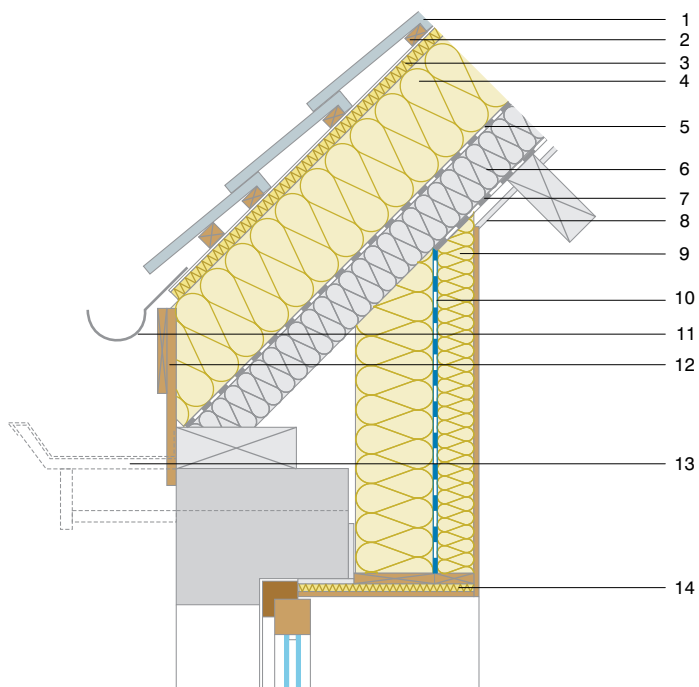
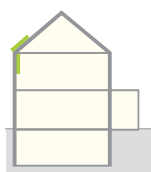
*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*



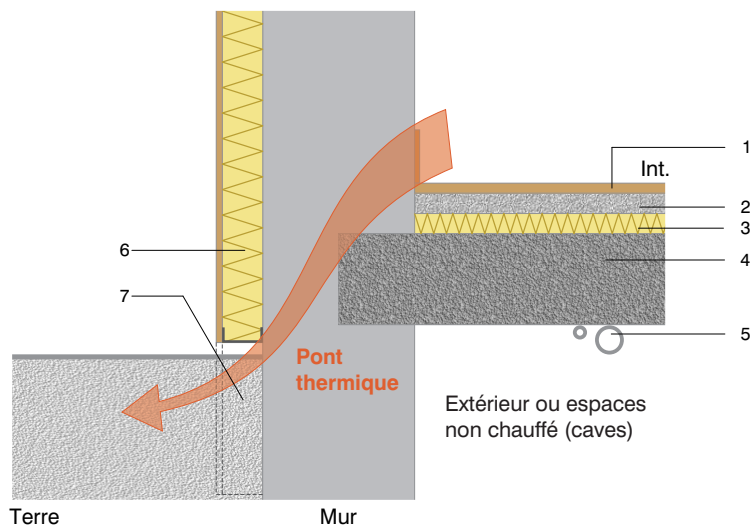
✘ Raccord de toiture à versants post-isolée par l'extérieur (toiture sarking) avec mur de façade isolé par l'intérieur.

1. Couverture en matériaux perméables à la vapeur d'eau (tuiles, ardoises, bardeaux, etc.).
2. Liteaux pour tuiles sur contre-lattage permettant à l'eau de s'évacuer du pare-pluie.
3. Sous-toiture en matériau synthétique non-tissé en fibres de polyéthylène ou pare pluie en feutre de bois.
4. Toiture isolée de type Sarking posée sur les chevrons existants.
5. Ancien pare-pluie pouvant être conservé, si suffisamment perméable à la vapeur d'eau.
6. Isolant existant maintenu.
7. Membrane de régulation de vapeur conservée.
8. Plaques de finition.
9. Contre cloison isolée pour le passage de gaines électriques et de canalisations dans le mur sans percer la membrane de régulation de vapeur.
10. Isolation principale sur murs présentant un volant hygroscopique important (par ex. laine de bois ou cellulose insufflée).
11. Nouvelle gouttière ou nouveau chéneau.
12. Nouvelle planche de rive.
13. Démolition de l'égout de toiture existant.
14. Isolant sur retour de baie minimum 2 cm.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*



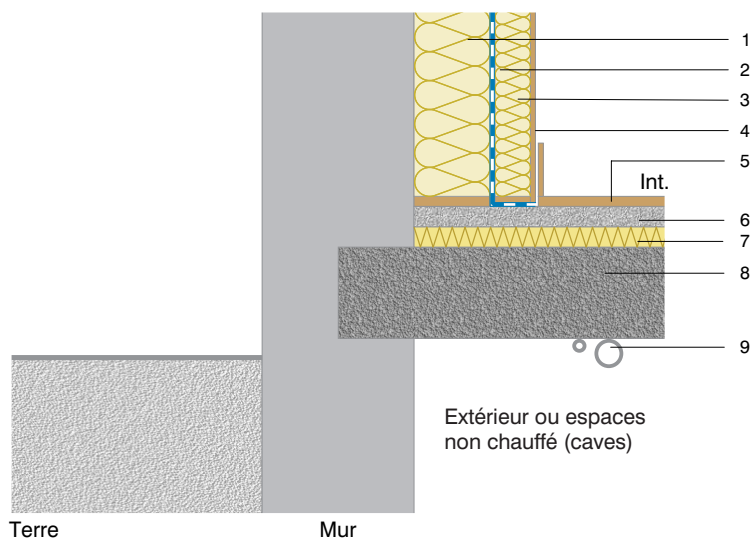
✕ Raccord de mur isolé par l'extérieur avec plancher monolithe isolé par l'intérieur.



1. Revêtement existant à remplacer.
2. Nouvelle chape.
3. Isolant minéral, végétal ou synthétique résistant à la compression.
4. Structure monolithe existante.
5. Tuyauteries.
6. Isolation thermique de la façade.
7. Extension de l'isolant de façade pour réduire le pont-thermique.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

✕ Raccord de mur isolé par l'intérieur avec plancher monolithe isolé par l'intérieur.



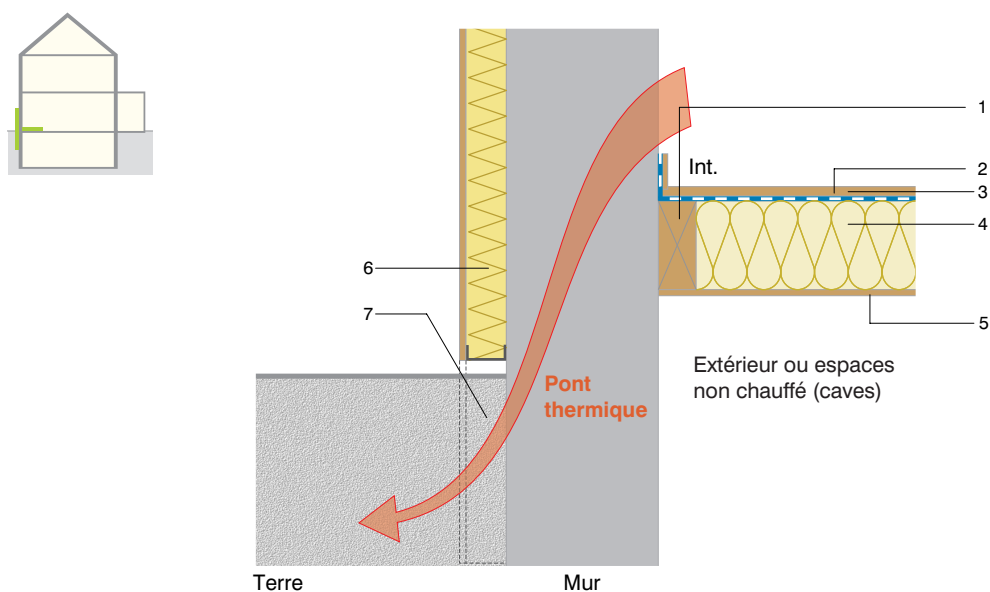
1. Isolation principale sur murs présentant un volant hygroscopique important (par ex. laine de bois ou cellulose insufflée).
2. Freine vapeur à hygroadaptation variable.
3. Contre cloison isolée pour le passage de gaines électriques et de canalisations dans le mur sans percer la membrane de régulation de vapeur.
4. Plaques de finition.
5. Revêtement existant à remplacer.
6. Nouvelle chape.
7. Isolant minéral, végétal ou synthétique résistant à la compression.
8. Structure monolithe existante.
9. Tuyauteries.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

✘ **Raccord de mur isolé par l'extérieur avec plancher en gîtage isolé dans l'épaisseur.**

1. Filière de reprise du plancher encastré dans le mur mitoyen.
2. Revêtement existant à remplacer.
3. Membrane pare-vapeur ou freine-vapeur ou sous plancher OSB.
4. Isolant insufflé ou en matelas.
5. Parachèvement conservé au plafond.
6. Isolation thermique de la façade.
7. Extension de l'isolant de façade pour réduire le pont-thermique.

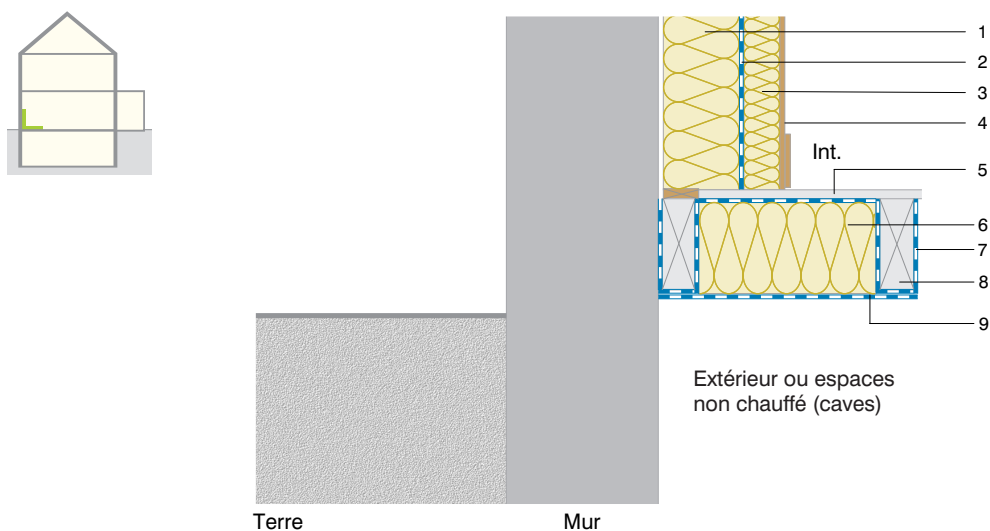
*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*



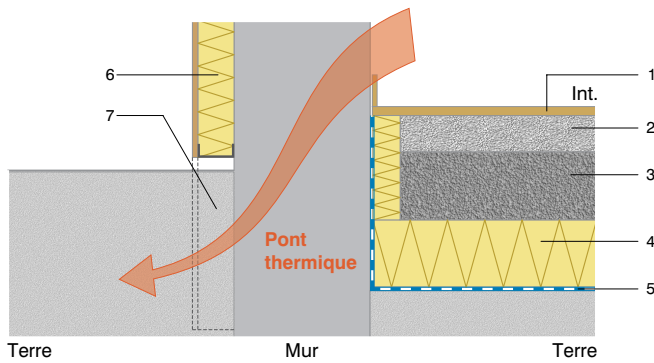
✘ **Raccord de mur isolé par l'extérieur avec plancher en gîtage isolé dans l'épaisseur (variante).**

1. Isolation principale sur murs présentant un volant hygroscopique important (par ex. laine de bois ou cellulose insufflée).
2. Freine vapeur à hydroadaptation variable.
3. Contre cloison isolée pour le passage de gaines électriques et de canalisations dans le mur sans percer la membrane de régulation de vapeur.
4. Plaques de finition.
5. Revêtement de sol existant conservé.
6. Isolant insufflé ou en matelas.
7. Pare-vapeur ou freine-vapeur.
8. Structure existante.
9. Voile ouvert à la diffusion de vapeur.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*



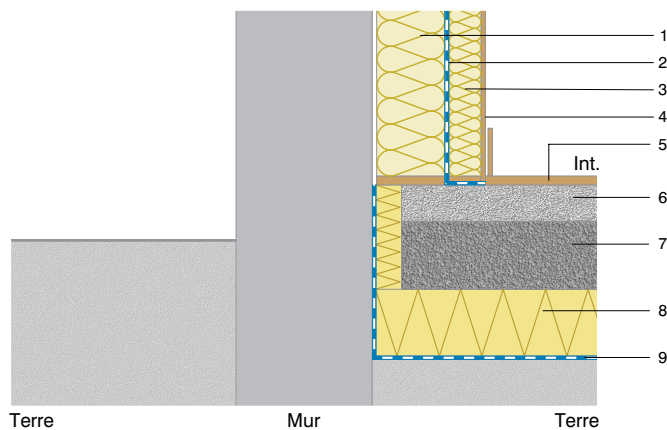
✕ Raccord de mur isolé par l'extérieur avec dalle de sol isolée contre terre.



1. Revêtement existant à remplacer.
2. Nouvelle chape.
3. Nouvelle structure monolithe.
4. Isolant minéral, végétal ou synthétique résistant à la compression.
5. Nouvelle étanchéité.
6. Isolation thermique de la façade.
7. Extension de l'isolant de façade pour réduire le pont-thermique.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

✕ Raccord de mur isolé par l'intérieur avec dalle de sol isolée contre terre.



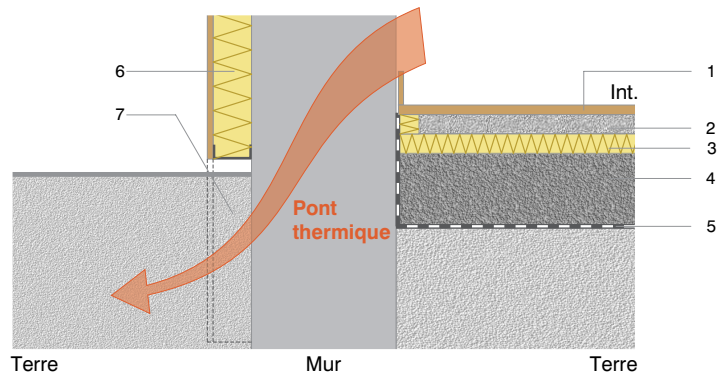
1. Isolation principale sur murs présentant un volant hygroscopique important (par ex. laine de bois ou cellulose insufflée).
2. Freine vapeur à hygroadaptation variable.
3. Contre cloison isolée pour le passage de gaines électriques et de canalisations dans le mur sans percer la membrane de régulation de vapeur.
4. Plaques de finition.
5. Revêtement existant à remplacer.
6. Nouvelle chape.
7. Nouvelle structure monolithe.
8. Isolant minéral, végétal ou synthétique résistant à la compression.
9. Nouvelle étanchéité.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*

✘ Raccord de mur isolé par l'extérieur avec dalle de sol isolée de l'intérieur.

1. Revêtement existant à remplacer.
2. Nouvelle chape.
3. Isolant minéral, végétal ou synthétique résistant à la compression.
4. Structure monolithe existante.
5. Étanchéité existante.
6. Isolation thermique de la façade.
7. Extension de l'isolant de façade pour réduire le pont-thermique.

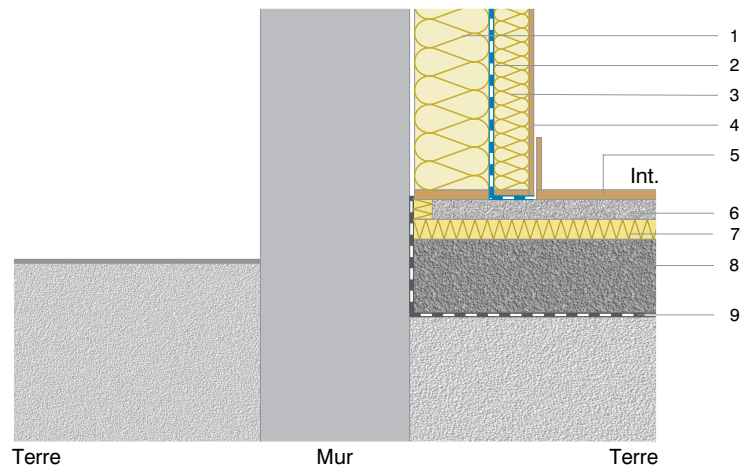
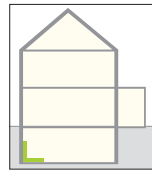
*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*



✘ Raccord de mur isolé par l'intérieur avec dalle de sol isolée de l'intérieur.

1. Isolation principale sur murs présentant un volant hygroscopique important (par ex. laine de bois ou cellulose insufflée).
2. Freine vapeur à hygroadaptation variable.
3. Contre cloison isolée pour le passage de gaines électriques et de canalisations dans le mur sans percer la membrane de régulation de vapeur.
4. Plaques de finition.
5. Revêtement existant à remplacer.
6. Nouvelle chape.
7. Isolant minéral, végétal ou synthétique résistant à la compression.
8. Structure monolithe existante.
9. Étanchéité existante.

*En gris les éléments conservés, en couleur les éléments remplacés ou nouveaux*



## 2.8 Les ponts thermiques

Un pont thermique est une zone ponctuelle ou linéaire qui, dans l'enveloppe d'un bâtiment, présente une diminution de résistance thermique. Les jonctions entre deux matériaux de résistance thermique ou de conductivité thermique très différentes créent un pont thermique. La présence de ponts thermiques a pour conséquences :

- Des déperditions thermiques accrues.

Pour un bâtiment bien isolé les déperditions thermiques des ponts thermiques non résolus aux nœuds constructifs peuvent représenter jusqu'à 25 % des pertes par conduction. L'effort d'isolation peut donc être lourdement pénalisé par la subsistance de quelques ponts thermiques.

- Un risque accru de formation de condensation.

Les risques de condensation et de moisissures résultent de la température de surface intérieure plus faible au niveau du pont thermique. Les condensations peuvent dégrader des ouvrages tels que peintures, plafonnages et boiseries. Les moisissures sont responsables d'une pollution de l'air intérieur pouvant avoir un effet néfaste sur la santé des occupants.

L'intensité des ponts thermiques est représentée :

- Par le coefficient  $\psi$  (prononcé psi), exprimé en Watt par mètre Kelvin (W/mK) pour les ponts linéaires comme les liaisons mur et dalle de sol non isolé à l'interface, les murs de refend liaisonnés avec une façade isolée par l'intérieur, un linteau de mur porteur en contact avec le mur de parement, etc. Ce sont les ponts thermiques les plus rencontrés et les plus pénalisants.<sup>35</sup>
- Par le coefficient  $\chi$  (prononcé ki), exprimé en Watt par Kelvin (W/K) pour les ponts ponctuels comme les colonnes traversant des dalles de sol isolées, des poutres métalliques prenant appui sur un mur isolé par l'intérieur, etc.

Le logiciel PHPP (Passive House Planning Package)<sup>36</sup> demande de tenir compte des ponts thermiques quand ils sont supérieurs à 0,01 W/mK. Pour donner un ordre de grandeur un mur de refend liaisonnés avec une façade isolée par l'intérieur doit être encodé avec une valeur de +/- 0,35 W/mK soit 35 fois le seuil toléré en maison passive. On en retiendra que plus la performance thermique demandée sera proche de standard passif (15 kWh/m<sup>2</sup>.an), moins les ponts thermiques pourront être tolérés.

Dans le cas d'une isolation par l'intérieur, il faudra soigner la conception des détails pour assurer la continuité de l'isolation. Les détails qui permettent d'éviter les ponts thermiques sont complexes et engendrent des coûts supplémentaires parfois très importants.

Si certains ponts thermiques ne peuvent être résolus, on court le risque d'y voir apparaître de la condensation.

Pour réduire les risques que ce phénomène se produise, on peut :

- Isoler ponctuellement de manière à réduire l'impact du pont thermique pour que la température de la face intérieure des parois ne descende pas en dessous de 17,5 °C.
- Ventiler afin de diminuer l'humidité relative de l'air intérieur. Un système de ventilation double flux peut contribuer à assécher l'air.
- Chauffer la face intérieure des parois froides. Placer les émetteurs de chaleur (radiateurs, convecteurs) proche des zones à risque et s'assurer qu'ils fonctionnent lorsque la température extérieure est inférieure à 5 °C.

<sup>35</sup> Atlas de ponts thermiques « KOBRA » téléchargeable sur le site du CSTC ([www.cstc.be](http://www.cstc.be)) en tapant « kobra » dans le moteur de recherche

Atlas de ponts thermiques OFEN [http://www.vd.ch/fileadmin/user\\_upload/themes/environnement/energie/fichiers\\_pdf/calcul\\_pont\\_thermiques.pdf](http://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/energie/fichiers_pdf/calcul_pont_thermiques.pdf)

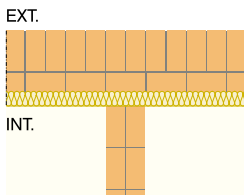
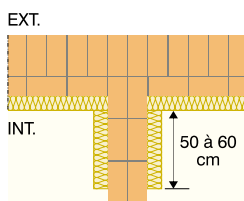
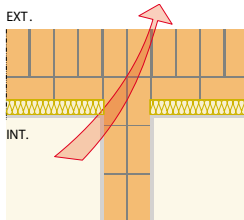
<sup>36</sup> La Plateforme Maison Passive ([www.pmp.be](http://www.pmp.be)) organise des formations sur le thème des ponts thermiques et propose un service d'évaluation

## ● Atténuation des ponts thermiques en isolation par l'intérieur

Lorsque l'isolation par l'extérieur n'est pas possible, il faudra mettre en œuvre des solutions qui permettent de supprimer ou d'atténuer les ponts thermiques aux nœuds constructifs inhérents à une isolation par l'intérieur.

### ✕ Les murs de refend

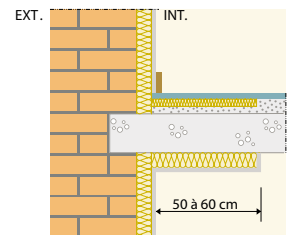
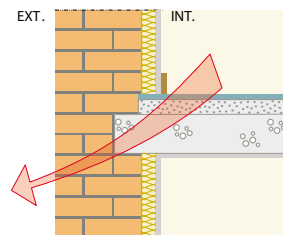
La jonction entre les murs de refend et les façades isolées par l'intérieur constitue un pont thermique qu'il est possible d'atténuer. Différentes solutions peuvent être envisagées. La solution la plus facile à mettre en œuvre consiste à créer un retour d'isolant sur le mur de refend avec une épaisseur plus faible que sur le mur de façade. Un retour d'isolant de 1 m permet de pratiquement éliminer l'effet du pont thermique au droit du nœud constructif, un retour de 50 à 60 cm permet de le limiter de façon très efficace. Ces deux premières interventions peuvent gêner l'aménagement intérieur ou être peu esthétique. Un retour de 25 cm limite l'impact du pont thermique ainsi que le danger de condensation et sera plus facile à intégrer à l'architecture intérieure. Le retour d'isolant pourra être intégré à des caissons à rideaux, à des cache-radiateur, être aligné aux tablettes, etc. Une autre solution consiste à entailler ou à recouper la jonction du mur de refend et du mur extérieur. Cette solution permet de supprimer le pont thermique. Cependant, elle peut causer des problèmes de stabilité.



### ✕ Les dalles monolithes

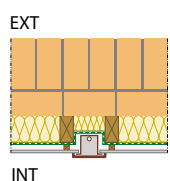
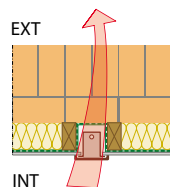
La jonction entre une dalle de plancher en béton armé et une façade isolée par l'intérieur rejoint le cas du mur de refend.

Le plancher étant encasté et portant sur le mur, il sera très difficile, voir impossible de le recouper pour assurer la continuité de l'isolant. Pour limiter le pont thermique au droit du nœud constructif, on placera un retour d'isolant au plafond avec les mêmes contraintes de gestion des parachèvements que pour les murs de refend. La mise en œuvre de l'isolant au sol nécessitera la démolition partielle ou totale du revêtement de sol dans les pièces côté façade.



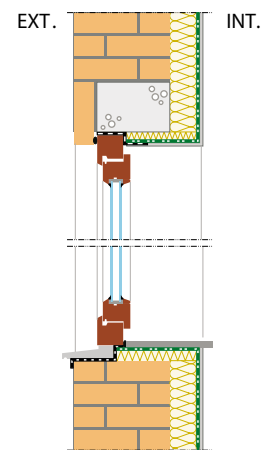
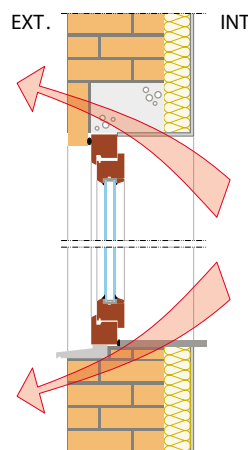
### ✕ Les baies de fenêtres

L'isolation des murs par l'intérieur nécessite des retours d'isolation sur les ébrasements des baies de portes et de fenêtres pour neutraliser les ponts thermiques. L'épaisseur de l'isolant qui pourra être mis en œuvre dépendra de l'espace disponible entre la partie ouvrante du châssis et l'ouverture intérieure de la baie. Les éventuels chambranles de fenêtres anciens et les tablettes devront être démolis pour mettre en œuvre les retours d'isolants de 2 cm d'épaisseur minimum.



### ✕ Percements locaux des isolants

La mise en œuvre de tuyauteries ou de matériel électrique créant des faiblesses locales dans les isolants devra être évitée.<sup>37</sup>



<sup>37</sup> Voir aussi les détails p. 202-203

## 2.9 L'étanchéité à l'air

L'étanchéité à l'air de l'enveloppe d'un bâtiment est un paramètre important de sa performance énergétique. Les fuites d'air occasionnent des pertes de chaleur par temps froid et sont parfois à l'origine de phénomènes de condensation. Lors de travaux de rénovation, l'amélioration de la résistance thermique de l'enveloppe ira de pair avec l'amélioration de son étanchéité. L'augmentation de l'étanchéité à l'air éveille souvent chez le grand public la crainte d'habiter un espace confiné et oppressant. À ce sujet, il ne faut pas confondre augmentation de l'étanchéité à l'air et imperméabilité à l'air. Une maison passive ne doit pas présenter un renouvellement d'air dépassant 0,6 volume d'air par heure sous une différence de pression de 50 Pascale. De manière plus imagée, cela veut dire que +/- la moitié du volume d'air présent à l'intérieur de l'habitation est remplacée chaque heure par de l'air venant de l'extérieur lorsqu'un vent modéré et maximum de 29 à 38 km/h souffle dehors.

Un bâtiment, même passif, n'est donc pas complètement étanche à l'air. Un système de ventilation efficace est cependant indispensable pour assurer la qualité de l'air intérieur dans la durée.

Les notions d'étanchéité à l'air et d'étanchéité au transfert de vapeur d'eau sont souvent confondues, ce sont deux choses différentes.

Un bâtiment peut être perspirant, c'est-à-dire permettre le transfert de vapeur d'eau de l'intérieur vers l'extérieur par la mise en œuvre de membranes de régulation de vapeur et de matériaux adaptés tout en étant très étanche au transfert d'air par un calfeutrage adéquat.

Un bâtiment peut par contre être peu étanche à l'air à cause de multiples raccords mal exécutés ou simplement datant d'une époque où ce type de préoccupation n'existait pas et être très étanche au transfert de vapeur d'eau par la mise en œuvre de membranes pare-vapeur ou des matériaux constituant son enveloppe (exemple : façades et toitures en voiles de béton armé). C'est bien entendu la première formule qui sera à la fois la plus performante thermiquement et la plus saine au niveau des équilibres hygrométriques.

### ✕ Quelques repères en matière d'étanchéité à l'air

Le taux d'infiltration d'air sous une différence de pression de 50 Pa est exprimé par le coefficient  $\eta_{50}$ . Plus ce chiffre est petit, meilleur est l'étanchéité à l'air.

- La valeur exigée pour le standard passif est  $\eta_{50} = 0.6 \text{ h}^{-1}$
- La valeur moyenne pour les maisons neuves construites dans le cadre de l'action « construire avec l'énergie » en Région wallonne est  $\eta_{50} = 3 \text{ h}^{-1}$
- La valeur moyenne sur 50 logements mesurés dans les années 90 dans le cadre de l'étude SENVIVV est  $\eta_{50} = 7.8 \text{ h}^{-1}$ . Cette valeur est reprise comme valeur par défaut dans les demandes de prime basse énergie en région Bruxelloise.
- La valeur par défaut considérée dans le calcul PEB est  $\eta_{50} = 12 \text{ h}^{-1}$

Les valeurs par défaut reprises dans la PEB wallonne et en Région bruxelloise considèrent donc qu'un logement dans lequel aucune précaution particulière n'a été prise en matière d'étanchéité à l'air est entre 13 à 20 fois moins étanche qu'une maison passive. Quand on sait que les pertes thermiques par défaut d'étanchéité peuvent représenter jusqu'à 50 % des déperditions totales et seront proportionnellement d'autant plus importantes que des efforts auront été faits en matière d'isolation, il convient d'y prêter la plus grande attention.

### ✘ Dans la pratique en rénovation

Plus la campagne de rénovation est étendue et plus d'importantes améliorations de l'étanchéité à l'air pourront être réalisées. Le remplacement des châssis, l'isolation ou la post-isolation des toitures sont autant d'occasions à ne pas laisser passer pour rendre étanche à l'air ces composants de l'enveloppe. Le suivi de chantier est ici primordial, car la mise en œuvre d'une étanchéité à l'air efficace n'est pas encore entrée dans les mœurs dans le milieu de la construction et nombre d'entrepreneurs et d'ouvriers n'en perçoivent pas l'utilité et ne sont pas toujours compétents pour les mettre en œuvre.

- L'expérience de chantier montre qu'une isolation complète de toiture avec pose soignée de bandes d'étanchéité à l'air avec les murs périphériques et autour des fenêtres de toiture complétée d'une isolation de façade par l'extérieur sans changement ni amélioration de châssis relativement récents permet d'atteindre un coefficient d'étanchéité aux environs de  $4 \text{ h}^{-1}$  soit 3 fois meilleur que la valeur par défaut reprise dans la PEB wallonne.
- Dans le cas d'une rénovation plus lourde, comprenant non seulement l'isolation de la toiture, le remplacement de la totalité des châssis et une isolation complète des façades par l'intérieur ou par l'extérieur avec une attention apportée au calfeutrement de chaque élément, il est possible d'atteindre une étanchéité à l'air inférieure à  $1,5 \text{ h}^{-1}$ . C'est à partir de ce niveau d'étanchéité que l'installation d'un système de ventilation double flux avec récupération de chaleur devient particulièrement intéressante et performante.

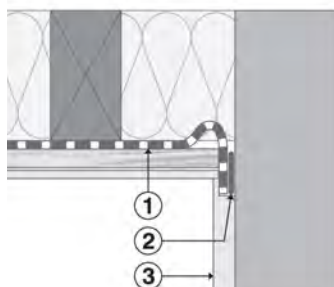
### ✘ Quelques détails d'étanchéité à l'air

- En raison de la typologie constructive en murs massifs plafonnés de la grande majorité des bâtiments anciens, la plupart des raccords d'étanchéité seront des raccords entre éléments constructifs secs et parois humides (plafonnées). Raccords de sous-toiture avec le plafonnage et de châssis avec le plafonnage lorsque la post-isolation se fait par l'extérieur.
- Les raccords secs seront réservés aux jonctions entre feuilles de membranes pare ou freine-vapeur, aux raccords entre les châssis existants et la structure d'une post-isolation par l'intérieur et comme calfeutrage des percements des parois par les techniques (cheminées, décharges, gaines de ventilation).
- Les joints entre châssis et vitrages, ceux des ouvrants ainsi que les joints d'étanchéité au sol des portes extérieures et d'accès aux volumes non protégés (trappes de grenier, portes de caves) assurent l'étanchéité à l'air de ces éléments de l'enveloppe de manière autonome.

#### Raccord humide entre mur et pare ou freine-vapeur en toiture

- La bande d'étanchéité adhésive est fixée sur la membrane de régulation de vapeur, le treillis en attente est noyé dans le plafonnage (photo).
- En variante, la membrane de régulation de vapeur est collée contre le mur par un cordon de colle et est ensuite noyée dans le plafonnage (détail).

1. pare ou freine vapeur
2. joint colle étanche
3. plafonnage



Source Proclima

### Raccord humide entre mur et châssis

- (1) Le châssis est remplacé, la bande d'étanchéité adhésive est fixée latéralement sur l'épaisseur du dormant du châssis, le treillis en attente est noyé dans le plafonnage.
- (2) Le châssis est existant, la bande d'étanchéité adhésive est collée sur le côté intérieur du dormant du châssis, le treillis en attente est noyé dans le plafonnage. Une moulure couvrira la partie de bande adhésive visible collée sur le dormant du châssis.

(photo 1) La pose de la bande d'étanchéité adhésive sur l'épaisseur du dormant du châssis de manière invisible, le treillis est en attente du plafonnage. À noter l'avancement du nouveau châssis dans le plan extérieur de façade et le remplissage de l'ancienne bâtée par des blocs de béton cellulaire.

(photo 2) la bande d'étanchéité adhésive est collée de manière visible sur le côté intérieur du dormant du châssis, le treillis sera noyé dans le plafonnage. La moulure qui couvrira la partie visible de la bande adhésive sera mise en œuvre après plafonnage.

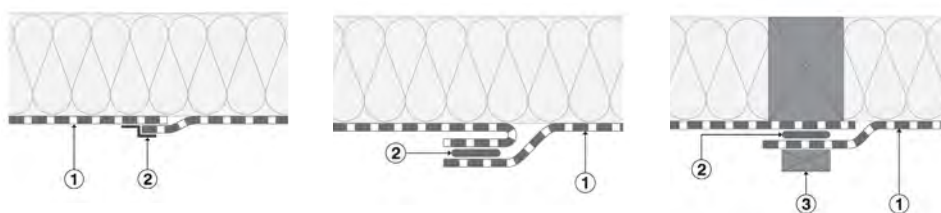


### Raccord sec entre feuilles de membranes de pare ou freine-vapeur

En rénovation les membranes pare ou freine-vapeur constituent le plus souvent l'étanchéité à l'air des toitures à versants, toitures terrasse isolées dans l'épaisseur du gîtage ou des structures en caissons d'une isolation de façade par l'intérieur insufflé.

Ci-contre les raccords corrects entre membranes.

- collage à la bande adhésive
- collage avec pli
- collage sous latte



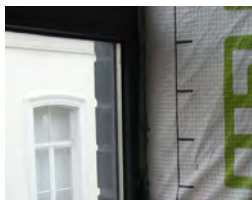
**Collage à la bande adhésive**  
1. pare ou freine vapeur  
2. bande adhésive

**Collage avec pli**  
1. pare ou freine vapeur  
2. joint colle étanche

**Collage sous latte**  
1. pare ou freine vapeur  
2. joint colle étanche  
3. latte

En cas de remplacement des membranes par un panneauage en osb, mise en œuvre assez rare en rénovation mais souvent appliquée en construction neuve en ossature bois pour des raisons de contreventement de structure, les joints des panneaux doivent être recouverts de bande adhésive pour qu'ils soient étanches à l'air.<sup>38</sup> En cas de mise en œuvre d'osb au sol (plancher sur gîtage sur espace non chauffé), les bandes adhésives d'étanchéité devront être protégées de la circulation avant mise en œuvre rapide des revêtements de sol.

<sup>38</sup> Signalons que certains panneaux OSB sont poreux et ne présentent pas une étanchéité à l'air performante, il est donc prudent de ne pas les utiliser quand ces panneaux sont seuls à assurer l'étanchéité à l'air d'une paroi ou de les doubler avec un film freine-vapeur.



### Raccord sec entre mur et châssis

En post-isolation par l'intérieur, les raccords d'étanchéité à l'air sont le plus souvent des raccords à sec effectués à l'aide de bandes adhésives ou par collage de la membrane pare ou freine-vapeur sur le châssis.

### Étanchéité des percements à travers l'enveloppe

Il s'agit principalement des cheminées de gaz brûlés, des cheminées de ventilation, des aductions et évacuations d'eau et des impétrants (raccordements gaz, électricité, tv-distribution, téléphone, internet) qui traversent les parois isolées de l'enveloppe du bâtiment.

Les raccords avec un pare ou freine vapeur (membrane ou panneau) doivent être réalisés avec des manchons préformés ou des bandes adhésives spécifiques. Le raccord entre une cheminée de gaz brûlé et la toiture doit obligatoirement être un raccord froid. Le corps de cheminée doit être soit un boisseau isolé, soit un conduit métallique à double paroi isolée.

Les raccords en mousse de polyuréthane doivent être évités, ils sont d'ailleurs à proscrire pour assurer l'étanchéité à l'air des châssis. Ces raccords ne sont acceptables que dans des cas très spécifiques où les mouvements mécaniques et les différences de pression sont très réduits, comme par exemple pour le passage d'une décharge à travers un plancher de cave monolithe.



Raccord de percement en cours autour d'une décharge, Source CSTC



Raccord autour d'un percement de toiture par une cheminée de ventilation, Source Isoproc



Raccord en mousse de polyuréthane autour d'un percement d'une décharge à travers une dalle monolithe, Source CSTC



### Étanchéité des portes extérieures et des portes vers des locaux non protégés thermiquement

Il est possible d'engraver un joint d'étanchéité de type guillotine dans le bas de portes d'entrée anciennes. Ce système s'abaisse lors de la fermeture de la porte, le bourrelet en caoutchouc assurant l'étanchéité à l'air.

### Continuité du plafonnage dans le cas où le plafonnage assure l'étanchéité à l'air

En construction traditionnelle (mur en briques porteuses, planchers en béton armé ou en gîtage bois). C'est le plafonnage sur la face intérieure des façades qui assure l'étanchéité à l'air de ces murs d'enveloppe. Il convient donc lors des travaux de rénovation de faire compléter le plafonnage sur les murs en contact avec l'ambiance extérieure, même dans les locaux techniques s'ils font partie du volume protégé.



Zone non plafonnée derrière des tuyauteries, Source CSTC



Zone non plafonnée en fond de local sanitaire attendant la pose d'un wc suspendu et d'une contre cloison, Source CSTC

Les murs de façades en maçonnerie apparentes peints côté intérieur fort en vogue dans les années 1960 et les murs en bloc de béton laissés apparents typique des certaines maisons des années 1970-1980 ainsi que les murs non plafonnés d'espaces industriels transformés en logements affichent une étanchéité à l'air médiocre, il convient d'en tenir compte lors d'un projet d'amélioration des performances énergétiques de ces logements.

Lorsque la performance à atteindre en rénovation est inférieure à 60 kWh/m<sup>2</sup>.an ou que l'étanchéité à l'air programmée doit être inférieure à 3 h<sup>-1</sup>.

Les mises en œuvre ou la conservation des éléments suivants doivent être évitées.

- volet roulant ancien dans caisson non étanche avec manœuvre à manivelle
- chatière
- boîte aux lettres non étanche dans la porte d'entrée
- hotte nécessitant une amenée d'air directe en continu
- poêle non étanche



photo Modelmo

Volet roulant avec manœuvre à manivelle



photo S.Trachte

Chatière



photo S.Trachte

Boîte aux lettres non étanches dans une porte d'entrée

#### ✘ **Contrôle de l'étanchéité à l'air**

Un test d'étanchéité à l'air ou « blower door test » permet de mesurer le débit de fuite d'un bâtiment. Un ventilateur à débit réglable est placé dans une ouverture en façade, le plus souvent une porte ou une fenêtre. Le ventilateur est enserré dans un cadre réglable étanche à l'air et jointif avec le dormant du châssis ou de la porte.

Les ouvertures suivantes peuvent être fermées : les portes, les fenêtres, les grilles de ventilations sur les châssis quand elles sont équipées de clapets réglables ou régulés, les grilles de ventilation des systèmes de ventilations C et D, les hottes et les cheminées quand elles sont munies de clapets. Les ventilations naturelles ne peuvent pas être obstruées pendant le test, ainsi que les ouvertures permanentes comme les boîtes aux lettres, les chatières, les serrures anciennes, etc. Les décharges des appareils sanitaires ne peuvent pas être bouchées si elles ne sont pas encore raccordées, les siphons des appareils sanitaires raccordés peuvent par contre être remplis d'eau.

Le ventilateur crée une différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur permettant de mesurer le débit de fuite. Le test doit se dérouler dans des conditions météorologiques qui n'influencent pas le résultat. Un vent plus fort que 3 sur l'échelle de Beaufort peut influencer négativement le résultat. Les tests de pressurisations, très cher au départ, sont en train de se démocratiser (+/-1000 € en 2005, +/-250 € en 2010).<sup>39</sup> Uniquement utilisé au départ pour certifier l'étanchéité très performante des maisons passives, ils sont de plus en plus utilisés pour contrôler l'étanchéité souvent plus faible des projets basse énergie ou très basse énergie en rénovation.

#### ✘ **Détection des fuites d'air**

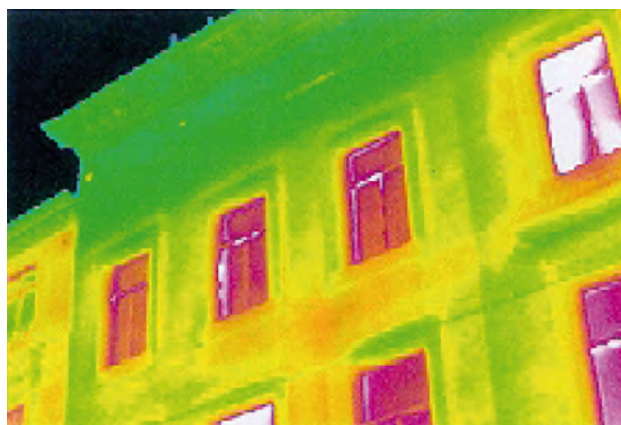
Le test « blower door » à lieu quand l'enveloppe du bâtiment a été rénovée après placement des isolants, pose des membranes de régulation de vapeur, remplacement et calfeutrage des châssis et mise en œuvre des plafonnages sur les faces intérieures des murs de façade.

<sup>39</sup> Prix indicatif en 2010.

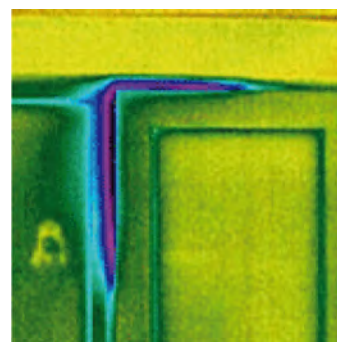
Les techniques qui traversent l'enveloppe (cheminée, conduits de ventilation, tuyauterie d'adduction d'eau et d'égouttage) doivent être soigneusement calfeutrées. La mise en œuvre des plaques de plâtre et les finitions seront de préférence différées puisqu'il sera peut-être nécessaire de corriger certains ouvrages pour remédier aux fuites d'air. Il est primordial de pouvoir détecter l'origine des fuites d'air, plusieurs méthodes existent. La plupart du temps, les entreprises qui réalisent les tests d'étanchéité disposent aussi du matériel permettant de détecter les fuites d'air (caméra de thermographie, anémomètre et générateur de fumée).

#### × La thermographie

Des images dans le spectre infrarouge faites à l'intérieur de la maison permettent de visualiser les zones refroidies par le passage de l'air. Ces images seront prises lorsque la température est plus froide à l'extérieur qu'à l'intérieur du logement, c'est-à-dire en saison froide ou la nuit en saison chaude. Ces zones froides sont rendues en mauve, bleu ou en vert alors que les zones chaudes sont le plus souvent en blanc, rouge, orange et jaune. Dans les projets de rénovation, il convient de pouvoir discriminer les zones de fuite d'air des zones de ponts thermiques non résolus, ce problème ne se pose pas pour les maisons passives construites a priori sans pont thermique et présentant une température de paroi extrêmement homogène.



Thermographie extérieure, source AIE 37



Thermographie intérieure, source AIE 37

#### × L'anémomètre

L'anémomètre permet de détecter le déplacement d'air à l'endroit d'une fuite quand le bâtiment est mis en dépression.

#### × Le générateur de fumée ou la burette à fumée

Le générateur de fumée et son équivalent portable la burette à fumée permettent de visualiser les endroits par où l'air s'échappe du bâtiment.



Anémomètre, source AIE 37



Test de fumée, source AIE 37



blower door test, Source Modelmo, photo M. Opdebeeck

### 3. SYSTÈMES

#### 3.1 La ventilation

La ventilation hygiénique d'un logement (renouvellement d'air de 30 m<sup>3</sup>/h par personne et 3,6 m<sup>3</sup>/h par m<sup>2</sup> de plancher pour des locaux dont la pollution principale est d'origine humaine) permet de maintenir la qualité d'air et surtout d'évacuer l'humidité, issue de la vie quotidienne des habitants, produite à l'intérieur du logement. Dans un bâtiment, les pertes énergétiques se retrouvent principalement en trois interactions entre l'intérieur et l'extérieur : pertes au travers des parois, pertes par la ventilation, et par les infiltrations d'air non contrôlées. Si le bâtiment devient très isolé et très étanche, ces pertes diminuent et l'humidité s'accumule ; or cette dernière doit être absolument évacuée d'où la nécessité de mettre en place un système de ventilation efficace.

Ce système de renouvellement d'air remplira les fonctions suivantes :

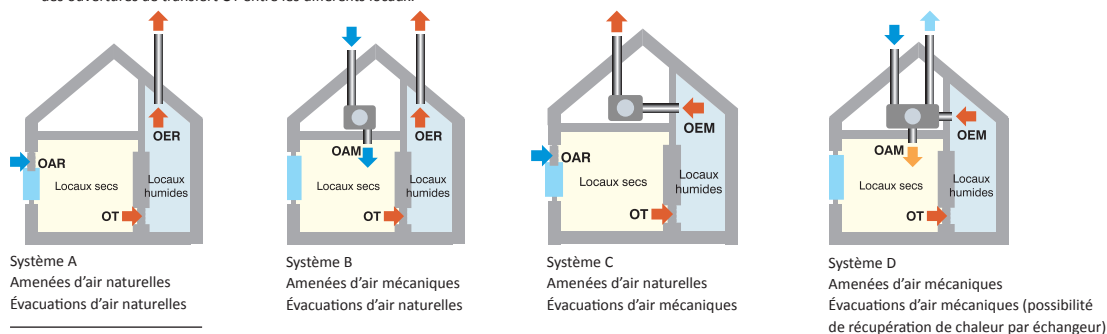
- satisfaire les besoins en air des occupants ;
- évacuer le CO<sub>2</sub> émis par les occupants : le CO<sub>2</sub> n'est pas toxique, mais sa trop grande concentration indique une quantité insuffisante d'oxygène dans l'air pour le bien être des occupants, un taux de CO<sub>2</sub> élevé va généralement de pair avec l'augmentation des odeurs indésirables ;
- évacuer la vapeur d'eau dégagée par les occupants et leurs activités (respiration, cuisine, douches) ;
- évacuer les pollutions intérieures.
  - les hydrocarbures, comme les toluènes, benzènes, xylènes, sont des Composés Organiques Volatiles présents dans certains solvants, colles, peintures, vernis.
  - les formaldéhydes sont des COV largement présents dans les éléments de construction (colles, résines, mousses isolantes en polyuréthanes, etc.), dans certains textiles et désinfectants,... et dans certaines laines de verre ou de roche. Ils sont également présents en grande quantité dans la fumée de cigarette.
  - le radon est un gaz radioactif, présent dans le sol en quantité très différente selon la région et le type de roche. Une grande quantité de radon dans l'habitat augmente fortement les risques de cancer du poumon.

Les débits de ventilation minimaux qui doivent pouvoir être assurés et qui garantissent la qualité de l'air d'un bâtiment résidentiel, sont définis selon le type de local et de sa surface par la norme belge NBN D50-001 et la norme européenne EN 13 779 (brochure téléchargeable).<sup>40</sup> Ils ont été définis sur base de la concentration de polluants dans l'ambiance. Cette norme définit également les 4 systèmes de ventilation présentés ci-dessous. Leur mise en œuvre conforme aux prescriptions de la norme est un gage de qualité de l'installation.

#### ● Les différents systèmes de ventilation

Tout système de ventilation comprend les éléments suivants

- des amenées d'air frais par des ouvertures d'alimentation réglables **OAR** ou des ouvertures d'alimentations mécaniques **OAM** dans les locaux « secs » (séjour, bureaux, chambres, etc).
- des évacuations d'air vicié par des ouvertures d'extraction réglables **OER** ou des ouvertures d'extraction mécaniques **OEM** dans les locaux « humides » ou pièces d'eau (cuisine, salle de bains, wc, buanderies, etc).
- des ouvertures de transfert **OT** entre les différents locaux.



<sup>40</sup> <http://energie.wallonie.be/fr/brochure-la-ventilation-naturelle-des-habitations.html?IDC=6099&IDD=12640>  
<http://energie.wallonie.be/fr/brochure-la-ventilation-mecanique-des-habitations.html?IDC=6099&IDD=12639>.

### ✘ La ventilation naturelle (système A)

La ventilation naturelle après isolation conséquente d'un bâtiment et l'amélioration de son étanchéité demande que l'effet de cheminée entre les bouches d'amenée d'air et d'extraction fonctionne de manière efficace. On ne pourra plus compter sur le fort débit de fuite du bâtiment pour compenser l'éventuelle déficience du système de ventilation naturelle. Le tirage devra être mesuré par un anémomètre et satisfaire aux débits prescrits. La ventilation naturelle n'est plus adaptée pour les bâtiments présentant une étanchéité à l'air inférieure à  $4h^{-1}$ . Elle doit être évitée pour des bâtiments fortement occupés de manière permanente ou présentant des ponts thermiques importants non résolus ou encore équipés de châssis métalliques aux coupures thermiques faibles. Dans ces cas le danger de condensation par défaut de ventilation est réel, surtout dans les locaux humides.

### ✘ Le système en amené forcée et extraction naturelle (système B)

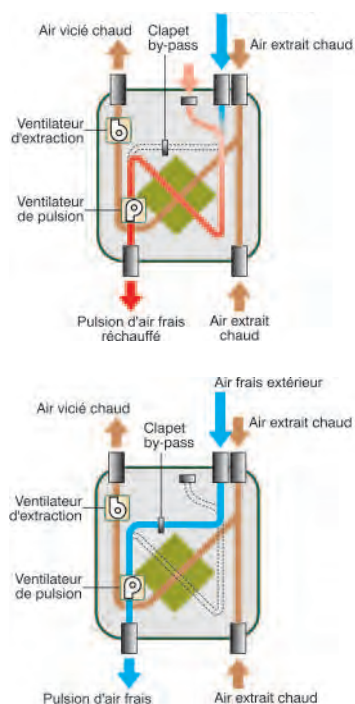
Le système en amené forcée et extraction naturelle est peu utilisé pour du logement, car il ne permet pas l'ouverture des fenêtres dans les pièces sèches sans risque de diminuer fortement la ventilation des locaux humides.

### ✘ Le système en amené naturelle et extraction forcée (système C)

Le système en amené naturelle et extraction forcée ou simple flux s'est répandu assez largement depuis l'imposition d'organiser la ventilation hygiénique. L'air est admis par les façades, généralement par des grilles réglables souvent intégrées dans les châssis et est évacué mécaniquement par des bouches situées dans les locaux humides. Le gainage est peu important et les appareils d'extraction mécaniques simples et fiables.

Des variantes de ce système permettent de ventiler sans trop de pertes de chaleur. Les bouches d'admission en façade ou dans les châssis peuvent être équipées d'un clapet qui réagit automatiquement aux différences de pression dans les locaux et n'admettent que l'air strictement nécessaire à la ventilation. Le déclenchement des extractions motorisées dans les locaux humides peut être commandé par une sonde hygrométrique ou un détecteur de présence. Ce système de ventilation est le plus adapté aux bâtiments présentant après rénovation une étanchéité à l'air supérieure à  $1,5h^{-1}$ . Si l'étanchéité à l'air est inférieure à cette valeur, il vaut mieux opter pour un système D qui sera bien plus performant dans ces conditions.

fonctionnement de l'échangeur de chaleur d'une ventilation double flux : passage dans l'échangeur en hiver ou by-pass en été.



### ✘ Le système en double flux (système D)

Le système en double flux présente l'avantage de pouvoir être équipé d'un récupérateur de chaleur. L'air est extrait par les locaux humides et pulsé dans les locaux secs par l'intermédiaire d'un système mécanique. Le récupérateur de chaleur est équipé d'un échangeur permettant à l'air vicié extrait de préchauffer l'air entrant venant de l'extérieur. La plupart des systèmes ont un rendement supérieur à 85 %. Pour un échangeur ayant un rendement thermique de 95 %, une température d'air extérieur de  $0^{\circ}C$  et une température intérieure de  $20^{\circ}C$ , l'air pulsé est préchauffé à  $19^{\circ}C$  par le seul échange thermique avec l'air extrait. Les économies en termes de chauffage sont importantes quand les pertes par transmissions sont déjà très faibles. En plus de pouvoir filtrer l'air extérieur lors de son admission dans le bâtiment, le système de ventilation double flux contribue à réduire l'écart de température entre les différentes pièces d'une maison en organisant une redistribution de la chaleur à travers l'échangeur. L'appoint de chaleur donné par un poêle à bois installé dans une pièce de vie peut ainsi profiter à d'autres endroits dans l'habitation. Le récupérateur de chaleur peut être mis hors circuit (by-pass) pour permettre de pulser de l'air à température extérieure et permettre une ventilation intensive de nuit en été. Le système ne permettra cependant pas d'éliminer les risques de surchauffes estivales si des protections solaires efficaces n'ont pas été installées et ce pour des rénovations dont le besoin de chauffe est inférieur à  $60 kWh/m^2.an$ .

Une ventilation importante par temps froid entraîne une diminution de l'humidité relative de l'air à l'intérieur du logement. L'air humide de l'ambiance intérieure est extrait et de l'air sec venu de l'extérieur est admis par l'intermédiaire du système de ventilation mécanique. L'humidité relative moyenne de l'air comprise entre 50 à 60 % dans le logement risque alors de passer sous la barre des 30 %, ce qui peut entraîner un inconfort pour les habitants (irritation des yeux et des muqueuses) et causer des dégâts à du mobilier ancien, des instruments de musique ou à des finitions en bois nouvellement posées. Pour pallier cet inconvénient, le récupérateur de chaleur classique peut être remplacé par un échangeur « enthalpique » qui permet un transfert d'une partie de la vapeur d'eau (jusqu'à environ 60 %) de l'air extrait vers l'air entrant.

Une ventilation double flux demande un gainage important et la présence d'une bouche de pulsion ou de reprise dans **chaque** local. Dans le cadre d'une rénovation importante d'une maison de taille moyenne où la machine de ventilation peut être implantée de manière centrale et où les longueurs de gainage sont comparables pour chaque local, ce système est très pertinent. Par contre l'intégration d'un tel système dans un bâtiment ancien de grande taille avec des pièces aux grandes hauteurs sous plafond en diminue l'efficacité à cause des pertes de charge liées à la longueur des gaines. L'implantation du gainage et des bouches de ventilation dans ce genre de maison richement décorée demande en outre une étude minutieuse. Une piste consiste à utiliser d'anciens conduits de fumées inutilisés et de mettre en œuvre les bouches de ventilation sur les faces latérales des massifs de cheminées en dessous des moulures de miroir de plafonds.

#### ✕ **Systèmes complémentaires à une ventilation double flux.**

##### La hotte

En ventilation double flux se pose la question de la hotte en cuisine, doit-on l'intégrer au système, placer une hotte sans évacuation, voire transformer la hotte existant en hotte à recyclage ?

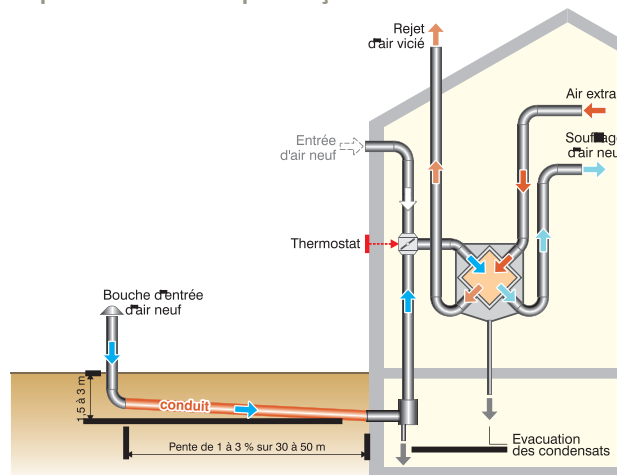
##### **Première solution :**

La hotte fonctionne sans évacuation. Avant d'être recyclé, l'air est filtré pour neutraliser les odeurs et capter les graisses (filtre à charbons actifs, à changer tous les trois mois environ, ou filtres métalliques, à nettoyer régulièrement). Par ailleurs, la ventilation hygiénique de la cuisine permet d'évacuer l'humidité et de récupérer la chaleur de l'air vicié dans l'échangeur.

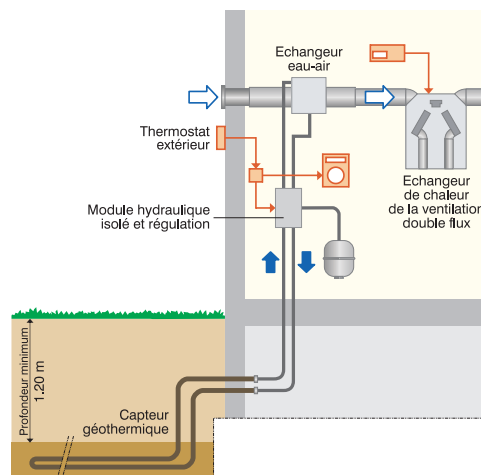
##### **Deuxième solution :**

Certains systèmes de ventilation double-flux proposent l'intégration d'une hotte spécifique dans le circuit. Il convient de vérifier que le débit d'air pulsé sera suffisant en période de fonctionnement de la hotte.

##### Le puits canadien ou provençal



Principe de fonctionnement d'un puits canadien ou provençal



Principe de fonctionnement d'un puits canadien hydraulique



#### – Le puits canadien ou provençal classique

L'air neuf, avant d'être pulsé dans le bâtiment, passe dans un conduit enfoui dans le sol. La température du sol à une profondeur supérieure à 1m50 varie sensiblement moins que celle de l'air extérieur. Par ce passage et le transfert de chaleur avec le sol, l'air extérieur est réchauffé en hiver et rafraîchi en été. Le puits canadien ou provençal est obligatoirement couplé à un système de ventilation mécanique contrôlée. La conception, la nature du sol, la profondeur du conduit, sa longueur et son diamètre, les coudes et le matériau utilisé déterminent l'efficacité de l'échange thermique et la perte de charge à compenser par le système de ventilation.

#### – Le puits canadien ou provençal à eau glycolée

Un circuit fermé et enterré dans le sol permet l'échange thermique entre l'eau glycolée (fluide caloporteur) y circulant et la terre. Cette eau glycolée alimente un échangeur thermique installé sur l'alimentation en air en amont de l'échangeur de la ventilation, ce qui permet le préchauffage en hiver ou le rafraîchissement en été de l'air entrant.

#### × Dans la pratique

Le puits canadien classique demande une étanchéité à l'eau et à l'air parfaite, ainsi que l'évacuation des condensats du conduit enterré, le plus souvent mis en œuvre sous le niveau de l'égouttage existant. Les avantages que l'on peut en tirer par rapport à leur coût sont faibles. Dans la pratique, ces systèmes sont peu mis en œuvre dans le cadre de rénovations de bâtiments existants. Les budgets disponibles sont mieux investis dans des groupes de ventilations double flux ou des systèmes de chauffages traditionnels plus performants car dans la plupart des cas la performance énergétique de l'enveloppe est supérieure à 15 kWh/m<sup>2</sup>.an en besoin de chauffe et ne permet pas de substituer le système de ventilation au système de chauffage conventionnel.

#### × Conclusions

En rénovation, le choix du système de ventilation dépendra de l'étanchéité à l'air du bâtiment, de sa taille et de la taille de ses pièces, du caractère patrimonial qui permettra ou non la mise en œuvre d'un réseau de gaines de reprise et/ou de distribution d'air.

- Si le bâtiment à rénover est classé ou présente une grande valeur patrimoniale réduisant considérablement les possibilités d'interventions et que les améliorations de l'enveloppe ne permettent pas de réduire les besoins de chauffe en dessous des 90 kWh/m<sup>2</sup>.an, que l'étanchéité à l'air est proche des valeurs par défaut, le système de ventilation naturelle pourra être maintenu s'il existe de manière organisée et fonctionne correctement.
- Si le bâtiment à réhabiliter nécessite une rénovation légère, que les améliorations de l'enveloppe permettent de réduire les besoins de chauffe aux environs des 60 kWh/m<sup>2</sup>.an, que l'étanchéité à l'air est comprise entre 4h<sup>-1</sup> et 2h<sup>-1</sup>, la mise en œuvre d'un système de ventilation de type C est recommandée.
- Le bâtiment à rénover permet une intervention approfondie. L'organisation du bâtiment, la taille des pièces permettent la mise en place d'un réseau de gaines sans contre-indications techniques. La performance énergétique à atteindre se situe aux environs des 30 kWh/m<sup>2</sup>.an. Un système de ventilation de type D avec récupération de chaleur devra être mis en œuvre. Dans ce cas l'étanchéité à l'air devra être inférieure à 1,5h<sup>-1</sup>.
- Si le bâtiment a besoin d'une rénovation lourde ou bénéficie d'une compacité très élevée, il devient possible d'atteindre le standard passif de 15 kWh/m<sup>2</sup>.an. Une installation de ventilation de type D avec récupération de chaleur est indispensable et pourra être utilisée comme système de chauffage via l'air de ventilation. Dans ce cas l'étanchéité à l'air devra être inférieure ou égale à 0,6h<sup>-1</sup>.

### 3.2 Chauffage et production d'eau sanitaire par système conventionnel

Hormis les rénovations au standard passif qui demeurent rares, les autres projets de réhabilitations énergétiques demandent encore un système de chauffage conventionnel. La plupart du temps c'est le système de chauffage existant qui sera adapté pour pouvoir délivrer la puissance de chauffe résiduelle nécessaire. Un abaissement de la température de chauffe nocturne reste souhaitable. Dans un logement basse énergie, la température de chauffe devra encore pouvoir s'adapter en fonction de la température extérieure et des habitudes d'occupation pour être performante. La différence de température entre les pièces de vie et les chambres pourra encore être marquée de jour comme de nuit. Ce différentiel s'estompera à mesure que l'on se rapprochera du standard passif.

#### ✕ Le Chauffage

L'efficacité énergétique et environnementale d'une installation de chauffage et de production d'eau sanitaire est définie par cinq éléments qui peuvent chacun être améliorés :

- le choix du combustible ;
- le système de production de chaleur ;
- la distribution ;
- le système d'émission par les corps de chauffe ;
- la régulation.

#### ✕ Le choix du combustible

Parmi les systèmes fonctionnant aux combustibles fossiles, les chaudières gaz à condensation se détachent du lot : en utilisation finale, la combustion du gaz émet moins de CO<sub>2</sub> que la combustion du fuel et la technique de la condensation permet les meilleurs rendements. L'idéal est de faire appel aux énergies renouvelables pour fournir la puissance de chauffe résiduelle nécessaire et la plus grande partie des besoins en eau chaude sanitaire. Cette question est analysée de manière approfondie dans la partie du chapitre qui est consacrée aux énergies renouvelables.

#### ✕ Le système de production de chaleur

##### Potentiel de conserver le système de chauffe en place

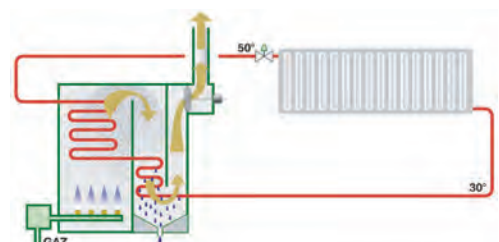
À la suite des travaux d'isolation, le système de chauffage existant devient surdimensionné. Réduire les températures de chauffe permet alors un fonctionnement plus économique de l'installation. Dans le cas d'une chaudière existante, il est possible de procéder à toute une série d'améliorations : telles qu'améliorer le réglage de la combustion et du brûleur, la diminution de la puissance du brûleur, le remplacement du brûleur, le colmatage et le renforcement de l'isolation de la chaudière. Ces démarches ont cependant leurs limites, tout dépend de l'âge de la chaudière et de ses performances. Le remplacement complet de la chaudière doit être envisagé lorsqu'elle a plus de 20 ans.

##### Potentiel des nouvelles technologies de chauffage

La diminution de la demande de chauffe obtenue par le renforcement thermique de l'enveloppe du bâtiment permet la mise en place de systèmes de production de chaleur très performants fonctionnant à basse température. Ils contribuent à une économie supplémentaire du combustible et un rejet encore plus faible de CO<sub>2</sub> et de polluants.

##### Chaudières à condensation (mazout et gaz)

Leur principe de fonctionnement consiste à récupérer la chaleur présente dans la vapeur d'eau des fumées par leur condensation. Cette récupération d'énergie ne se produit que si la température de



l'eau au retour de la chaudière est suffisamment basse. Leur principal avantage est qu'elles consomment moins de combustible et génèrent moins de polluants. Mais ces chaudières nécessitent une installation permettant d'obtenir une température d'eau relativement basse au retour, un raccord à l'égout et le gainage des cheminées existantes.

#### **Brûleur Low-NOx (mazout et gaz)**

La technologie à basse émission d'oxyde d'azote optimise la circulation des gaz de combustion chauds à l'intérieur du brûleur et permet de réduire la température de la flamme.

Ceci a pour conséquence immédiate de diminuer les émissions polluantes comme les imbrûlés, NOx, CO, SO<sub>2</sub>.

#### **Brûleur à plusieurs allures (mazout et gaz)**

Un brûleur à plusieurs allures permet de réguler la puissance de la chaudière en fonction de ses besoins énergétiques attendus. L'avantage est que les rejets de polluants sont diminués tout en augmentant le rendement de combustion.

#### × **La distribution**

La réduction des pertes de distribution est obtenue par :

- un niveau d'isolation des tuyauteries correspondant à la norme NBN D30-041 pour :
- toutes les conduites de chauffage se trouvant dans le sol, à l'extérieur ou dans des espaces ne faisant pas partie du volume protégé (volume chauffé) du bâtiment (chaufferie, grenier, sous-sol, etc.) ;
- toutes les conduites de chauffage se trouvant dans les locaux techniques et les gaines techniques même si ceux-ci font partie du volume protégé du bâtiment ;
- toutes les conduites de chauffage passant dans des locaux du volume protégé mais desservant d'autres locaux et non le local où elles passent. Cette dernière exigence est valable si le diamètre de la conduite est supérieur à DN 40, si la longueur totale des conduites de ce type est supérieure à 6 m, et surtout si les déperditions des conduites sont telles qu'elles entraînent une surchauffe du local traversé ;
- la réduction des pertes de charge des conduites (tendre vers 50 Pa par mètre de perte de charge) pour limiter les consommations électriques des circulateurs notamment par la limitation de la vitesse de l'eau dans les conduites ;
- le bon dimensionnement et la réduction du débit des circulateurs par la mise en œuvre de circulateurs modulants. Un surdimensionnement du circulateur entraîne une augmentation des consommations électriques, une perte de rendement des chaudières à condensation, un inconfort et un mauvais fonctionnement de la régulation ;
- le choix d'un circulateur à vitesse variable qui adapte sa vitesse à la pression du réseau évite le surdimensionnement électrique lié au choix imprécis d'un circulateur ;
- le positionnement des unités de production et des émetteurs de façon à limiter la longueur des conduites ;
- le placement et la régulation de vannes d'équilibrage. Le déséquilibre d'une installation de chauffage a pour conséquences un manque de débit dans certains locaux et donc un inconfort.

#### × **Le système d'émission par les corps de chauffe,**

Plusieurs interventions sont possibles pour améliorer les corps de chauffe :

- garder les anciens radiateurs surdimensionnés en fonte (bonne inertie thermique) ou autres matériaux qui peuvent fonctionner avec de l'eau à faible température (40 à 50°) et qui suffiront étant donné que la demande de chauffage a été limitée (parfois, élimination de certains corps de chauffage devenu surnuméraire) ;
- isoler les allèges derrière les radiateurs ;
- dégager les corps de chauffe (dans une alcôve ou derrière un cache-radiateur, le radiateur

- ne fonctionne pas dans des conditions optimales);
- remplacer quand c'est possible les corps de chauffe classiques (radiateurs) par des systèmes de rayonnement par le sol (chauffage à eau par le sol);
- éviter, et quand ils existent diminuer, la température des chauffages à air chaud dans d'anciens espaces industriels reconvertis en logements.

#### × La régulation

La régulation a un impact extrêmement important sur la consommation :

- 1° C de température ambiante de trop par rapport à une consigne de 20° C, entraîne une surconsommation d'au moins 7 %;
- l'absence d'intermittence en période d'inoccupation entraîne une surconsommation de 5 à 30 % (en fonction de l'inertie du bâtiment, de son niveau d'isolation et de la durée de l'inoccupation).

Une régulation de qualité de l'installation de chauffage doit permettre :

- de tenir compte du confort ressenti dans les différents espaces de l'immeuble;
- le respect des températures de consigne intérieure, tenant compte des apports de chaleur gratuits;
- l'intermittence de la fourniture de chaleur en période d'inoccupation ou d'inactivité (par exemple la nuit);
- de tenir compte de modifications rapides de conditions météorologiques.

#### Régulation par thermostat d'ambiance

Régulation au départ d'un local témoin, avec une vanne de zone motorisée et un thermostat d'ambiance. Des vannes thermostatiques affinent le réglage de température dans les autres locaux s'ils présentent des apports de chaleur plus importants que le reste du bâtiment ou demandent une température de consigne moindre.

Le thermostat d'ambiance permet une régulation plus fine. Outre la coupure complète de l'installation en période d'inoccupation, le thermostat permet de définir des températures de consigne différentes sur base d'une programmation horaire. Un ralenti nocturne est possible. On ne peut pas mélanger dans un même local un thermostat d'ambiance et des vannes thermostatiques.

En effet, imaginons que la consigne du thermostat d'ambiance soit supérieure à la consigne donnée aux vannes. Lorsque cette dernière est atteinte, la vanne va se refermer. Le thermostat d'ambiance sera, lui, toujours en demande puisque les vannes empêchent la température de monter. Il en résultera une ouverture complète et permanente de la vanne de zone avec pour conséquence, surchauffe et surconsommation dans les locaux sans vannes thermostatiques.

À l'inverse, si la consigne du thermostat d'ambiance est inférieure à la consigne donnée aux vannes, le thermostat arrêtera la fourniture de chaleur et les vannes seront en permanence insatisfaites et donc ouvertes en grand. Elles deviennent donc inutiles.

Remarque : il existe des thermostats d'ambiance qui peuvent être associés à des vannes thermostatiques. En journée, le thermostat est coupé et la température est réglée sur base des vannes thermostatiques. La nuit, la température de consigne du thermostat est plus faible que la température de consigne au niveau des vannes qui s'ouvrent complètement.

Globalement, le thermostat d'ambiance permet une régulation plus fine de l'installation. Il est cependant plus difficile à utiliser. En cas de mauvaise utilisation, le thermostat d'ambiance risque de générer des surconsommations notamment par la définition d'une température de consigne non adaptée en période d'inactivité ou d'inoccupation.

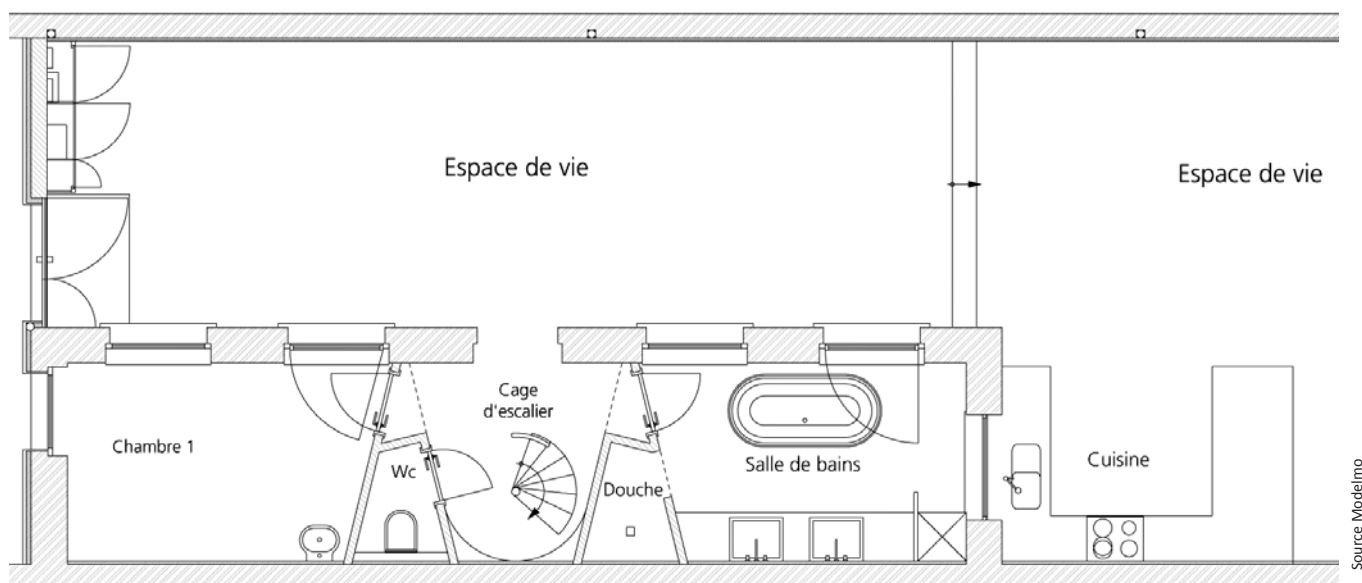
### × L'eau chaude sanitaire

En rénovation, il faut essayer de tendre vers la situation suivante :

- regroupement des pièces humides
- définir et limiter le besoin en eau chaude sanitaire
- limiter les pertes de distribution pour l'eau chaude sanitaire

### × Regroupement des pièces humides

Grouper la cuisine et la salle de bains l'une à côté de l'autre ou l'une au-dessus de l'autre, à proximité de la production. Si la salle de bain est très éloignée du système de production d'eau chaude, un système décentralisé peut être envisagé afin de produire localement l'ECS par un chauffe-eau au gaz par exemple.



Source Modelimo

### × Définir et limiter le besoin en eau chaude sanitaire

La réduction de la consommation d'eau chaude sanitaire est obtenue par :

- la réduction du temps d'utilisation : le placement d'une robinetterie thermostatique permet de faire un réglage plus rapide du bon débit et de la bonne température. Un mitigeur thermostatique sera également plus confortable puisque la température de l'eau est plus stable.
- le placement d'un «stop-douche» : une simple pression de bouton permet d'arrêter temporairement l'écoulement de l'eau pour le savonnage. Après le savonnage, l'eau est à nouveau disponible à la même température.
- la réduction de la pression : une pression trop importante donne naissance à une vitesse excessive qui provoque une consommation importante, du bruit dans les canalisations et une fatigue prématurée des équipements d'où un risque accru de fuites.
- On retiendra qu'en théorie, le gain en débit varie comme la racine carrée de la pression : si la pression chute au quart, le débit chute de moitié. Une douche sans dispositif d'économie d'eau a un débit de 19,6 litres/min à une pression de 4 bars et un débit de 9,8 litres/min à une pression de 1 bar. Un régulateur de pression est fortement recommandé si la pression en amont est supérieure à 4 bars ;



## ✕ la réduction du débit

### Remplacement des anciennes robinetteries

Les débits des anciennes robinetteries de puisage sont de 30 à 50 % supérieurs à ceux de modèles modernes. Les investissements consentis s'amortissent dans une période de 5 à 10 ans, suivant la fréquence d'utilisation. Si l'ancienne robinetterie n'est pas étanche, le temps de retour sera encore plus court.



### Placement de mitigeur avec butée

Ce type de robinetterie s'utilise comme un mitigeur classique. Toutefois, un point « dur » ou une butée délimite les 2 zones de fonctionnement : une zone économique (de 0 à 6 litres/min environ) et une zone de confort (jusqu'à environ 12 litres/min).



### Placement de « mousseurs » ou limiteurs de débit

Il s'agit d'un régulateur de débit qui réduit la section de passage en fin de robinetterie et/ou qui crée un mélange air/eau. Il participe en même temps à la performance acoustique du robinet.

Certaines douches économiques permettent notamment par de l'adjonction d'air de réduire la consommation jusqu'à 6 litres/minute tout en maintenant un bon confort d'utilisation. L'intérêt de remplacer le pommeau de douche par une douche à main avec dispositif d'économie est évident. Le débit peut être divisé par 3 à 5. Le temps de retour sur investissement est inférieur à 6 mois.<sup>41</sup>

### Limiter les pertes de distribution pour l'eau chaude sanitaire

La réduction des pertes de distribution est obtenue par :

- limitation du volume et bonne isolation de l'éventuel ballon de stockage ;
- la bonne isolation de la boucle quand elle est nécessaire et des vannes ;
- le tracé le plus court possible de la boucle de circulation quand elle est nécessaire ;
- réduction des pertes de charges des conduites ;
- limitation des vitesses de l'eau dans les conduits ;

## 3.3 Consommations électriques

Chaque ménage wallon dépense en moyenne plus de 700 € par an en électricité, soit 30 à 50 % de sa facture énergétique (hors transports). Si la consommation électrique, ne représente que 18 % des consommations énergétiques totales son coût représente près de la moitié des dépenses énergétiques des ménages.

L'électricité est la source d'énergie qui connaît la plus forte progression depuis 1990, +50 % de consommation électrique dans les logements ! Cette croissance de la consommation électrique est continue et ne semble pas s'infléchir avec les années. Ceci est principalement dû à la croissance de la puissance des équipements ainsi qu'à l'apparition de nouveaux usages. En d'autres mots, les ménages sont mieux équipés en électroménagers et les utilisent plus souvent et plus longtemps (lave-vaisselle qui tourne plus souvent, chargeur de GSM en permanence dans la prise, appareils qui restent allumés inutilement, etc.).

Parmi les équipements électriques, nous aborderons essentiellement ici l'appareillage électroménager et le matériel électronique. Les gros appareils électroménagers (lave-linge, sèche-linge et lave-vaisselle) représentent 30 % de la facture électrique. Quant au petit électroménager, il est responsable de 7 % de la facture.

<sup>41</sup> Matriciel, Architecture et climat UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouvellement du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, octobre 2009, chapitre 11 pg.3

### × Étiquetage de la consommation en énergie

Pour encourager les consommateurs européens à choisir des appareils plus performants, les appareils domestiques mis en vente ou offerts en location doivent être assortis d'une étiquette énergie.

Elle concerne les :

- réfrigérateurs, congélateurs et appareils combinés ;
- machines à laver le linge, sèche-linge et appareils combinés ;
- machines à laver la vaisselle ;
- fours ;
- appareils de production d'eau chaude et appareils de stockage d'eau chaude ;
- sources lumineuses ;
- appareils de conditionnement d'air.



Cette étiquette indique l'efficacité énergétique des appareils « électrodomestiques » et rend ainsi visible leur consommation. Elle doit permettre aux consommateurs de choisir les appareils au regard de leur rendement énergétique. Elle classe les performances énergétiques sur une échelle allant de A (vert) pour le plus économe, à G (rouge) pour le plus gourmand. Rappelons cependant que ce classement n'est utile que lorsque l'on compare des appareils de même catégorie. Pour plus de précision, l'étiquette indique également des valeurs chiffrées, ce qui facilite la comparaison entre appareils.

Le modèle d'étiquette de base présenté ici peut éventuellement varier selon le type d'appareil. Par exemple, deux nouvelles classes ont été créées pour les réfrigérateurs, congélateurs et combinés : A+ (25 % plus économe que A) et A++ (25 % plus économe que A+).

### Rentabilité

Plutôt que de se fier aveuglément à la classe de performance, on aura intérêt à comparer les valeurs numériques de consommations avant de choisir un équipement. Comparons un réfrigérateur encastrable d'environ 200 l sans congélateur de classe A+ à un réfrigérateur de même type mais de classe B. Dans notre exemple, le réfrigérateur de classe A+ coûte 718 €<sup>42</sup> et consomme 117 kWh par an tandis que celui de classe B coûte 600 € et consomme 212 kWh par an. L'investissement est supérieur au départ mais il est récupéré après 6 ans.

### Energy star

Le programme volontaire Energy Star ([www.eu-energystar.org](http://www.eu-energystar.org)) encourage la fabrication d'équipements de bureau à bon rendement énergétique. Le label Energy Star permet aux consommateurs d'identifier ces appareils économes en électricité. Ce label s'applique aux équipements suivants : ordinateurs, écrans d'ordinateur, photocopieuses, imprimantes, duplicateurs numériques, télécopieurs, machines à affranchir, appareils multifonctions et scanners.



### Label écologique

Depuis 1992, l'Union Européenne gère un système d'attribution de label écologique. Cet éco-label (ou label écologique européen) certifie que les produits répondent à des critères environnementaux fixés au niveau européen. Il est basé sur l'entière durée du cycle de vie du produit et est censé aider les consommateurs européens à discerner les produits de haute qualité, plus verts et plus favorables à l'environnement (voir [www.eco-label.com](http://www.eco-label.com)).



### × Les consommations cachées

Certains appareils électriques continuent à consommer du courant même lorsqu'ils ne sont plus en fonction. On parle alors de « consommations cachées ». On distingue deux types de consommations cachées :

<sup>42</sup> Prix indicatif en 2009.

### Consommation de « veille »

Téléviseurs, lecteurs CD et DVD, chaînes hi-fi branchés en mode « veille » (ou « stand-by ») consomment de l'énergie. Quand ils ne sont pas utilisés, il est préférable de les éteindre complètement via l'interrupteur « on-off » principal situé sur l'appareil lui-même (plutôt que d'utiliser la télécommande, par exemple). L'impact des appareils en mode veille est loin d'être négligeable. La consommation électrique de veille est à elle seule à l'origine de 2 % de la facture énergétique moyenne. Sur une année, les consommations cumulées de tous les petits électroménagers branchés inutilement coûtent en moyenne 27 € par ménage. Par exemple, une télévision en mode veille consomme de 4 à 20 W par heure. Si elle n'est utilisée que 3 heures par jour, la consommation totale annuelle en mode veille sera équivalente à celle totale en fonctionnement. Ne pas utiliser le mode veille permet donc de diminuer par deux environ la consommation électrique de la télévision.

### Consommation des appareils éteints

Lave-linge, cafetières, photocopieurs, imprimantes, transformateurs pour passer de 220V à 12V pour lampes halogènes, ordinateurs portables, variateurs raccordés en permanence au secteur consomment même lorsqu'ils sont éteints. Pour ceux-là, il vaut mieux débrancher la prise.

#### ✕ **Recyclage en fin de vie**

Si l'appareil fonctionne, l'idéal est de le confier à une association caritative ou une entreprise d'économie sociale. Certaines disposent du label « Solid'R », qui est un gage de critères éthiques et solidaires dans leurs opérations de récupération, de tri et de valorisation des matières usagées.<sup>43</sup> Il peut également être donné au CPAS de votre commune.

Si l'appareil est en panne, il peut être réparé ou donné aux entreprises de type « entreprise de formation par le travail » qui pourront récupérer des pièces ou le réparer.

Si l'appareil est à jeter, il faut le déposer dans un parc à conteneurs ou le ramener dans le point de vente où on l'a acheté. On est alors assuré que l'appareil sera démonté et recyclé « dans les règles de l'art ».

#### ✕ **À prévoir au stade de l'esquisse**

- Prévoir un emplacement pour le réfrigérateur et le surgélateur dans un endroit sec et frais (cuisine) voire non chauffé (cave). Jamais où il fait chaud, exposé aux rayons du soleil, près d'un radiateur, ni dans une cave humide.
- Éviter de placer le four à côté du réfrigérateur ou du surgélateur. Si cela s'avère impossible, insérer une plaque d'isolation entre les appareils.

#### ✕ **À prévoir au stade du projet pour exécution**

- Prévoir un raccordement direct à une arrivée d'eau chaude pour le lave-vaisselle et le lave-linge si le système de chauffage de l'eau est performant (ex. : chauffe-eau au gaz sans veilleuse, chauffe-eau solaire, etc.). Attention, si le lave-vaisselle peut se brancher directement sur l'eau chaude, le lave-linge le sera par l'intermédiaire d'un mitigeur pour éviter qu'une lessive programmée à 30° ne reçoive de l'eau à 50°.
- Prévoir une circulation d'air suffisante pour le réfrigérateur. Il devra être placé à quelques centimètres du mur. S'il est encastré, il faut prévoir des grilles situées en partie haute et basse de l'appareil.

#### ✕ **Lors de l'aménagement des espaces par les habitants**

- Prévoir une alimentation électrique par multiprise à interrupteur lorsque plusieurs appareils sont branchés autour d'une même unité centrale (ordinateur et ses périphériques, ensemble « home cinéma », hi-fi, etc.). Cela permettra de couper l'alimentation de tous les appareils d'un seul geste pour éviter les consommations résiduelles de mode veille.



Station de mitigeur pour lave-linge,  
Source Matriciel

43 [www.solid-r.be](http://www.solid-r.be)

#### × **Entretien**

- Dépoussiérer régulièrement l'arrière du réfrigérateur et du surgélateur afin d'assurer une bonne circulation de l'air derrière l'appareil.
- Dégivrer régulièrement le réfrigérateur et le surgélateur : 5 mm de givre = 30 % de consommation d'électricité en plus et 1 cm de givre réduit le rendement de l'appareil de 75 %.
- Veiller à ce que les joints des appareils frigorifiques soient toujours en bon état. S'ils sont abîmés, ils laissent passer le froid et la consommation énergétique augmente de 10 % en moyenne.
- Nettoyer régulièrement le filtre du lave-linge et du lave-vaisselle. Ceci augmentera leur durée de vie et diminuera leur consommation d'énergie.
- Nettoyer le condenseur du sèche-linge à condensation plusieurs fois par an car l'accumulation de « peluches » augmente la consommation d'énergie.

#### × **Conclusions**

Choisir des équipements électriques performants doit s'accompagner d'actions responsables de la part du concepteur et de l'occupant afin de réduire la consommation électrique des ménages :

**Pour l'électroménager (aspirateur, lave-linge, sèche-linge, lave-vaisselle, réfrigérateur, cuisinière, four, etc.) :**

- acheter des appareils performants, en consultant leur étiquette énergie ;
- choisir des appareils dimensionnés correctement par rapport aux besoins du ménage (ne pas acheter un réfrigérateur de taille exagérée ou le plus gros robot ménager en promotion, par exemple) ;
- éviter les consommations inutiles par un comportement « responsable » (en ne laissant pas le réfrigérateur ouvert, en utilisant le programme économique du lave-vaisselle pour une vaisselle normalement sale, etc.) ;
- éviter l'utilisation de certains appareils domestiques qui ne sont pas toujours indispensables, tels que les sèche-linge.

**Pour le matériel électronique (ordinateur et périphériques, home cinéma, hi-fi, etc.) :**

- choisir des équipements moins énergivores en fonctionnement et en veille (écran plat à cristaux liquides (LCD) plutôt que cathodique, imprimante à jet d'encre plutôt que laser, etc.) ;
- ne pas laisser les équipements en mode veille et les éteindre complètement lorsque l'on ne s'en sert pas ;
- débrancher les équipements équipés de transformateurs, tels que les ordinateurs portables, lorsqu'ils ne sont pas utilisés. Ils continuent en effet à consommer de l'énergie, même éteints, à cause des pertes du transformateur.

## 4. ÉNERGIES RENOUVELABLES <sup>44</sup>

### 4.1 Contexte global

Les énergies renouvelables sont des énergies de flux. Elles se régénèrent en permanence au rythme du rayonnement du soleil et de ses dérivés, le vent, le mouvement des cours d'eau, des vagues, des courants marins, la croissance de la biomasse,...

L'énergie est renouvelable si la valorisation de la source ne limite pas son utilisation future.

Il s'agit de ne pas exploiter la source plus vite que ses capacités de renouvellement (l'utilisation de biomasse par exemple implique de replanter les végétaux prélevés).<sup>45</sup>

On qualifie les énergies renouvelables d'énergies de flux par opposition aux énergies de stock, constituées de gisements limités de combustibles fossiles : pétrole, charbon, gaz, uranium. Contrairement aux énergies fossiles, les énergies renouvelables ne dégagent pas directement de CO<sub>2</sub>, mais peuvent émettre des polluants atmosphériques comme des oxydes d'azote, des composés organiques volatils et des particules fines nocives dans le cas de combustion de bois par exemple (filrière biomasse). Les systèmes qui permettent leur captation et leur exploitation restent issus de filières qui utilisent de l'énergie fossile. Là encore, la production de ces systèmes peut générer des pollutions liées aux processus de fabrication et de démantèlement en fin de vie. On constate cependant que les producteurs de ces systèmes sont en règle générale beaucoup plus attentifs à leur impact sur l'environnement que les industriels des autres secteurs d'activités.

Les énergies renouvelables sont amenées à jouer un rôle croissant dans l'approvisionnement énergétique face à la disparition progressive des énergies fossiles.

### 4.2 Enjeux

Dans le cadre du Paquet Énergie-Climat de la Commission européenne, la part des énergies renouvelables dans l'Union européenne à l'horizon 2020 devra être portée à 20 % de la consommation finale totale tous secteurs confondus, sauf pour les transports où 10 % seront exigés.

On peut s'attendre à ce que les objectifs ultérieurs soient encore plus élevés si on se rappelle qu'à l'horizon 2050, la Communauté scientifique appelle de ses vœux une réduction de 50 à 85 % des émissions mondiales de GES par rapport à leur niveau de 2000.

L'objectif assigné à la Belgique se monte à 13 % en 2020. Le pourcentage qui sera à atteindre par la Région wallonne n'est pas encore connu. Les clefs de répartition régionales ne devraient cependant pas modifier fortement l'objectif à atteindre.

La part d'énergie renouvelable dans le total de la consommation énergétique wallonne (au sens des objectifs du Paquet Énergie-Climat de la Commission) qui atteignait 1,9 % en 1996, se montait, en 2007, à 5,5 %.<sup>46</sup>

La production d'énergie verte en Wallonie hors secteur du bâtiment est orientée selon les filières suivantes : hydroélectricité, électricité éolienne, électricité issue de biométhanisation/gaz de décharge, électricité issue de déchets forestiers et cultures énergétiques, électricité issue de la géothermie, production de biocarburant (bioéthanol et biodiesel).

<sup>44</sup> Laurent Georges - Architecture et climat. Élaboration d'un outil d'aide à la conception des maisons individuelles à Basse Énergie et Très Basse Énergie : partie système, Ministère de la Région wallonne, octobre 2009.

<sup>45</sup> Voir le site de l'APERÉ (Association pour la Promotion des Énergies Renouvelables) : <http://www.apere.org>

<sup>46</sup> Econotec, Ibam, Icedd. Projet d'actualisation du Plan pour la Maîtrise Durable de l'Énergie en Wallonie à l'horizon 2020, Service Public de Wallonie DG04 Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, 12 mars 2009, p. 239

### 4.3 Pertinence des énergies renouvelables dans le cadre de la rénovation des logements

Si les énergies renouvelables sont durablement disponibles, elles ne sont généralement exploitables qu'en quantité et en puissance relativement faibles et pour certaines de manières intermittentes. Elles ne sont donc pas à considérer comme un « combustible de remplacement » issu d'un progrès technologique qui n'implique aucun changement dans le processus de conception du bâtiment et d'intégration des techniques.

*Le recours aux énergies renouvelables ne devient envisageable que lorsque la demande énergétique du logement aura été fortement réduite.*

Quatre familles de systèmes de production d'énergie renouvelable seront analysées, l'éventuelle complémentarité ou incompatibilité entre celles-ci sera mise en évidence.

- L'approche orientée biomasse avec le bois-énergie.
- L'approche orientée pompe à chaleur et géothermie.
- L'approche orientée solaire thermique en production d'eau sanitaire et éventuellement en appui de chauffage.
- L'approche orientée solaire photovoltaïque pour la production d'électricité.

La biométhanisation, le petit éolien et le petit hydroélectrique ne sont pas abordés, les conditions de leur exploitation correspondent à des situations rares qui ne peuvent pas être généralisées du moins actuellement.

La cogénération ne sera pas analysée, bien que subventionnée comme tel, ce n'est pas à proprement parler un système de production d'énergie renouvelable, mais plutôt une optimisation de l'emploi d'un combustible, qu'il soit fossile ou vert. Ce type d'approche n'est souvent pertinente que dans le cas de grands ensembles de logements (à partir de 5 à 10 appartements) dont les systèmes de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire sont centralisés.<sup>47</sup>

Pour être une aide efficace à la décision et à la conception, les descriptions des différents systèmes sont réduites au minimum et le lecteur est orienté vers des ouvrages ou des sites internet plus exhaustifs. Par contre, la question du choix des systèmes ou de leurs éventuelles combinaisons en rapport avec les typologies des bâtiments, la taille des logements et le niveau d'isolation global sera mise en avant.

### 4.4 L'approche orientée biomasse avec le bois-énergie

#### ● Introduction

Le bois est une ressource importante en Wallonie (30 % de son territoire). Son exploitation, qu'elle soit forestière ou en industrie, génère de très nombreux sous-produits aujourd'hui assez peu valorisés. On parle de plus de 400 000 tonnes de matière sèche par an. Un potentiel énergétique considérable.

Ces sous-produits ont une valeur énergétique indéniable et leur exploitation génère une activité locale intéressante. De ce fait, le prix de ce combustible est peu sensible aux soubresauts des marchés internationaux. Il assure en outre une certaine indépendance énergétique vis-à-vis des combustibles classiques. Bien réglementé, l'usage de ces sous-produits permet aussi une meilleure gestion écologique et économique.

<sup>47</sup> Matriciel, Architecture et climat UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouveau du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, octobre 2009, chapitre 11 pg.10, pg.16-28.

De plus, le bois sous forme de combustible prend aujourd'hui de nouvelles formes (plaquettes, granulés) dont la caractéristique principale est de permettre l'alimentation automatique des appareils.

De même, les technologies bois-énergie sont nombreuses, performantes et fiables : elles vont du poêle aux gazogènes en passant par les chaufferies collectives et les systèmes de cogénération.<sup>48</sup>

Le bois est donc une alternative intéressante à plus d'un titre. Cette technologie permet de réduire considérablement la consommation en énergie primaire non-renouvelable. Théoriquement, son bilan sur l'émission de gaz à effet de serre est neutre. Le CO<sub>2</sub> rejeté durant la combustion correspond au CO<sub>2</sub> prélevé par le bois dans l'atmosphère durant sa période de vie : ceci afin de produire par photosynthèse les éléments constitutifs du bois.<sup>49</sup>

Néanmoins, il faut prendre en compte les gaz émis lors de l'extraction du combustible, de son conditionnement et de son transport pour mesurer l'impact de la filière. En outre, il faut tenir compte de l'émission de gaz nocifs et de particules fines lors de la combustion du bois : le monoxyde de carbone, les oxydes d'azote, les composés organiques volatils (COV), en particulier, le benzène, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les dioxines et les furannes. La combustion du bois est émettrice de particules très fines, de diamètre inférieur à 1 µm, néfastes pour la santé car susceptibles d'être inhalées profondément.

Le bois peut-être considéré comme un combustible durable si la forêt qui le produit est elle-même gérée de façon durable. Le rapport sur la filière bois de Valbiom<sup>50</sup> datant de 2004 indique que les prélèvements en forêt wallonne sont de loin inférieurs aux accroissements, respectivement de 3,2 millions de m<sup>3</sup> de bois prélevés contre 4,1 produits.

D'un point de vue économique, le prix du bois-énergie exprimé par kWh est compétitif comparé au gaz ou au mazout. De plus, les chaudières modernes au bois ont des rendements comparables aux chaudières gaz ou mazout traditionnelles : on tourne autour des 90 % de rendement basé sur le PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur)<sup>51</sup>. Les poêles les plus performants ont quant à eux des rendements qui peuvent atteindre 85 %. Par conséquent, les systèmes de production de chaleur basés sur le bois sont plus économiques à l'usage. Si on suppose que l'évolution du prix du bois-énergie est alignée sur celle du mazout, comme il a été supposé dans les travaux qui nous ont servis de référence, le bois restera compétitif dans l'avenir. Une caractéristique supplémentaire du bois est que son prix peut fortement varier suivant son conditionnement, la zone géographique et le fournisseur. En jouant sur ces trois paramètres, le bois peut devenir encore plus intéressant.

L'étude économique de Valbiom<sup>52</sup> indique un facteur d'approximativement cinq entre le prix du bois sur pied et du bois conditionné (coupé et séché). Il s'agit d'un ordre de grandeur mais cela met en évidence les économies possibles si un particulier réalise le conditionnement lui-même. D'un point de vue géographique, le choix du bois peut être plus évident pour certaines régions. On pense à titre d'exemple à la Province de Luxembourg qui doit gérer un grand parc forestier.

48 <http://energie.wallonie.be/fr/le-chauffage-au-bois-une-technique-parfaitement-maitrisee.html?IDC=6355&IDD=11743>

49 R. Novembre and J. Meinicke. Le chauffage individuel au bois. Le Moniteur, 2008.

50 R. Crehay and D. Marchal. La filière bois énergie. Technical report, Valbiom, décembre 2004.

51 [www.nano-sense.com/articles/analyseCombustion/calculs.htm](http://www.nano-sense.com/articles/analyseCombustion/calculs.htm)

52 Les coûts et les performances des installations de chauffage au bois. Technical report, Valbiom, janvier 2006.

## ● Types de combustibles



Source d'illustration domaine public



Source d'illustration domaine public



Source d'illustration domaine public

### × La bûche

La bûche est la forme de bois combustible la plus simple à « produire ». Les équipements qui l'utilisent sont largement diffusés. Si la combustion a longtemps été insatisfaisante, ce n'est plus le cas aujourd'hui car l'utilisation de bois de bonne qualité et d'appareils performants rend cette combustion plus propre et plus efficace. En revanche, l'alimentation manuelle des chaudières à bûches reste contraignante même s'il peut maintenant être réduit à un chargement par jour au lieu de trois.

### × Les granulés de bois

Les granulés de bois ou pellets sont de forme cylindrique d'un diamètre de 6 mm sur 20 à 30 mm de long. Il s'agit de granulés de bois fabriqués à partir de sciure et de copeaux de rabotage issus de l'industrie de la transformation du bois. Séchés, mis sous presse et finalement coupés à la longueur souhaitée, ils restent compacts naturellement grâce à la résine de bois contenue dans la matière première.

La densité des pellets est 1,5 à 2 fois supérieure à celle des bûches : 2 kg de pellets suffisent à remplacer 1 litre de mazout. La place qui doit être allouée au stockage est plus importante que pour d'autres combustibles, 3 m<sup>3</sup> de pellets correspondent à 1 000 litres de mazout soit 3 fois plus en volume. Les chaudières sont alimentées à partir d'un silo par aspiration ou depuis une réserve de stockage par vis sans fin. L'approvisionnement se fait par soufflage depuis un camion citerne. L'humidité faisant gonfler les pellets, le local de stockage doit être étanche à la poussière et parfaitement sec. Les pellets peuvent s'utiliser dans des poêles individuels ou dans des chaudières fonctionnant comme chauffage central.

### × Les plaquettes forestières

Les plaquettes forestières sont utilisables en chargement manuel ou dans des chaudières à alimentation automatique avec une autonomie de plusieurs jours. Leur degré d'humidité varie de 25 à 35 % ce qui correspond à du bois en bûche séché pendant 2 ans sous abris. Leur utilisation pour le chauffage individuel reste encore limitée de par la puissance élevée des chaudières commercialisées et le volume de stockage important des plaquettes.

## ● Technique de fonctionnement des chaudières à bois (bûches, granulés ou plaquettes)

### × Les chaudières à bûches

Ces dernières années, plusieurs innovations ont été apportées aux chaudières bois. Les plus significatives sont le remplacement du tirage naturel par la combustion assistée par ventilateur, la séparation claire de l'air primaire et de l'air secondaire, la meilleure régulation (vitesse variable, systèmes à clapets, sondes), le doublement de l'autonomie grâce à un plus impor-

tant magasin à combustible, et la diminution des pertes par rayonnement.

Pour tous les types de chaudières bois, l'utilisation d'un ballon tampon d'accumulation est particulièrement intéressante. Ce système permet d'améliorer le fonctionnement, le rendement et la durée de vie de l'installation. Les besoins de chauffage sont largement inférieurs à la puissance de la chaudière pendant une grande partie de l'année. La chaudière fonctionne sur des cycles plus long grâce au ballon de stockage qui adapte les apports aux besoins et peut aussi fournir de l'eau chaude sanitaire.

#### Chaudières à combustion montante traditionnelle

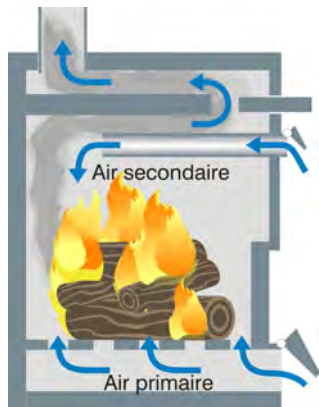
Le bois est mis dans le foyer, toute la charge brûle simultanément. La régulation se fait par chaînette. La combustion est difficile à maîtriser et, en général, de médiocre qualité et incomplète. Elle comporte des risques de bistrage et de goudronnage. L'autonomie est faible. L'investissement est moins élevé pour ce type de chaudière. Le rendement est pour cette technique de 40 à 60 %.

#### Chaudières à combustion horizontale

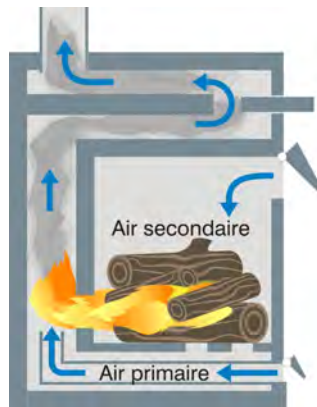
Les phases de combustion et de séchage sont dissociées et la combustion a lieu en couches minces. Les arrivées d'air primaire et secondaire sont mieux contrôlées, la combustion est améliorée et le taux d'imbrûlés diminue.

#### Chaudières à combustion inversée

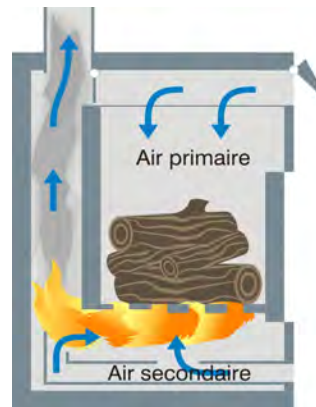
Le magasin à bois est séparé de la chambre de combustion. Les flammes se développent au travers de la grille support du combustible, ou au travers d'une tuyère. Les entrées d'air primaire et secondaire sont distinctes, ce qui améliore encore la qualité de la combustion. La régulation se fait par chaînette. Ces chaudières ont une autonomie moyenne. Le rendement est pour cette technique de 50 à 70 %.



Chaudières à combustion montante traditionnelle



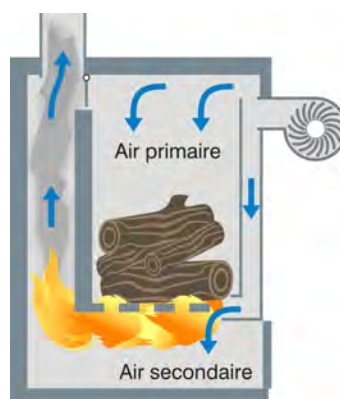
Chaudières à combustion horizontale



Chaudières à combustion inversée

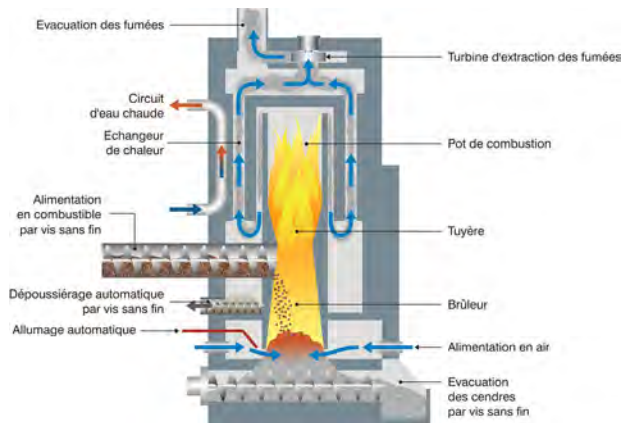
#### Chaudières à combustion inversée assistée par ventilateur dites « turbo »

Elles perfectionnent les chaudières à combustion inversée. Elles sont équipées d'une turbine qui introduit l'air de combustion ou d'un extracteur qui aspire les fumées. Ces chaudières ont une combustion et une régulation contrôlées, ainsi qu'une bonne autonomie. L'investissement est relativement élevé. Le rendement est pour cette technique de 70 à 85 %.



### ✕ Les chaudières à granulés à chargement automatique

Ces chaudières fonctionnent de manière automatique et se raccordent au chauffage central. Elles nécessitent l'installation d'une réserve ou d'un silo raccordé au foyer par un système d'alimentation automatique. Ce système assure un confort identique à celui des systèmes à gaz ou au mazout. Informé en temps réel des températures en différents points de la chaudière et, pour certaines, de la proportion en oxygène dans le foyer, un microprocesseur optimise, à chaque instant, l'alimentation des granulés (pellets) et les débits d'air en fonction du besoin de chauffage. Le rendement global de ce type de chaudière est compris entre 80 et 90 % en moyenne.



### ● Technique de fonctionnement des poêles à bois (bûches, granulés ou plaquettes)

Les poêles constituent un bon compromis pour réduire les investissements et profiter du prix réduit du bois-énergie. Les poêles apportent un certain confort, tant esthétique que thermique. Cet aspect de nature psychologique ne doit pas être sous-estimé.

D'un point de vue technique, la philosophie diffère des chaudières au bois. Les poêles émettent directement la totalité de la puissance dégagée dans la pièce dans laquelle ils sont installés (sauf pour les hydroconvecteurs qui peuvent être raccordés à des corps de chauffe, à un ballon de stockage ou de production d'eau sanitaire). Si l'on veut réaliser des cycles complets de combustion, d'une demi-heure pour les granulés (pellets) à une heure pour les bûches, la pièce doit pouvoir emmagasiner cette énergie sans donner lieu à une surchauffe locale. D'une certaine manière, c'est le bâtiment et plus particulièrement la pièce où est placé le poêle qui constitue le réservoir tampon. Cette solution convient à des logements assez petits et peu cloisonnés.

#### Les poêles à bûches classiques

C'est le type de poêle le plus répandu. Il n'utilise aucune technologie particulière. Son principal avantage est son coût faible. Son rendement est de 60 % maximum. Vu leur rendement assez médiocre, ce type de poêle ne devrait plus être installés pour une utilisation intensive, mais uniquement comme source d'appoint limitée ou comme feu d'agrément.

#### Les poêles à bûches à postcombustion

Dans ce type de poêle à foyer fermé, il y a des arrivées d'air secondaires, naturelles ou forcées, qui forcent les gaz à effectuer plusieurs cycles de combustion avant de quitter le foyer, augmentant de ce fait le rendement final. Cela réduit aussi la quantité de cendre ainsi que les suies dans le conduit d'évacuation. Pour fonctionner de manière optimale, les poêles à post combustion nécessitent un feu nourri et continu.

#### Les poêles à bûches dits « turbo »

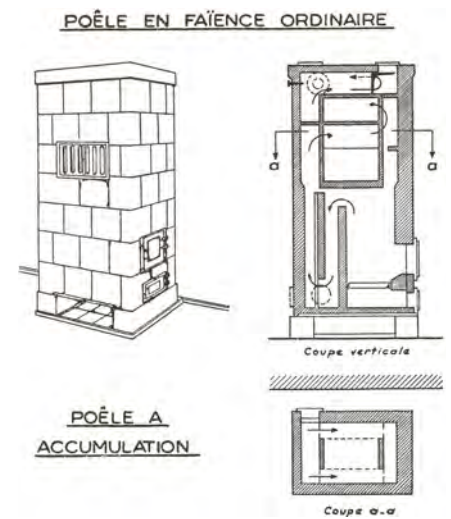
Ces poêles sont une sous-catégorie des poêles à post-combustion. Leur particularité réside dans le fait qu'ils n'ont pas de chambre de post-combustion. L'appel d'air se fait à mi-hauteur de la chambre principale de combustion. Ils ont l'avantage d'être moins coûteux que les poêles à post-combustion classiques mais offrent un rendement et une autonomie plus faibles.

### Les poêles à bûches à accumulation de chaleur

Le poêle de masse que l'on trouve traditionnellement en Autriche, Suisse et en Allemagne est un poêle en brique habillée de faïences. Il peut aussi être en pierre de stéatite (plus dense et offrant une meilleure conductivité thermique) comme dans les pays Scandinaves.

Le circuit des gaz brûlés est suffisamment long pour que ceux-ci se refroidissent au contact de la brique et les calories emmagasinées pendant la période de combustion (de l'ordre d'une heure) sont restituées pendant une demi-journée. La cheminée reste beaucoup plus propre qu'avec les poêles traditionnels où couve un feu continu. De plus, par ce principe, ces poêles acceptent très bien des bois résineux sans encrassement notable.

L'inconvénient majeur est que l'investissement de départ est souvent considérable. Il faut une quantité appréciable de matière pour accumuler la chaleur. On compte en général une tonne pour 40 à 50 m<sup>2</sup> de surface chauffée suivant l'isolation du logement, suivant qu'on s'en sert comme appoint ou comme chauffage principal. Mais la chaleur par rayonnement apporte de nombreux autres avantages difficilement quantifiables. Il faut l'avoir vécu pour le comprendre. Les deux autres inconvénients sont que le bois qu'il brûle doit être refendu en morceaux relativement fins pour favoriser une combustion rapide et que son poids élevé ne permet pas de l'installer dans les étages d'un bâtiment sans un renforcement de la structure important.



Source d'illustration domaine public

### Les poêles à bûches à circuit d'eau chaude dits « hydroconvecteurs »

Dans ce type de poêle, une fraction de la puissance est transférée à un circuit d'eau via un échangeur tandis que le restant est rayonné dans la pièce. Cette eau chaude pouvant servir pour le chauffage des pièces via des émetteurs (des radiateurs) ou pour la production d'eau chaude sanitaire. Typiquement 70 % de la puissance est transférée vers un ballon de stockage et les 30 % restant sont rayonnés directement. La chaleur directement émise est donc réduite, limitant ainsi le risque de surchauffe du local dans lequel le poêle est installé. La chaleur transférée dans un réservoir tampon peut alors être émise dans le bâtiment au rythme des besoins. Cette approche est un compromis entre le poêle sans circuit d'eau chaude et la chaudière. Elle permet de retrouver une certaine flexibilité, de mieux suivre les besoins du bâtiment et de réaliser l'émission de chaleur en plusieurs points ce qui facilite l'homogénéisation au sein de l'enveloppe.

### Les poêles à granulés de bois ou pellets

Les poêles à granulés (ou pellets) permettent de s'affranchir de la corvée du bois. Ils présentent de plus un excellent rendement (jusqu'à 90 %) et une grande autonomie. Un réservoir de granulés intégré permettant de chauffer pendant 2 à 3 jours (suivant le degré d'isolation du bâtiment) alimente automatiquement la chambre de combustion à l'aide d'une vis sans fin. Le thermostat commande la combustion pour satisfaire la température programmée. Une résistance électrique permet l'allumage automatique du poêle à l'heure souhaitée. L'utilisation d'une vis sans fin nécessite une alimentation électrique permanente (Environ 100 W pour un poêle de 8 kW).

Il est à noter que certains poêles à granulés peuvent aussi être raccordés à un ballon comme les hydroconvecteurs.

Un inconvénient peu signalé est le bruit que font les pellets lorsqu'ils tombent dans la chambre de combustion et celui du ventilateur qui tourne sans arrêt quand le poêle fonctionne.

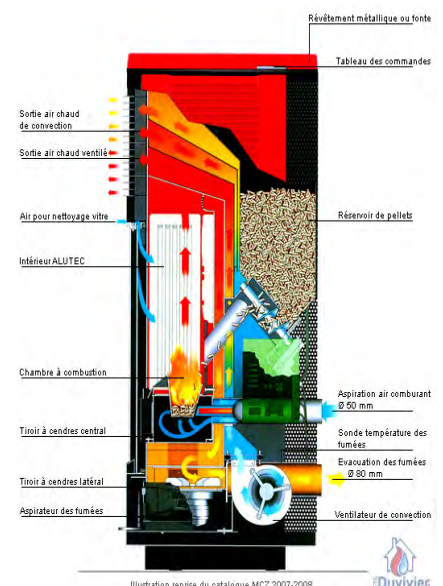


Illustration reprise du catalogue MCZ 2007-2008



## 4.5 L'approche orientée pompe à chaleur

### ● Introduction

Le PMDE (Plan pour la Maîtrise Durable de l'Énergie) fixait comme objectif de faire passer la production thermique basée sur les pompes à chaleur de 15 GWh en 2000 à 50 GWh en 2010. L'absence de données fiables rend très malaisée l'estimation de la production actuelle. Les dernières données officielles sont, en effet, celles issues du recensement décennal de 2001. On a pu s'interroger sur le caractère renouvelable de l'énergie valorisée par des PAC (pompe à chaleur) dans la mesure où elles utilisent de l'électricité (verte ou non verte) pour récupérer de la chaleur et que les coefficients de performance restaient parfois trop faibles. La nouvelle directive relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables précise justement dans quelle mesure cette énergie pourra être comptabilisée comme énergie renouvelable.<sup>53</sup>

### ● Technique de fonctionnement

#### Les pompes à chaleur

Une pompe à chaleur (PAC) est une machine destinée à assurer le chauffage d'un espace ou la production d'eau chaude sanitaire à partir d'une source de chaleur extérieure dont la température est inférieure à celle de l'espace ou de l'eau à chauffer.

Pour fonctionner, la PAC a besoin d'une certaine quantité d'énergie motrice. Il s'agit généralement de l'électricité. L'intérêt d'une telle installation réside dans le principe que cette quantité d'énergie motrice est inférieure à la quantité d'énergie récupérée dans le bâtiment sous forme de chaleur. En d'autres termes, une PAC fournit plus d'énergie qu'elle n'en consomme. Ceci est possible grâce à l'énergie gratuite, naturelle et renouvelable, « pompée » dans l'air, l'eau ou le sol.

Le principe de fonctionnement de la pompe à chaleur est le même que celui de la machine frigorifique (fluide parcourant un cycle thermodynamique) mais l'application travaille en sens inverse. L'énergie thermique est extraite de l'environnement extérieur et est élevée via un compresseur à un niveau de température utilisable pour le chauffage, la préparation d'eau chaude sanitaire ou les deux fonctions simultanément (on parle alors d'une PAC combinée).

Les grandes familles sont identifiées sur base de la source froide exploitée dans l'environnement extérieur (aérothermiques, hydrothermiques, géothermiques). Quant aux types, par convention, ils reprennent le nom de la source froide avant celui de la source chaude. Il ressort du tableau ci-contre qu'il existe différentes techniques possibles pour exploiter une source spécifique.

Par exemple, pour capter l'énergie dans le sol, nous pouvons soit utiliser un capteur à eau glycolée (eau glycolée/eau) soit un capteur à fluide frigorigène (sol/eau ou sol/sol).<sup>54</sup>

Certaines PAC permettent de rafraîchir le bâtiment. Ce sont des PAC réversibles. Dans ce cas, la PAC est équipée d'un dispositif permettant l'inversion du cycle du fluide frigorigène. Néanmoins, un bâtiment bien conçu ne nécessite pas que la PAC fonctionne sous ce mode grand consommateur d'énergie.

<sup>53</sup> Econotec, Ibam, Icedd. Projet d'actualisation du Plan pour la Maîtrise Durable de l'Énergie en Wallonie à l'horizon 2020, Service Public de Wallonie DG04 Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, 12 mars 2009, pg.50

<sup>54</sup> <http://www.ef4.be/fr/pompes-a-chaleur/>  
Brochure\_pac\_mars2010.pdf

	Type	Captation dans le milieu naturel - Source froide	Restitution de la chaleur dans le bâtiment - Source chaude
AÉROTHERMIQUES	air/air	air - statique ou dynamique	air - distribution centralisée ou locale "multi-split"
	air/eau	air - statique ou dynamique	
HYDROTHERMIQUES	eau/eau	eau - nappe phréatique, rivière, étang	eau - plancher rayonnant, mur chauffant, ventilo-convecteur, radiateur basse température, ballon d'eau chaude sanitaire ...
GÉOTHERMIQUES	eau glycolée/eau	sol - capteurs horizontaux ou sondes verticales avec eau glycolée	
	sol/eau	sol - capteurs horizontaux avec fluide frigorigène	
	sol/sol	sol - capteurs horizontaux avec fluide frigorigène	sol - plancher chauffant avec fluide frigorigène

La performance d'une PAC s'exprime par le coefficient de performance COP (Coefficient Of Performance). Le COP est défini comme étant le rapport entre la quantité d'énergie transférée par la PAC (chaleur restituée dans le bâtiment) et l'énergie consommée pour réaliser ce transfert (énergie utilisée pour faire fonctionner le compresseur et celle consommée par les auxiliaires comme des pompes et des systèmes de régulations). Plus le  $COP_{PAC}$  est élevé, plus la pompe à chaleur est performante.

Le coefficient de performance  $COP_{PAC}$  devra se situer au-dessus de trois unités d'énergie fournies par unité d'énergie consommée par le système, sans quoi, la quantité d'énergie primaire qui aura servi à produire en centrale l'électricité consommée sera plus importante que celle restituée par la PAC.

Pour exprimer la performance d'une installation sur une saison de chauffe, on parlera d'un COP saisonnier ( $COP_{SAIS}$ ) plutôt que d'un COP machine ( $COP_{PAC}$ ) définie dans des conditions particulières en laboratoire. Le COP saisonnier est le rapport entre les valeurs mesurées sur une saison de chauffe de l'énergie calorifique restituée dans le bâtiment et l'énergie consommée pour le fonctionnement de l'installation (PAC + auxiliaires). En fonction de différents paramètres (type de PAC utilisée, qualité du dimensionnement, qualité de l'installation, type de régulation...), le  $COP_{SAIS}$  des pompes à chaleur destinées au chauffage des bâtiments varie en moyenne entre 2,8 et 3,5 pour les PAC aérothermiques et entre 3 et 4,5 voire plus pour les PAC géothermiques et hydrothermiques.<sup>55</sup>

Avec un  $COP_{SAIS}$  de 3 et pour une production d'énergie thermique annuelle de 19 800 kWh produite sur 2 000 heures (consommation de chauffage d'une maison de +/-200 m<sup>2</sup> isolée à K45), une PAC émet environ 2 fois moins de CO<sub>2</sub> qu'une chaudière à combustibles fossiles (gaz ou mazout) pour la même production.

#### ✕ Les pompes à chaleur hydrothermiques

Pour pouvoir utiliser l'eau comme source froide, il est nécessaire de vérifier qu'un débit ou un volume d'eau suffisant soit disponible et que l'eau présente de bonnes caractéristiques « physico-chimiques ».

#### Eau souterraine (nappe phréatique)

L'eau d'une nappe phréatique a l'avantage de présenter une température relativement élevée (de 7 à 12° C) et constante tout au long de l'année. Elle représente dès lors la source d'énergie la plus intéressante pour l'utilisation d'une pompe à chaleur. Cependant, son exploitation engendre des frais importants (réalisation de puits, consommation de la pompe qui amène l'eau

<sup>55</sup> [http://www.ef4.be/fr/pompes-a-chaleur/Brochure\\_pac\\_mars2010.pdf](http://www.ef4.be/fr/pompes-a-chaleur/Brochure_pac_mars2010.pdf)

de la nappe vers l'évaporateur de la pompe à chaleur,...) et requiert certaines autorisations particulières (permis d'urbanisme et d'environnement), rendant dans de nombreux cas cette solution inapplicable.

#### Eaux de surface (étangs, rivières)

Les eaux de surface présentent une température relativement constante tout au long de l'année mais moins élevée que celle d'une nappe phréatique. Néanmoins, les eaux de surface représentent une source froide intéressante pour l'utilisation d'une PAC. Moyennant ici aussi certaines autorisations particulières, l'exploitation des eaux de surface peut se faire de manière « statique » ou « dynamique ». En « statique », l'évaporateur est directement noyé dans l'eau. En « dynamique », l'eau est pompée vers l'évaporateur de la PAC.

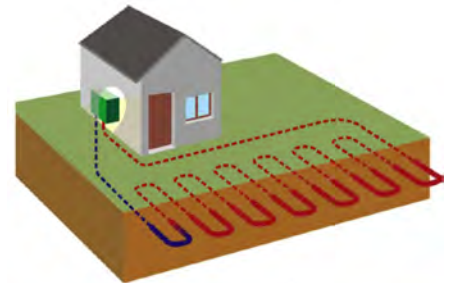
#### ✕ Les pompes à chaleur géothermiques

En fonction de la profondeur, le sol présente une température relativement constante tout au long de l'année et constitue dès lors une source d'énergie potentiellement intéressante pour l'utilisation d'une PAC.

Pour capter l'énergie dans le sol, on peut procéder de différentes manières :

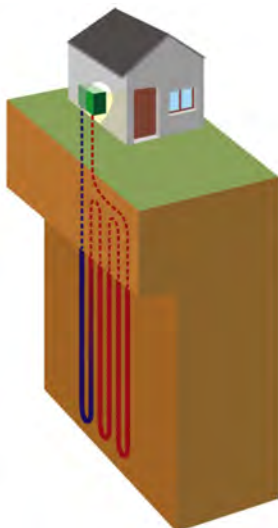
#### Captation horizontale

Un capteur horizontal est réalisé à l'aide d'un réseau de tubes enterrés à une profondeur de l'ordre de 80 à 150 cm. À cette profondeur, on bénéficie à la fois de l'inertie thermique du sol en hiver (le sol est plus chaud que l'air extérieur) et d'une recharge naturelle au printemps et en été (apport d'énergie solaire et d'eau de pluie). C'est d'ailleurs pour cette raison que la surface située au-dessus du capteur horizontal doit être perméable et bien orientée (un simple gazon est l'idéal). Pour garantir le bon fonctionnement de la PAC, le capteur doit être dimensionné en fonction du potentiel de prélèvement thermique du sol qui peut varier entre  $10 \text{ W/m}^2$  pour un sol sec et  $40 \text{ W/m}^2$  pour un sol humide (selon la norme VDI 4640). La captation horizontale nécessite des travaux de terrassement et la surface nécessaire est de 1,5 à 2 fois la surface à chauffer, selon le type de sol, le fluide circulant dans les tubes et la puissance demandée.



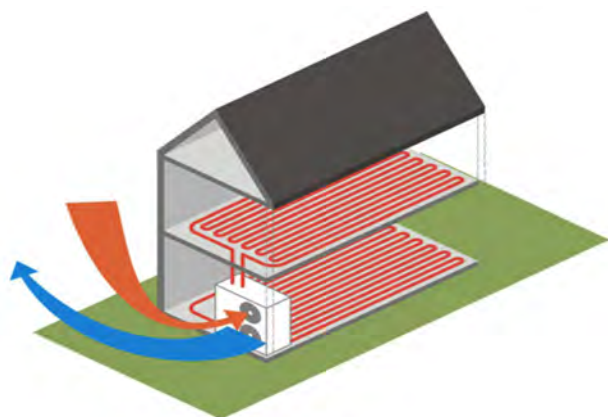
#### Captation verticale

Un capteur vertical est constitué de sondes réalisées le plus souvent par des tubes en polyéthylène (PEHD) en double U dans lesquels circule de l'eau glycolée. Ces sondes sont introduites dans des forages dont le nombre et la profondeur dépendent des besoins thermiques du bâtiment mais également du type de sol. Le potentiel thermique du sol, qui peut varier de  $25 \text{ W/m}^2$  à  $80 \text{ W/m}^2$  (selon la norme VDI 4640), sera à quantifier par une entreprise spécialisée afin de procéder à un dimensionnement précis des sondes. L'espace restant entre les tubes et la paroi du forage est comblé par un mélange de ciment et de bentonite. La bentonite est une sorte d'argile qui est utilisée pour combler les vides par gonflement et éviter la fissuration du ciment. Elle assure ainsi une stabilité mécanique à la sonde et un bon transfert thermique avec le sol.



### ✕ Les pompes à chaleur aérothermiques

L'air est une source d'énergie illimitée mais qui présente des variations importantes de températures (journalières et saisonnières). Cependant, en Belgique, nous bénéficions d'un climat tempéré et l'utilisation d'une PAC aérothermique présente de bons résultats pour un investissement financier raisonnable.



#### Capteur statique

L'air circule entre les ailettes du capteur de manière naturelle et il n'y a donc pas besoin de ventilateur. Ce type de capteur est de grande dimension afin de récupérer suffisamment d'énergie dans l'air (complété par un capteur solaire le cas échéant). Le fluide frigorigène (ou plus rarement de l'eau glycolée) circule dans des tubes fixés aux ailettes pour capter l'énergie cédée par

l'air. Dans le but de garantir un dégivrage naturel, l'échangeur statique doit être orienté entre l'est et l'ouest en passant par le sud, sans entrave à l'ensoleillement.

#### Capteur dynamique

Un ventilateur est utilisé pour brasser une quantité suffisante d'air, permettant un échange thermique satisfaisant entre l'air et le fluide frigorigène. Le capteur est composé de multiples ailettes écartées de quelques millimètres à peine. En fonction de la température de l'air et de son degré d'humidité, du givre peut se former au niveau des ailettes de l'évaporateur et créer alors un « bouchon » de glace qui empêche l'air de passer. Afin d'éviter cela, la PAC réalise automatiquement un cycle de dégivrage.

### ✕ Les pompes à chaleur en rénovation

Ces techniques deviennent envisageables en rénovation basse énergie avec un chauffage à basse température. De manière générale, le COP d'une PAC est d'autant plus élevé que la différence de température entre la source froide (captation de l'énergie) et la source chaude (restitution de l'énergie) est faible. Étant donné que le réseau de radiateurs sera dans la majorité des cas conservé, ce sont les systèmes eau/eau, sol/eau et air/eau qui seront envisagés. Les radiateurs déjà en place, devenus surdimensionnés, permettent la circulation d'eau à moins de 50° C. La performance peut encore être améliorée en mettant en œuvre un plancher chauffant à basse température permettant d'abaisser la température de l'eau sous les 35° C. Le chauffage par le sol n'est cependant pas adapté aux logements anciens avec des planchers en gîtages, excepté au rez-de-chaussée où la structure est généralement en béton armé ou sur voussettes et poutrelles en acier.

**Les pompes à chaleur hydrothermiques** correspondent à des situations géographiques, géologiques locales particulières qui permettent l'accès à des nappes phréatiques, des plans d'eau ou de cours d'eau dans des conditions intéressantes. Pour avantageuse qu'elles soient, les applications en resteront rares.

**Les pompes à chaleur géothermiques** nécessitent un raccordement à des sondes géothermiques verticales ou horizontales. En rénovation, les puits verticaux ne pourront se trouver sous le bâtiment comme pour une construction neuve. La réalisation d'un forage d'un ou de plusieurs puits de 30 à 100 m de profondeur nécessite un minimum de place et une bonne accessibilité. De même, le placement d'un réseau horizontal, nécessite un espace dégagé non



Arc & Style, photo Claude Renier

construit relativement bien exposé (le plus souvent, un jardin) d'une surface +/- équivalente à la surface de plancher de l'immeuble basse énergie à chauffer. L'intégration de ces systèmes est souvent très difficile, voir impossible en ville. Les engins de forages de près de 30 tonnes ne pouvant la plupart du temps pas accéder aux espaces privés à l'arrière des immeubles en intérieur d'îlot dans le cas de puits verticaux. Des engins de forages plus petits du poids et de l'encombrement d'une voiture sont en cours de mise au point, ce qui pourrait changer la donne.

Pour le placement de réseaux horizontaux, les jardins de ville sont dans la plupart des cas trop petits pour satisfaire la demande des bâtiments à chauffer. Les murs de clôture de jardins ne sont souvent fondés qu'à 40 à 60 cm de profondeur alors que le système de serpentins devrait idéalement être placé entre 80 et 150 cm de profondeur, ce qui contraint de reprendre en sous-œuvre les murs ou de s'en tenir éloigné ce qui réduit encore la surface exploitable. Encore une fois, cette mise en œuvre nécessite d'accéder avec des engins de terrassement dans les jardins en intérieur d'îlot, ce qui n'est possible que dans des configurations très particulières.

**Les pompes à chaleur aérothermiques** sont davantage accessibles car elles sont moins chères. Elles affichent encore des performances acceptables et sont plus simples à mettre en œuvre. Les questions du niveau sonore et de l'intégration architecturale de la batterie de compresseur et d'évaporateur à placer à l'extérieur du bâtiment ne sont cependant pas toujours faciles à résoudre dans un bâti ancien et urbain.

## 4.6 L'approche orientée solaire thermique

### ● Introduction

L'Union européenne compte actuellement plus de 17 millions de m<sup>2</sup> de capteurs solaires installés. Et pas uniquement dans les pays du sud mais aussi en Allemagne, en Autriche, au Danemark, en Suède et au Royaume Uni.<sup>56</sup>

À la fin 2006, la production annuelle de chaleur solaire de Wallonie s'élevait à 20 GWh (27 GWh en 2007 - chiffres provisoires). Elle a plus que quadruplé de 2000 à 2007. La superficie de capteurs solaires thermiques atteint 100 000 m<sup>2</sup> en 2007, soit 29 m<sup>2</sup> pour 1 000 habitants. Le premier PMDE (Plan pour la Maîtrise Durable de l'Énergie) prévoyait une production de chaleur solaire de l'ordre de 80 GWh à l'horizon 2010. Au vu des évolutions de ces dernières années (doublement de la superficie de panneaux entre 2004 et 2006), cet objectif semble accessible fin 2010.

Le potentiel technique du solaire thermique a été estimé à 1 420 GWh (résidentiel + tertiaire), bien au-delà des objectifs du PMDE.

Toutefois, il paraît peu réaliste de mettre en œuvre la totalité du potentiel d'ici à 2020. Il est proposé de s'inspirer de la situation actuelle dans les pays européens les plus avancés de ce

<sup>56</sup> <http://energie.wallonie.be/fr/le-solaire-thermique.html?IDC=6178>


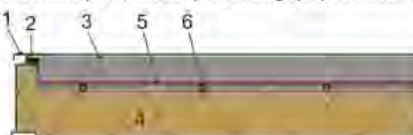
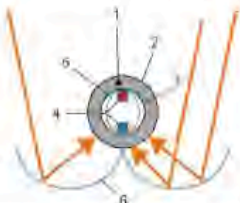
point de vue. On constate que c'est l'Autriche qui réalise le meilleur score en cette matière puisqu'elle comptait, en 2006, 343 m<sup>2</sup> pour 1 000 habitants de panneaux solaires.

Un objectif pourrait donc être d'atteindre 350 m<sup>2</sup> pour 1 000 habitants à l'horizon 2020.<sup>57</sup>

L'intérêt énergétique de placer des capteurs solaires thermiques n'est plus à démontrer. Le chauffage de l'eau chaude sanitaire, voire des locaux, peut en partie être assuré par de l'énergie solaire, énergie gratuite et renouvelable.<sup>58</sup>

Le solaire thermique est une technique mature au niveau des capteurs, c'est-à-dire qu'il ne faut plus s'attendre à de grandes avancées technologiques qui permettraient d'en améliorer spectaculairement l'efficacité. Cependant des recherches sont encore menées concernant les moyens de conserver l'énergie thermique, notamment sur l'utilisation de matériaux à changements de phases dans des ballons de stockage. Des avancées dans ce domaine pourraient permettre d'étendre plus facilement la technologie pour le chauffage.

Le rayonnement solaire variant significativement au cours des saisons, cette contribution solaire est aussi variable dans le temps et ne peut bien évidemment couvrir seule tous les besoins sans l'appoint d'une autre énergie.

Groupe	Sous-groupe	Commentaires/figure
Les capteurs plans	Les opaques	<p>Ce sont les capteurs les plus simples du marché. En effet, ils sont constitués d'un ensemble de tuyaux opaques de couleurs foncées qui jouent à la fois :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Le rôle de plaque absorbante qui permet la conversion du rayonnement solaire en énergie thermique transportée par le fluide.</li> <li>2. Le rôle de tube qui transporte l'énergie jusqu'à l'extérieur du capteur.</li> </ol>  <p>Contrairement aux plans vitrés, ils ne possèdent pas d'isolation et pas de couvercle transparent. Leur rendement est donc nettement moins bon sauf s'ils sont destinés à fournir une eau chaude de basse température (proche de la température extérieure).</p>
	Les vitrés	<p>Il s'agit des capteurs que l'on rencontre le plus souvent ; ils conviennent pour la plupart des applications courantes (ECS, appoint chauffage, piscine...)</p> <p>Un capteur plan vitré se compose des éléments fondamentaux suivants :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. un boîtier qui contient tous les éléments constitutifs fragiles du capteur comme les tubes, la plaque absorbante...</li> <li>2. un joint d'étanchéité pour empêcher l'eau de pénétrer quand il pleut ;</li> <li>3. un couvercle transparent qui permet de créer l'effet de serre au-dessus de la plaque absorbante ;</li> <li>4. une isolation thermique qui réduit la déperdition de chaleur par la face arrière et les côtés du capteur ;</li> <li>5. une plaque absorbante qui permet la conversion du rayonnement solaire en énergie thermique transportée par le fluide ;</li> <li>6. les tubes qui sont traversés par le fluide transportant l'énergie jusqu'à l'extérieur du capteur ;</li> </ol> 
Les capteurs sous vide : on fait le vide dans des tubes afin de réduire les déperditions de chaleur par convection et par conduction thermique avec l'ambiance extérieure. Ils permettent d'obtenir des températures d'eau chaude à la sortie des capteurs beaucoup plus élevées que les capteurs plans.	Les absorbeurs sur support en verre	<p>Dans ce type de capteur, on trouve les éléments suivants :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Une bouteille de verre à double paroi (un peu comme un thermos). Les deux parois sont reliées de manière étanche au niveau du goulot de manière à emprisonner le vide (partie grise dans le schéma suivant). L'intérieur de la bouteille est soumis à l'air atmosphérique.</li> <li>2. L'extérieur de la bouteille est transparent.</li> <li>3. L'absorbeur est posé sur la face intérieure de la bouteille en verre.</li> <li>4. Les tubes qui évacuent la chaleur se trouvent dans le creux atmosphérique central.</li> <li>5. Les tuyaux sont reliés à l'absorbeur par des profilés semi-circulaires métalliques de transfert de chaleur.</li> <li>6. Éventuellement, des réflecteurs augmentent le rayonnement solaire sur le capteur (on parle alors des tubes Sydney ou CPC pour Compound Parabolic Concentrator).</li> </ol> 
	Les absorbeurs sur support en cuivre	<p>Dans ce type de capteur, on trouve les éléments suivants :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Un tube en verre qui emprisonne le vide dans lequel toutes les composantes suivantes sont comprises :</li> <li>2. L'absorbeur est posé sur un support en cuivre.</li> <li>3. Les tubes qui évacuent la chaleur, généralement aussi en cuivre, se trouvent dans le vide et sont donc également isolés. Les tuyaux peuvent être disposés de diverses manières (soit juxtaposés, soit concentriques).</li> <li>4. Si nécessaire, on peut orienter l'absorbeur par rapport au soleil au moment de l'installation lors d'une implantation en façade par exemple.</li> </ol>

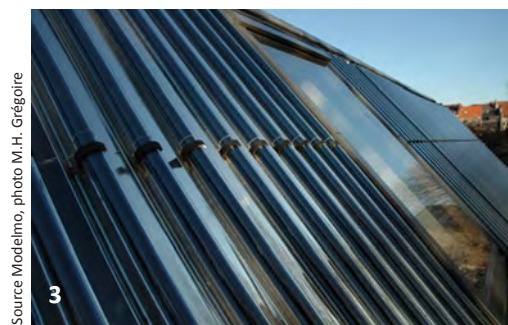
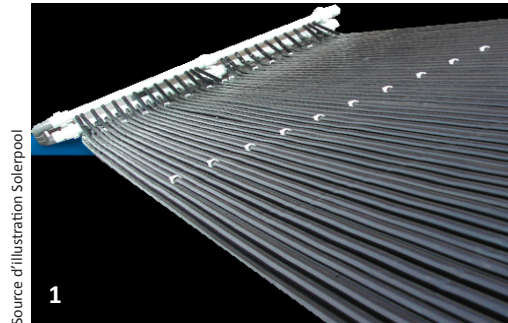
57 Econotec, Ibam, Icedd. Projet d'actualisation du Plan pour la Maîtrise Durable de l'Énergie en Wallonie à l'horizon 2020, Service Public de Wallonie DG04 Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, 12 mars 2009, pg. 251

58 « 8 bonnes raisons d'installer un chauffe-eau solaire », portail de l'énergie de la région wallonne : <http://energie.wallonie.be/fr/un-chauffe-eau-solaire-chez-vous.html?IDC=6075&IDD=11300>

## ● Technique de fonctionnement

### ✕ Capteurs

Le nombre et le choix du type de capteurs posés dépendent du % de la couverture solaire souhaitée sur l'année (fraction solaire). Ce choix sera différent s'il s'agit de produire de l'eau chaude sanitaire ou si un appui chauffage est envisagé. Il existe deux groupes de capteurs : les « plans » et les « sous vides ». Dans chacun des groupes, on distingue deux sous-groupes.<sup>59</sup>



Les capteurs sont présentés par ordre croissant de coût.

**Les capteurs plans opaques** (fig. 1) sont principalement utilisés dans nos régions pour le chauffage de piscines extérieures en été, ils permettent la production d'eau chaude sanitaire dans les pays du sud de l'Europe. Ils ont l'avantage de la simplicité et sont d'un coût très abordable.

**Les capteurs plans vitrés** (fig. 2) sont les plus largement utilisés, principalement pour la production d'eau chaude sanitaire. Cependant, l'amélioration constante des différents composants de ces capteurs (capteurs étanches de grande dimension, vitrages sélectifs, absorbeur performant, connectique intégrée et isolée) fait qu'ils sont de plus en plus fréquemment utilisés en appoint chauffage.

**Les capteurs sous vide** (fig. 3) de type Sydney ou CPC sont envisagés quand la consommation d'eau sanitaire est importante en journée tout au long de l'année comme dans les maisons de retraite par exemple ou quand un appui chauffage est demandé en plus de la production d'eau chaude sanitaire. Ces capteurs produisent de l'eau à plus haute température que des capteurs plans vitrés et de ce fait, sont encore assez efficaces lorsque l'apport solaire est moindre par ciel couvert et la température extérieure plus basse. Ils permettent des gains significatifs en chauffage en demi-saison (automne-printemps).

**Les capteurs sous vide avec absorbeur** (fig. 4) sur support en cuivre aussi appelé « à calo-ducs » sont utilisés quand la place disponible pour l'installation des capteurs en toiture est limitée. Avec ces capteurs la production d'une même quantité d'énergie peut-être assurée par une surface deux fois moindre que les capteurs plans. Leur principe de construction permet

<sup>59</sup> Matriciel, Architecture et climat UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouvellement du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, octobre 2009, chapitre 12 pg.4

sur certains modèles de ne pas avoir de surchauffe en été quand la demande en chauffage est très faible voire inexistante.

L'orientation plein sud des capteurs avec une inclinaison de 35° par rapport à l'horizontale donne un pourcentage optimal de gains solaires sur une année. Il convient cependant de relativiser ce calcul théorique, car cette inclinaison de capteur concentre la plus grande partie des gains solaires en été, période pendant laquelle la production peut déjà être supérieure à la demande en eau chaude sanitaire et à fortiori en chauffage. En rénovation la pente des toitures est souvent une donnée de départ. La grande majorité des toitures ont des pentes variant entre 40 à 45°, le placement dans le plan de toiture à ces inclinaisons permet donc d'élargir la plage d'apport solaire vers l'entre-saison. En cas d'appoint chauffage, on conseille de redresser les capteurs jusqu'à un angle variant entre 50 et 60° par rapport à l'horizontale pour tenter d'optimiser l'apport solaire en demi-saison et en hiver, quand le soleil sera le plus bas sur l'horizon et que le besoin de chauffe sera le plus important (un capteur perpendiculaire au rayonnement solaire intercepte la quantité maximale d'énergie).

Le montage de capteurs verticaux en façade fait par contre chuter les rendements annuels de manière assez importante (-40 %).

Les capteurs devront idéalement être orientés au sud, mais les orientations Sud-est ou Sud ouest restent encore performantes. Les ombrages devront être pris en compte ; les ombrages dus à la végétation, ceux des immeubles voisins, les ombrages dus au bâtiment lui-même causé par des cheminées, des lucarnes par exemple et les ombrages dus aux capteurs entre eux. On notera qu'un ombrage partiel et passager ne réduira pas significativement le rendement d'une installation solaire thermique alors qu'il fera chuter fortement celui d'une installation photovoltaïque. Par contre, l'ombre portée de la végétation même si elle est plus diffuse que celle d'un bâtiment, peut avoir un impact saisonnier sur la production, surtout si l'on vise un appui chauffage. La production peut en être fortement pénalisée en automne juste avant la chute des feuilles quand le soleil est déjà assez bas sur l'horizon et que la demande de chauffage commence à être importante, alors qu'elle n'en sera pas affectée au printemps lorsque la croissance du feuillage est encore limitée.

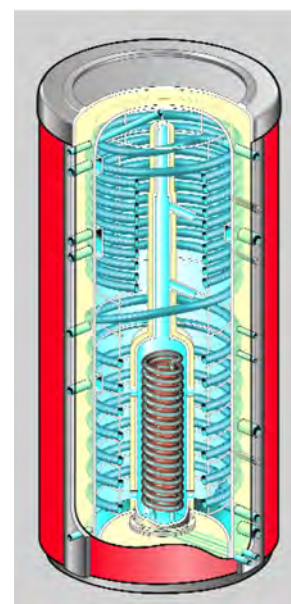
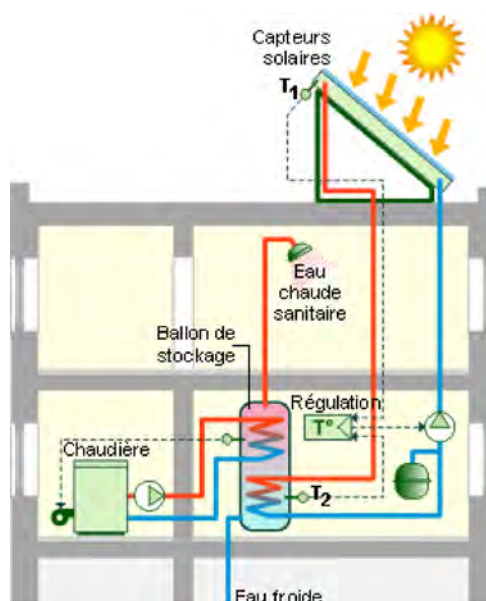
Une simulation de la course du soleil sur une maquette digitale du bâtiment et de son environnement est souvent très utile pour déterminer le temps d'exposition solaire et l'impact journalier et saisonnier des ombrages de manière à pouvoir juger de l'opportunité de mettre en œuvre ce type d'installation et de pouvoir en implanter les différents composants en toute connaissance de cause.

### × **Systeme de stockage**

Il s'agit généralement d'un ballon d'eau bien isolé thermiquement raccordé aux capteurs. Outre le stockage d'énergie, il permet de différer la demande de puisage par rapport au moment de la production solaire.

Dans un logement, cet organe de l'installation est primordial. C'est généralement lorsque les habitants sont à l'extérieur de leur logement que la production solaire se réalise (c'est-à-dire en journée). Or, le puisage, lui, se fait souvent le soir ou tôt le matin.

La légionella (bactérie potentiellement mortelle lorsqu'elle est inhalée) se développe dans de l'eau stagnante et mainte-



nue à une température inférieure à 50° C. Le risque est réel de la voir se développer dans un ballon de stockage solaire. Il n'y a pas à l'heure actuelle de réglementation spécifique concernant ce risque en région Wallonne, les installateurs n'ont donc aucune obligation légale de prémunir leurs installations contre ce risque.

Ce problème peut-être cependant être résolu de deux manières.

Soit en programmant la régulation pour que la chaudière d'appoint permette une montée en température à 60° C une fois par jour ou 80° C une fois par semaine. Pour les petites installations comme les chauffe-eau solaires, le haut du ballon peut être maintenu à 60° C par le système d'appoint.

Soit en travaillant avec une cuve dite « à eau morte ». L'eau chaude sanitaire est alors chauffée à l'aide d'un échangeur de chaleur. De la sorte, il n'y a pas de contact entre l'eau chaude sanitaire et l'eau chaude solaire stagnante. La deuxième alternative sera préférée car la montée en température en intermittence a une forte incidence sur le rendement de l'installation solaire.

#### × **Système d'appoint**

Pendant une partie de l'année, généralement d'octobre à février, l'installation qui distribue l'eau chaude aura besoin d'un appoint de chaleur pour atteindre les températures minimales demandées. Cet appoint peut être fourni par une résistance électrique, une chaudière à combustible fossile ou à biomasse (bois).

Si l'emploi d'une résistance électrique seule n'est pas conseillé, vu le coût et la consommation en énergie primaire associée, la combinaison d'une chaudière et d'une résistance électrique intégrée dans le ballon ou fonctionnant en production instantanée à la sortie du ballon permet de couper complètement la chaudière à la fin de la saison de chauffe et par là éviter les très mauvais rendements d'une chaudière pour la seule production d'ECS.

Dans le cas d'une installation solaire thermique assurant à la fois la production de l'eau sanitaire et un appoint chauffage, on remarque que c'est la température de consigne de l'eau sanitaire qui va déterminer la quantité d'énergie que devra fournir la source d'appoint. Dans une habitation bien isolée et équipée d'émetteurs à basse température, les capteurs thermiques vont produire de manière constante en journée de mi-saison de l'eau à une température comprise entre 20 et 35° C, ce qui ne nécessitera que très peu d'apport de la part de la source d'appoint pour satisfaire à la demande en chauffage. Par contre l'eau chaude sanitaire demande une température bien plus élevée qui se situe entre 40 et 45° C et c'est donc paradoxalement la production de l'eau sanitaire qui sollicite le plus la source d'appoint. La température de consigne de la production de l'eau sanitaire au sein de la cuve de stockage stratifiée devra être la plus basse possible par exemple 42° C pour un bain et 38° C pour une douche pour que l'ensemble du système reste performant, même si les réglages par défaut prévus par le constructeur affichent souvent des températures de 55 à 60° C.

Les montées en température de la partie haute de la cuve stratifiée où se trouve l'échangeur sanitaire et le fonctionnement de l'éventuelle boucle sanitaire (pour des logements collectifs ou des maisons de plus de 300 m<sup>2</sup>, comportant plusieurs salles de bains) pourront être commandées par une horloge pour ne délivrer de l'eau chaude à température élevée qu'aux heures de consommation importante, le matin et le soir en semaine par exemple.

#### × **Dimensionnement**

Les tableaux de pré-dimensionnement mettent en évidence que la couverture solaire raisonnable d'un point de vue économique se situe à plus ou moins 60 % pour de « petites » installations (maisons unifamiliales) et de maximum 40 % pour de « grandes » installations (immeubles collectifs).<sup>60</sup>

<sup>60</sup> Matriciel, Architecture et climat UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouvellement du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, octobre 2009, chapitre 12 p.5

Un chauffe-eau solaire se dimensionne sur l'été et non sur l'hiver. En hiver, 20 m<sup>2</sup> de capteurs solaires thermique ne suffisent pas pour autoproduire les besoins d'eau chaude sanitaire d'un ménage de 4 personnes alors que pour ce même ménage 3,8 m<sup>2</sup> sont suffisants en été.

L'appui chauffage nécessite la mise en œuvre d'une plus grande quantité de capteurs, d'un ballon de stockage plus important et comportant un double échangeur. Les résultats en termes d'économies d'énergie sont aussi plus importants. La consommation en eau chaude sanitaire d'un ménage représente 15 à 20 % de la totalité de l'énergie thermique consommée, le chauffage dans une habitation K45 représente la part du lion soit 80 à 85 %. La part du chauffage diminuera jusqu'à représenter 50 à 60 % en rénovation basse énergie, pour devenir beaucoup plus petit que le besoin de ECS dans le cas d'une construction passive.

Un chauffe-eau solaire permettra une économie de +/-50% sur une consommation de +/-20% soit +/-10% de la facture globale. Une installation prenant en charge le chauffage et l'eau sanitaire permettra une économie de 40 à 50 % sur la totalité des consommations.

### × Conclusions

La rentabilité d'une installation solaire est fortement dépendante des primes disponibles et des hypothèses considérées ainsi que de la taille de l'installation et de la couverture solaire souhaitée. Le bon dimensionnement et la bonne régulation de l'installation sont deux paramètres primordiaux dans la définition de la rentabilité du système. Une mauvaise régulation peut faire chuter la production solaire de plus de 30 %.

L'appui chauffage n'est pertinent que si le bâtiment est occupé en journée, est isolé entre 60 et 30 kWh/m<sup>2</sup>/an de besoin de chauffe<sup>61</sup> et est équipé de radiateurs surdimensionnés ou d'un chauffage par le sol permettant d'y faire circuler de l'eau à basse température.

## 4.7 L'approche orientée solaire photovoltaïque

### ● Introduction

Le solaire photovoltaïque correspond à une volonté de produire de l'électricité de manière renouvelable, non polluante et décentralisée. Face à une consommation des ménages toujours en hausse due à la multiplication des appareils électriques, le premier réflexe doit être de mettre en place une utilisation rationnelle de l'énergie en utilisant l'électricité pour des applications où elle est réellement efficace ou indispensable: (appareils électroniques, électroménagers, éclairage, pompes, moteurs, etc). Écarter les appareils inutiles, installer des appareils peu consommateurs, désactiver les modes de veille des appareils et éteindre les luminaires dans les pièces non occupées ou bénéficiant d'un éclairage naturel suffisant sont des mesures recommandées. Les appareils de chauffage et de préparation de l'eau chaude sanitaire 100 % électrique sont à bannir si l'on veut qu'une installation photovoltaïque de taille raisonnable couvre la totalité ou la plus grande partie des besoins d'un ménage.



Source Modelimo, photo M.H. Grégoire

Le potentiel technique de développement du photovoltaïque est très important. Il a été estimé à 8 340 GWh (1/3 de la consommation électrique wallonne aujourd'hui), avec les technologies actuelles.<sup>62</sup>

L'installation de capteurs photovoltaïques a littéralement explosé en Wallonie en 2009 avec une puissance électrique de 38 MW installés durant l'année sur un total de 292 MW pour l'ensemble de la Belgique (l'équivalent de 150 éoliennes de moyenne puissance).

<sup>61</sup> Pour des besoins de chauffe de plus de 60 kWh/m<sup>2</sup>.an et de moins de 30 kWh/m<sup>2</sup>.an l'appui chauffage solaire n'est pas pertinent.

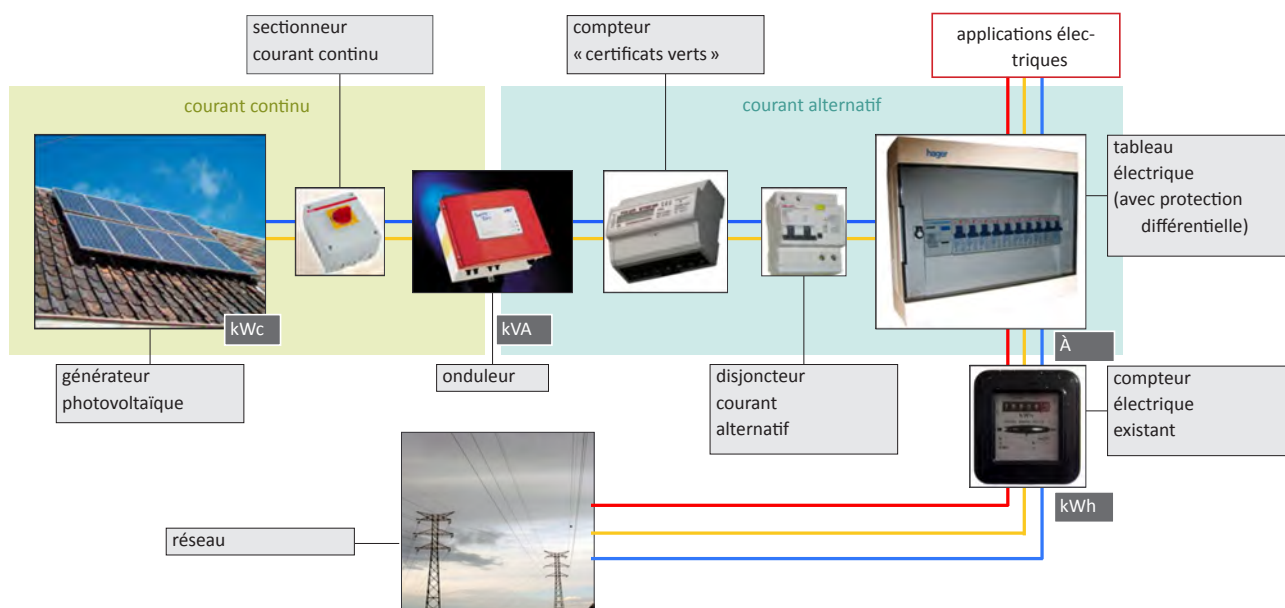
<sup>62</sup> Econotec, Ibam, Icedd. Projet d'actualisation du Plan pour la Maîtrise Durable de l'Énergie en Wallonie à l'horizon 2020, Service Public de Wallonie DG04 Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, 12 mars 2009, p. 254

L'EPIA (European Photovoltaic Industry Association) n'attendait de tels résultats que vers 2014.<sup>63</sup> En termes de puissance installée, la Belgique passe au sein de l'union européenne de la 11<sup>e</sup> position en 2006 à la 4<sup>e</sup> en 2009. Contrairement à la Flandres qui a vu le développement d'installations photovoltaïques de grande dimension dans le secteur industriel, le parc photovoltaïque wallon est composé à 98 % de systèmes domestiques de moins de 10 kW, la puissance moyenne installée étant de 3,6 kW.

### ● Technique de fonctionnement

L'effet photovoltaïque mis au point par Alexandre Edmond Becquerel en 1839, est obtenu par l'absorption de l'énergie des photons dans un matériau semi-conducteur qui génère alors une tension électrique. Celle-ci produit du courant électrique qui peut être utilisé pour alimenter un appareil ou recharger une batterie.

Les principaux composants d'une installation solaire photovoltaïque raccordée au réseau sont présentés sur le schéma ci-dessous.<sup>64</sup>



- Le panneau solaire ou générateur photovoltaïque produit un courant continu par l'absorption des photons. Comme les applications domestiques sont alimentées en courant alternatif, il est nécessaire de convertir ce courant continu basse tension en courant alternatif 220V de fréquence identique à celle provenant du réseau. C'est le rôle de l'onduleur.
- L'onduleur doit être en parfaite adéquation avec les caractéristiques de l'installation photovoltaïque. Un sous/surdimensionnement de l'onduleur peut diminuer fortement les performances de l'ensemble du système.
- L'onduleur doit être localisé le plus proche possible des panneaux car les pertes électriques de transport en courant en basse tension sont beaucoup plus importantes qu'en courant 220V.
- La température joue un rôle important dans la performance des cellules photovoltaïques. Sans entrer dans la physique d'une cellule, une augmentation de la température diminue les performances de l'installation. Il est important de prévoir une bonne ventilation des capteurs par l'arrière. L'absence de ventilation peut réduire de façon importante la production d'électricité.
- Lorsqu'il y a production d'électricité photovoltaïque, le courant produit alimente les différents circuits électriques. Le complément d'électricité provient du réseau. Un compteur de passage spécifique installé entre l'onduleur et le tableau électrique permet de comptabiliser la production électrique de l'installation photovoltaïque. S'il y a surproduction

63 <http://www.epia.org/policy/national-policies/belgium.html>

64 <http://www.ef4.be/fr/photovoltaïque/>

d'électricité photovoltaïque, l'excédent sera réinjecté sur le réseau et pourra être utilisé par d'autres consommateurs. Dans ce cas, pour les installations domestiques, le compteur d'électricité tourne à l'envers.<sup>65</sup>

## × Intégration au bâtiment

### En surimposition de toiture inclinée (fig. 1)

**Avantage :** facilité de pose sur toiture existante, permet une bonne ventilation des capteurs par l'arrière (laisser 5 à 10 cm entre le toit et les panneaux).

**Inconvénients :** Intégration esthétique limitée.

### Intégré en toiture inclinée (fig. 2)

**Avantage :** meilleure intégration architecturale, économies en matériau de toiture.

**Inconvénients :** difficulté d'assurer la bonne ventilation des capteurs par l'arrière.

### En toiture plate sur chevalet (fig. 3)

**Avantage :** facilité de pose, coût d'installation très compétitif, bonne ventilation des capteurs par l'arrière.

**Inconvénients :** prise au vent, nécessité d'une bonne fixation, poids du lestage (blocs en béton ou graviers), vérifier la résistance de la structure portante de la toiture.

**Remarques :** écarter suffisamment les rangées pour éviter les effets d'ombrage.

### En protection solaire en façade (fig. 4)

**Avantage :** double usage : protection solaire et production d'électricité, bonne ventilation des capteurs par l'arrière.

### En semi-transparent intégré en verrière (fig. 5)

**Avantage :** bonne Intégration architecturale, bonne ventilation des modules par l'arrière.

**Inconvénients :** coût élevé.

## × Implantation

Source Modelimo, photo Marc Opdebeek



Source Solstis

Source Ineris toitures



Source Ademe



Source Modelimo, photo Marc Opdebeek

Dans le but d'évaluer le potentiel d'électricité solaire d'un projet photovoltaïque, il convient de connaître au mieux les ressources solaires du lieu d'implantation. L'ensoleillement annuel moyen en Belgique est compris entre 1 100 et 1 150 kWh/m<sup>2</sup> pour une surface idéalement orientée (orientation sud - inclinaison 35°). Si on s'écarte de cette position, la production annuelle diminue. Poser des panneaux photovoltaïques sur des façades (pose verticale) est déconseillé car cela réduit fortement la production (-40 %) et donc la rentabilité de l'installa-

<sup>65</sup> Matriciel, Architecture et climat UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouvellement du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, octobre 2009, chapitre 15 pg.3

tion. Pour garantir un auto-nettoyage efficace du verre, une inclinaison des modules de minimum 15° à 20° est recommandée. En dessous de cette inclinaison minimale, les poussières, mousses,... agiront alors comme un ombrage permanent (très pénalisant).

#### × **Ombrages**

Toutes les considérations émises concernant l'ombrage des capteurs thermiques sont valables pour les capteurs photovoltaïques. Cependant, l'ombrage des panneaux photovoltaïques est encore plus pénalisant. Outre la perte d'ensoleillement, les panneaux mono et polycristallins sont constitués de cellules et de modules reliés entre eux en série. Ces raccordements en série impliquent dès lors que la cellule qui a le plus faible rendement va déterminer et limiter la puissance de tout le module. Il convient donc de limiter l'ombrage et prévoir des connexions qui tiennent compte de ces ombrages quand ils sont inévitables.

À ce titre on cherchera à éviter au maximum les différences d'éclairement au sein d'une même série (ou string) en associant autant que possible les modules ombragés en même temps au sein d'une même série. Chaque série devra comporter le même nombre de capteurs et devra présenter la même orientation et la même inclinaison.

#### × **Dimensionnement**

Les panneaux polycristallins (capteurs les plus diffusés) délivrent une puissance de l'ordre de 125 à 150  $W_{\text{crête}}$  par  $m^2$  installé; (performance moyenne en 2009). Pour une installation en Wallonie, on peut compter la production moyenne de 850 kWh/ $kW_{\text{crête}}$  chaque année soit +/-120 kWh/ $m^2$ .

Généralement, les installations domestiques sont dimensionnées pour ne pas dépasser l'autonomie basée sur une compensation en base annuelle de l'énergie utilisée, la production au printemps et en été rejetée sur le réseau compense l'énergie qui y est prélevée en automne et en hivers. Selon les statistiques de la CWaPE, un ménage wallon moyen consomme 3500 kWh d'électricité par an. Un ménage de 4 personnes qui adopte des choix d'utilisation rationnelle de l'énergie (URE) consommera de l'ordre de 2500 kWh d'électricité par an.

Pour couvrir les besoins d'un ménage moyen dont la consommation électrique annuelle est de l'ordre de 2500 - 3500 kWh, la superficie de panneau nécessaire est donc de 20 à 30  $m^2$ .

#### × **Les installations déjà placées**

L'asbl Énergie Facteur 4 (EF4) qui s'est donnée pour mission de promouvoir les énergies renouvelables et plus particulièrement l'énergie photovoltaïque, dispose d'un répertoire accessible au grand public reprenant les caractéristiques et localisations de 2800 installations sur les 16800 que compte la Wallonie. Même si cette banque de données n'est pas complète car constituée à partir de déclarations volontaires de propriétaires d'installations, elle permet de dégager certaines caractéristiques du parc Wallon.

- Au vu des moyennes tirées des données publiées par EF4, il semble bien que les installations photovoltaïques soient dimensionnées pour tendre vers la compensation sur base annuelle en se basant sur des données moyennes de consommations publiées par la CWaPE.
- 35 % des installations ont une puissance inférieure à 3  $kW_{\text{crête}}$  soit une production annuelle maximale de 2550 kWh pour une surface de capteurs de +/-21  $m^2$  (140  $W_{\text{crête}}$  par  $m^2$  de capteur). La moyenne est de 2,27  $kW_{\text{crête}}$  par habitation, soit 1930 kWh par an pour une surface de capteurs de +/-16  $m^2$ .
- 65 % du parc est composé d'installations dont la puissance est comprise entre de 3 et 10  $kW_{\text{crête}}$  soit une production annuelle maximale de 8500 kWh pour une surface de +/-70  $m^2$  de capteurs (140  $W_{\text{crête}}$  par  $m^2$  de capteur). La moyenne des puissances installées est de 4,44  $kW_{\text{crête}}$  par habitation soit 3774 kWh par an pour une surface de capteurs de +/-32  $m^2$ .
- Le rapport 35 - 65 % est stable dans chaque province wallonne, sauf dans le Brabant wallon où les petites installations atteindraient les 42,5 %. Cette distorsion vient peut-être du fait

que bon nombre d'installations importantes n'ont pas été déclarées ou que les habitants de maisons plus modestes sont plus nombreux à pouvoir mobiliser des moyens à investir dans ce type d'équipement dans cette partie de la Wallonie.

- Les installations sont dans leur très grande majorité placées sur des maisons unifamiliales. Les immeubles d'appartements équipés sont rares. La surface de toiture disponible pour placer les capteurs est souvent insuffisante par rapport à la surface cumulée des appartements. Le taux de couverture en énergie verte de la consommation électrique par appartement est souvent inférieur à 5 % pour un immeuble de 8 niveaux. En outre, la mise en place d'une installation de production d'électricité verte dans les logements collectifs pose un problème au niveau de la distribution de la production. En effet, contrairement à la chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire) dont la production peut être centralisée puis facturée au prorata de la consommation, il est pour le moment interdit de faire de même avec l'électricité. Dans le cas d'immeubles, l'installation n'approvisionne le plus souvent que les communs pour l'éclairage des escaliers, l'alimentation des ascenseurs, etc. ce qui diminuera les charges communes de l'immeuble.<sup>66</sup>

#### ✕ **Rachat d'électricité et certificats verts**

Concernant le rachat du surplus d'électricité, il convient de distinguer les installations de petite puissance et les installations de grande puissance.

- Pour les installations de moins de 10 kVA (puissance max de sortie de l'onduleur) qui sont certifiées (et enregistrées) comme installation de production d'électricité verte auprès de la CWaPE, la quantité d'électricité injectée sur le réseau peut compenser une partie ou la totalité de la quantité d'électricité prélevée du réseau et ce, au même prix !
- Pour bénéficier de cette compensation, la quantité d'électricité rejetée sur le réseau ne peut jamais excéder celle prélevée.
- Dans les installations de plus de 10 kVA et dans certaines conditions, le producteur local d'électricité revend son électricité à un coût beaucoup plus faible par rapport au prix d'achat ; (généralement compris entre 0,03 et 0,06 €/kWh pour 0,17 €/kWh à l'achat en 2009).
- Le mécanisme des certificats verts récompense le producteur d'électricité verte qui reçoit pour chaque MWh produit un nombre de certificats verts pendant un laps de temps déterminé qui peuvent être revendus au prix du marché ou directement au gouvernement ou au gestionnaire du réseau Elia.

« Le certificat vert est un titre transmissible octroyé à un producteur d'électricité verte et attestant que celui-ci a produit une quantité déterminée d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables, au cours d'un intervalle de temps déterminé. La négociation de ces titres auprès des fournisseurs d'électricité tenus à un quota minimal d'électricité verte permet à la fois la responsabilisation de ceux-ci et le cofinancement des productions d'énergie verte ».<sup>67</sup>

#### ✕ **Durée de vie d'un système photovoltaïque**

Les performances des modules photovoltaïques se dégradent avec le temps. C'est pourquoi la plupart des fabricants sérieux garantissent un % élevé du rendement initial après 10 et 20 ans de fonctionnement et d'exposition au soleil et aux intempéries. La durée de vie des capteurs sera sans doute plus longue que 20 ans, mais avec des performances difficiles à prévoir. Les onduleurs ont une durée de vie d'environ 10 ans, il est donc prudent de programmer leur remplacement dans le calcul de rentabilité sur 20 ans de l'installation.

<sup>66</sup> Matriciel, Architecture et climat UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouveau du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, octobre 2009, chapitre 15 pg.6

<sup>67</sup> www.cwape.be

#### ✕ Intérêt environnemental

En Wallonie, une installation de  $1 \text{ kW}_{\text{crête}}$  de panneaux photovoltaïques (+/-  $7 \text{ m}^2$ ), peut éviter jusqu'à 8,5 tonnes d'émission de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) durant sa durée de vie soit 20 ans. Relativisons cependant, si +/-  $7 \text{ m}^2$  de capteurs photovoltaïques idéalement implantés produisent 850 kWh électrique par an, la même superficie de capteurs thermiques plans en produira plus du triple en équivalent chaleur. Par contre si on compte en énergie primaire épargnée (facteur 2,5 pour l'électricité repris dans la PEB) la production décentralisée reste intéressante sans compter que l'électricité est une énergie plus « noble » puisqu'elle permet un plus grand nombre d'utilisations.

La production d'une installation photovoltaïque, ainsi que son recyclage en fin de vie, nécessite de l'énergie. Pour que la technologie soit intéressante sur le plan environnemental, il faut que sur sa durée de vie, le système produise plus d'énergie qu'il n'en a consommé lors de sa fabrication. L'impact environnemental d'un système photovoltaïque (les modules, les câbles, les structures et électronique) a fait l'objet d'une étude réalisée pour les pays de l'OCDE.<sup>68</sup> Dans cette étude, une installation a produit l'énergie qui a été nécessaire à sa fabrication entre 3,2 années pour des installations plein sud à  $35^\circ$  d'inclinaison à 5 ans pour les installations orientées de manière moins favorables.

## 4.8 Performances comparées des systèmes et performances économiques

### ● Introduction

L'analyse multicritères des performances comparées des différents systèmes présentés dans la partie précédente est principalement tirée de l'étude menée par Laurent Georges et Catherine Massart sous la direction d'André De Herde au sein d'Architecture et Climat à l'UCL.<sup>69</sup>

Cette étude tente de mettre en perspective la pertinence de la mise en œuvre des systèmes de production d'énergie renouvelable orienté bois-énergie, pompe à chaleur, solaire thermique (Soltherm) et solaire photovoltaïque (Solwatt) tout en les situant par rapport à des points de référence non renouvelables que sont le « tout électrique » et l'emploi classique du gaz naturel.

L'originalité de ce travail est qu'il compare les systèmes entre eux qu'ils soient renouvelables ou conventionnels, mais aussi en fonction des qualités d'enveloppe du logement dans lesquels ils sont installés, un logement type présentant une surface chauffée de  $175 \text{ m}^2$  et un volume protégé de  $500 \text{ m}^3$ .

Cinq niveaux de besoins nets de chauffage sont considérés :  $15 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{an}$  pour le passif, 30 et  $45 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{an}$  pour le très basse énergie et le basse énergie en bâtiments neuf,  $60 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{an}$  pour le basse énergie en rénovation et  $120 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{an}$  correspondant plus ou moins à l'obligation légale d'isolation de K45 pour le logement neuf.

L'objectif est de déterminer quel système de chauffage en combinaison avec un système de production d'eau chaude sanitaire sera le plus pertinent dans chaque cas.

Dans ce guide orienté rénovation, ce sont les résultats comparés pour les besoins de chauffe de  $60 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{an}$  et  $120 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{an}$  qui seront mis en avant, les résultats pour le passif et le très basse énergie seront occasionnellement abordés pour mettre le propos en perspective.

<sup>68</sup> L'étude de l'impact environnemental d'un système photovoltaïque est téléchargeable sur <http://www.ef4.be/fr/photovoltaïque/eu-fact-sheets.html>

<sup>69</sup> Laurent Georges - Architecture et climat. Élaboration d'un outil d'aide à la conception des maisons individuelles à Basse Énergie et Très Basse Énergie : partie système, Ministère de la Région wallonne, octobre 2009.

## ● Hypothèses ayant servi au calcul des indicateurs technico-économiques

### Durée d'utilisation et durée de vie

La durée d'utilisation des systèmes de chauffage ou de production d'ECS est fixée à 20 ans. Cela correspond à la durée de vie moyenne de la plupart des systèmes étudiés : les chaudières, les poêles ainsi que les capteurs solaires thermiques. Certaines technologies ont des durées de vie plus longues. Néanmoins, la durée d'utilisation peut être plus courte que la durée de vie : un appareil peut être obsolète après 20 ans tout en restant opérationnel, le propriétaire souhaitera réinvestir dans les nouvelles technologies plutôt que de garder l'équipement déjà installé jusqu'à sa fin de vie.

### Evolution des paramètres économiques

- Le taux d'inflation est pris à 2 %.
- L'actualisation des valeurs permet de comparer des montants perçus ou des dépenses réalisés à des moments différents. Par hypothèse, on a considéré que toutes les dépenses se font sur fond propre, que ce soit l'investissement de départ dans les différents équipements ou les dépenses pour la consommation énergétique. Dans ce cas de figure, un taux d'actualisation réaliste est de 3,5 % par an.

### Prix de l'énergie

Le prix de l'énergie courant est issu des statistiques réalisés par l'APERe et correspond aux valeurs de juin 2009. Afin d'évaluer les coûts liés à la consommation énergétique durant la durée d'utilisation des systèmes, il est nécessaire de pouvoir tenir compte de l'évolution du coût de l'énergie pour les prochaines années. L'estimation de l'augmentation des coûts de l'énergie d'ici 2030 est liée pour le mazout et le gaz à la raréfaction de ces ressources,<sup>70</sup> pour l'électricité sur les hypothèses de production<sup>71</sup> et pour le bois à l'hypothèse d'alignement des prix avec l'évolution de ceux du mazout.<sup>72</sup>

### Subsides, Primes et abattements fiscaux liés aux investissements énergétiques

Les différents subsides, primes et abattements fiscaux à l'investissement énergétique n'ont pas été pris en compte dans les analyses économiques car certaines dépendent des revenus des demandeurs et sont sujettes à modification, épuisement ou suppression.

### Indicateurs économiques

Un indicateur nous intéresse particulièrement est le **Coût Total Actualisé** ou **CTA**, représente la somme de tous les flux financiers actualisés sur la durée d'utilisation des techniques. Il sera repris dans tous les graphiques comparatifs.

70 F. Renard, S. Nourricier, M. Di Pietrantonio, and V. Feldheim. Analyse technico-économique de la rentabilité des investissements en matière de performance énergétique des habitations résidentielles. Technical report, Faculté Polytechnique de Mons (FPMS), 2008. Étude réalisée dans l'Action Construire avec l'Énergie financée par la Région Wallonne.

71 R. De Coninck and G. Verbeeck. Analyse technico-économique de la rentabilité des investissements en matière d'économie d'énergie. Technical report, IBGE et KUL, 2005.

72 Les coûts et les performances des installations de chauffage au bois. Technical report, Valbiom, janvier 2006. Dossier réalisé pour la Région Wallonne.

## 4.9 Analyse des différentes variantes avec et sans appui solaire

### ● Approche orientée bois énergie avec et sans appui solaire (avec le gaz comme référence)

#### Chaudières bois

Rappelons qu'il s'agit de chaudières à pellets ou à bûches à gazéification. Les différentes variantes sont reprises dans les graphes ci-dessous. Au départ on considère une chaudière travaillant avec des pellets ou avec des bûches. L'adjonction de capteurs solaires est ensuite envisagée. On travaille de manière incrémentale en commençant par le solaire thermique, le photovoltaïque puis la combinaison de ces deux technologies. Par conséquent, les effets spécifiques à chaque dispositif devraient être clairement identifiables.

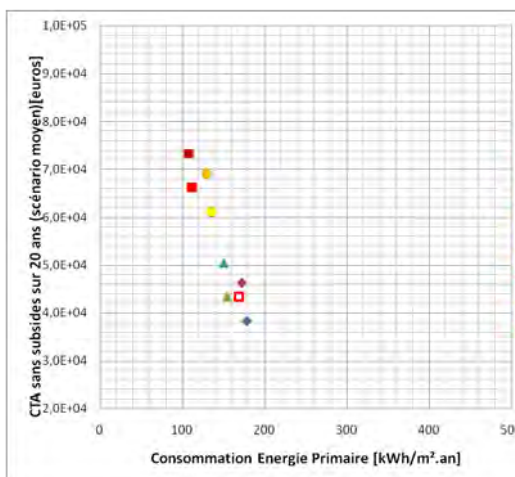
#### De 60 à 120 kWh/m<sup>2</sup>.an

On voit que les chaudières à bûches deviennent de plus en plus intéressantes par rapport au gaz : on bénéficie pleinement du prix plus bas de cette énergie. La consommation en énergie primaire continue quant à elle à s'aligner sur le gaz. La technique est très intéressante sachant que tout le chauffage et la production d'ECS se font entièrement avec du renouvelable. C'est un bel exemple où optimum économique et écologique vont dans le même sens. Économiquement, les chaudières à pellets n'ont pas une évolution aussi marquée. Elles partent avec un surinvestissement par rapport au gaz pour arriver progressivement au même niveau de CTA à 120 kWh/m<sup>2</sup>.an.

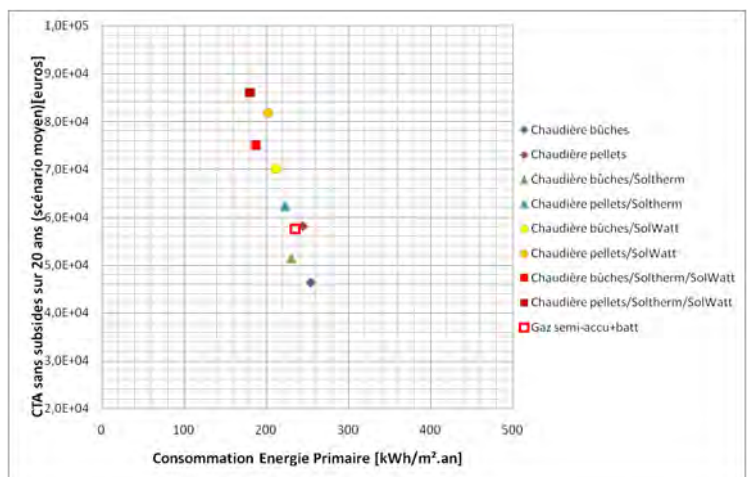
#### Poêle à bois

Pour rappel, un avantage majeur par rapport aux chaudières au bois est leur investissement plus faible. On peut s'en rendre compte en comparant les figures, relatives aux chaudières et poêles respectivement. Partant de ce dernier graphique, les différentes combinaisons basées sur un poêle sont définies par ordre croissant de prix d'investissement. Au départ, on considère le cas d'un poêle qui rayonne l'entièreté de sa puissance dans son environnement, l'ECS est quant à elle produite par un chauffe-eau électrique. Il s'agit du cas que l'on nommera « de base ». Au lieu de travailler avec un chauffe-eau électrique, on peut le remplacer par un chauffe-bain au gaz : un saut de +/-2 000 € htva est réalisé sur l'investissement par rapport au chauffe-eau. Il s'agit de la deuxième configuration.

La troisième configuration considère un poêle qui convertit une partie de sa puissance en eau chaude « hydroconvecteur ». Le coefficient de répartition retenu est de 30 % pour le rayonnement direct de 70 % pour le circuit d'eau chaude (qui sera couplé à un ballon tampon). En



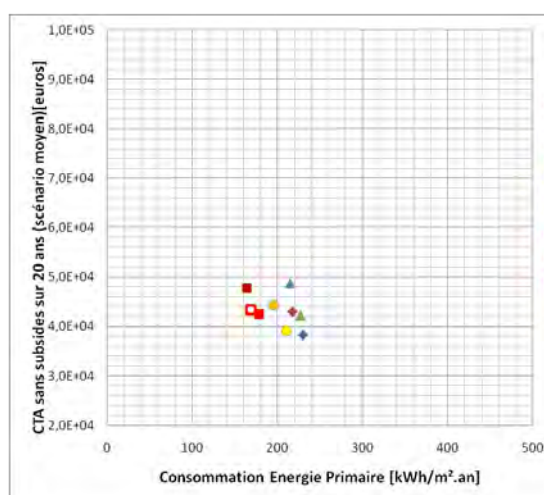
Besoin net de chauffage de 60 kWh/m<sup>2</sup>.an  
Source Laurent Georges



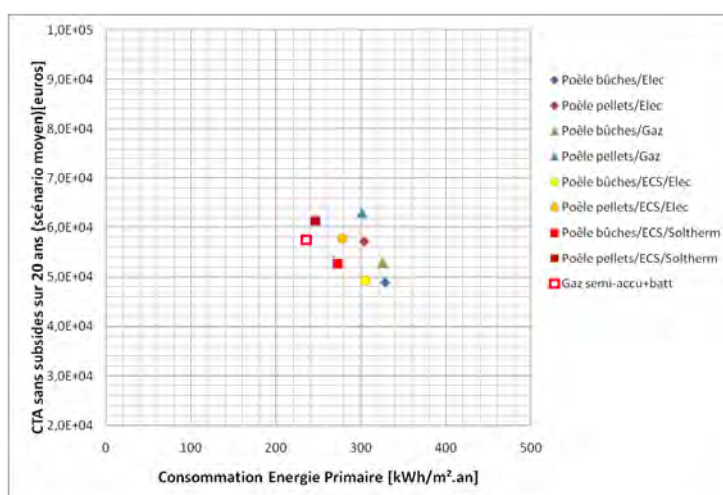
Besoin net de chauffage de 120 kWh/m<sup>2</sup>.an  
Source Laurent Georges

outre, on considère que le circuit d'eau contribue à la production d'ECS ainsi qu'au chauffage de l'enveloppe via des émetteurs basse température. L'appoint pour réaliser le chauffage de l'ECS hors période de chauffe est réalisé par une résistance électrique. Dans ce cas de figure, il faut compter +/-4 000 € htva supplémentaires par rapport au cas de base (poêle couplé au chauffe-eau électrique), +/-1 000 à 2 000 € htva en plus par rapport à une chaudière au gaz et +/-3 000 à 4 000 € htva en moins par rapport aux chaudières au bois : on est typiquement dans une situation intermédiaire. Par rapport à la situation de base, ce surinvestissement a permis de faire contribuer le poêle à la production d'ECS et de répartir le chauffage du bâtiment en deux vecteurs distincts (le poêle et les radiateurs), ce qui doit apporter une plus grande souplesse pour assurer le confort thermique dans l'ensemble de l'enveloppe.

La dernière configuration est identique à la troisième si ce n'est qu'elle utilise des panneaux solaires thermiques pour réaliser la production d'ECS hors période de chauffe. Pour les chaudières bois on avait bien mis en évidence la complémentarité de ces deux approches. On a bien évidemment un saut de +/-6 000 € htva par rapport à la situation précédente. On est donc plus cher que les chaudières au bois sans capteurs solaires. En fait, en termes d'investissement, on se situe entre les chaudières au bois et les pompes à chaleur. On peut donc déjà se demander s'il n'est pas plus simple de travailler directement avec une chaudière bois. En effet, le poêle avec récupération de chaleur et panneaux solaires thermiques forme un système assez complexe qui semble plus difficile à mettre en œuvre, surtout si aucun gain économique n'est accessible à la clef.



Besoin net de chauffage de 60 kWh/m<sup>2</sup>.an  
Source Laurent Georges



Besoin net de chauffage de 120 kWh/m<sup>2</sup>.an  
Source Laurent Georges

### De 60 à 120 kWh/m<sup>2</sup>.an

Il reste maintenant à analyser l'évolution avec la croissance en besoin net de chauffage, voir figures ci-dessus. On voit que les points relatifs aux techniques bûches se positionnent de plus en plus favorablement par rapport à leurs homologues à pellets. On avait déjà observé ce comportement pour les chaudières bois.

Les approches à pellets ont donc du mal à se différencier des chaudières au gaz : on travaille dans la même plage de performances. Avec les pellets, l'approche poêle/chauffe-eau et poêle/ECS/électrique donnent des CTA équivalents tandis que le poêle/chauffe-bain et le poêle/ECS/solaire restent de +/-3 000 à 4 000 € hvac plus chers que le gaz.

Les bûches quant à elle permettent de faire des bénéfices substantiels comparés au gaz. On limitera les approches sans récupération de chaleur par un circuit d'eau chaude pour les bâtiments ayant un besoin de chauffe de moins de 30 kWh/m<sup>2</sup>.an. Au-delà, un seul émetteur ne pourra vraisemblablement pas garantir un bon confort dans l'ensemble de l'habitation. Avec récupération de chaleur via un circuit d'eau chaude, le problème est différent. On peut alimenter une batterie placée sur l'air de ventilation ou, si cela ne suffit pas placer un réseau de

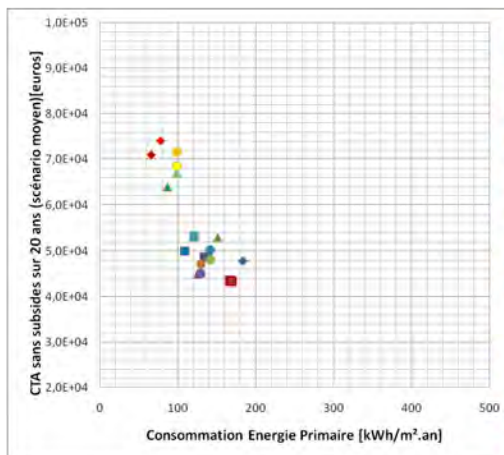
radiateurs basse température. Il ne semble pas y avoir de limite à cette approche, du moins, pas pour la gamme de besoins nets que l'on analyse ici.

### ● **Approches orientées pompes à chaleur avec et sans appui solaire (avec le gaz comme référence)**

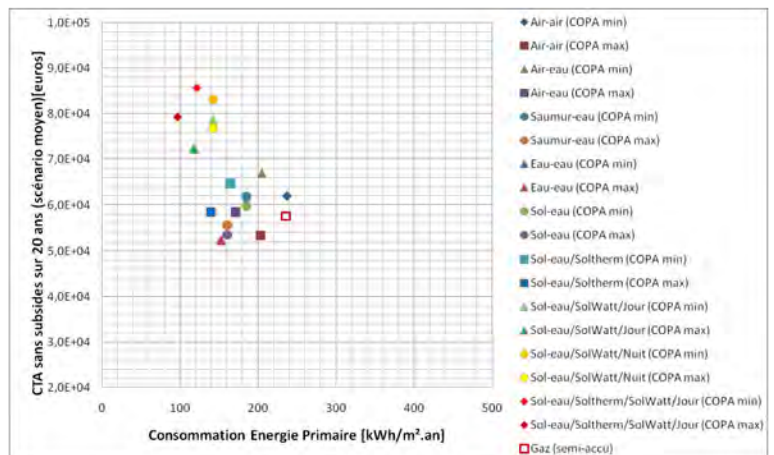
Les différentes combinaisons de base des pompes à chaleur sont d'abord décrites. Pour commencer, on considère les différentes techniques non combinées à des panneaux solaires : les PAC air-air, air-eau, eau-eau, saumur-eau et sol-eau. On considère que la PAC air-air ne produit pas d'eau sanitaire et que celle-ci est réalisée au moyen d'un chauffe-eau électrique. Pour ce qui est des autres approches, elles produisent à la fois la chaleur pour le chauffage des pièces et l'ECS. De manière générale, on essaye de faire fonctionner ces appareils électriques en heures creuses afin de bénéficier des meilleurs tarifs. Cela est possible grâce au bon niveau d'isolation et de stratification des ballons tampon. On verra qu'il sera parfois intéressant de changer d'approche en présence de panneaux solaires photovoltaïques. Afin de ne pas multiplier inutilement le nombre d'alternatives, les techniques solaires ne seront analysées que pour les pompes à chaleur sol-eau : on peut supposer que leur impact est identique sur les autres approches. Deux variantes sont analysées pour le photovoltaïque. Premièrement, on charge le ballon d'ECS en période creuse pour profiter des meilleurs tarifs électriques. Deuxièmement, on le charge en journée lorsque les panneaux photovoltaïques peuvent contribuer à cette production. Il y aura une différence si l'on dispose d'un excédent d'électricité produite de jour par les panneaux photovoltaïques. Même si l'électricité en heures creuses est moins chère qu'en heures pleines, elle n'en est pas pour autant gratuite. Il est trivialement plus intéressant d'utiliser l'entièreté de la production du photovoltaïque. Dans notre cas, on a considéré 33 m<sup>2</sup> et suivant nos hypothèses de consommation, on dispose d'un excédent non-négligeable pour contribuer à la production d'ECS.

Les coûts des investissements sont repris dans la figure ci-dessous. Ils sont clairement supérieurs aux chaudières gaz à condensation. On peut compter plus de +/-10 000 € htva supplémentaires. Comme déjà évoqué, la variabilité des prix est assez importante.

Le lecteur est invité à réinterpréter les conclusions en fonction de prix particuliers qui différaient de la fourchette proposée. Notons que les PAC air-air sont seulement +/-4 000 € htva plus chers que les chaudières mixtes au gaz. D'une part, cela est dû à un prix au mètre carré chauffé plus bas que les autres PAC et d'autre part, au fait que l'ECS soit réalisé par un simple chauffe-eau électrique. Les panneaux solaires thermiques font monter la facture de +/-6 500 € htva supplémentaires et le photovoltaïque fait monter l'investissement total autour des +/-50 000 € htva.



Besoin net de chauffage de 60 kWh/m<sup>2</sup>.an  
Source Laurent Georges



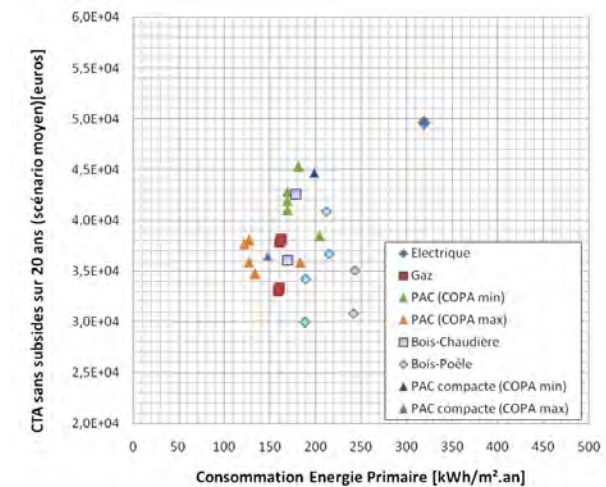
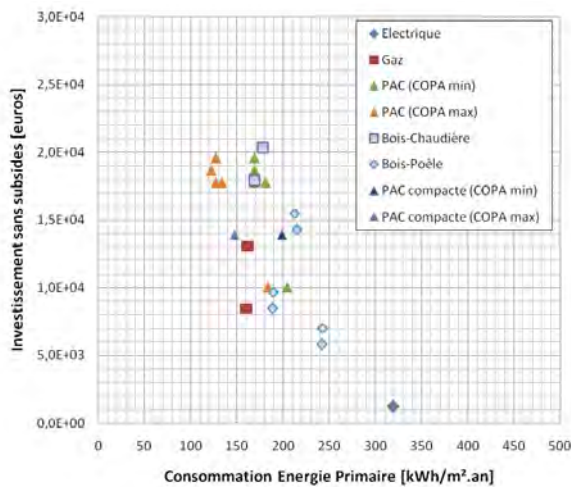
Besoin net de chauffage de 120 kWh/m<sup>2</sup>.an  
Source Laurent Georges



## De 60 à 120 kWh/m<sup>2</sup>.an

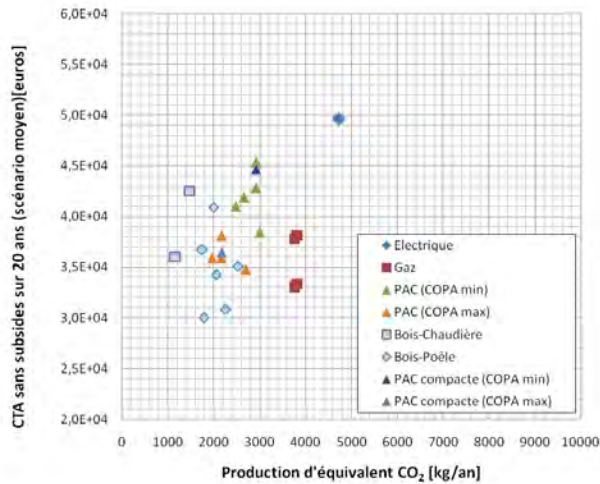
Dans les figures ci-dessus. On constate deux tendances générales. Premièrement, les performances suivant la gamme de COPA ( $COP_{SAIS}$ ) considérée deviennent de plus en plus marquées. Deuxièmement, le nuage de point correspondant aux COPA ( $COP_{SAIS}$ ) maximum descend progressivement vers le point représentatif de la chaudière mixte au gaz. Dans ces conditions, il faut dépasser 60 kWh/m<sup>2</sup>.an pour que certaines PAC concurrencent économiquement le gaz, à savoir, les PAC eau-eau, sol-eau et saumur-eau. Sans primes, c'est à 120 kWh/m<sup>2</sup>.an que les pompes à chaleur deviennent financièrement très intéressantes : elles ne s'imposent pas encore à 60 kWh/m<sup>2</sup>.an. Comme on l'a déjà évoqué, le système d'incitants fiscaux redistribue un peu le jeu en rapprochant le point de pivot plus prêt des 60 kWh/m<sup>2</sup>.an.

Les points représentatifs des COPA ( $COP_{SAIS}$ ) minimum restent relativement inchangés par rapport au gaz et présentent des CTA équivalents ou plus élevés quel que soit le niveau de besoin net de chauffage considéré. Tout cela met de nouveau en évidence la grande sensibilité des résultats aux valeurs des investissements et des COPA ( $COP_{SAIS}$ ) considérés.



Source Laurent Georges

Source Laurent Georges



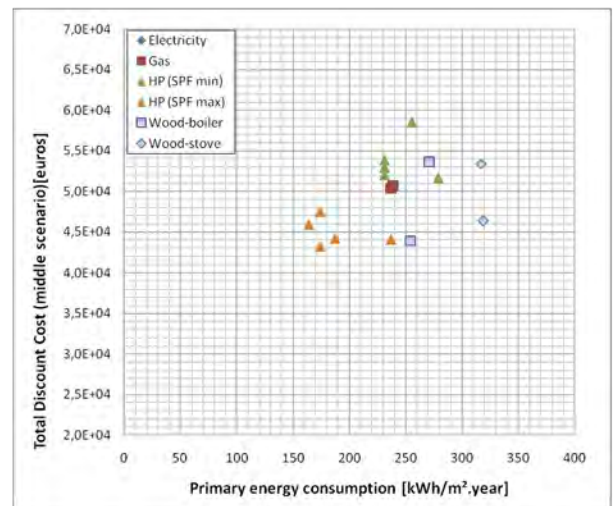
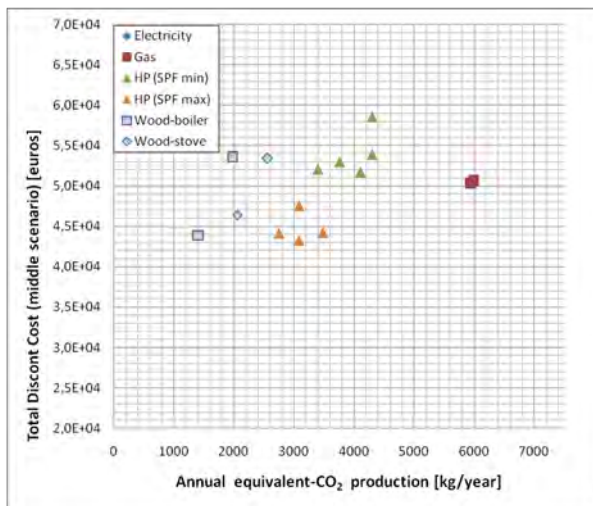
Source Laurent Georges

## ✘ Conclusions

### ✘ Les approches bois-énergie

Les approches bois-énergie travaillant avec des poêles à bûches ont des performances économiques et environnementales intéressantes. D'une part, il y a moyen de réaliser des bénéfices substantiels par rapport au gaz, ces réductions deviennent très significatives à partir de besoins de chauffe égale à 60 kWh/m<sup>2</sup>.an. En outre, on a considéré un très bon conditionnement des bûches (coupées et séchées à l'abri pendant un an) si bien que l'on s'est basé sur la gamme supérieure de prix. D'autre part, il s'agit d'énergie renouvelable. Dans l'idéal, cela devrait réduire drastiquement l'empreinte environnementale du bâtiment surtout pour les grandes consommations. Plusieurs configurations sont envisageables :

- Comme déjà évoqué, on pense de prime abord à un poêle qui émet directement sa chaleur pour réaliser l'entièreté du chauffage du bâtiment, l'ECS sera produite par un chauffe-eau électrique. Les performances économiques et environnementales sont intéressantes. Néanmoins, on a déjà parlé de la problématique du confort pour les logements de plus grande taille.
- Une alternative est de récupérer une partie de la puissance du poêle par un circuit d'eau chaude. L'eau stockée dans un ballon sera utilisée pour l'ECS et le chauffage des locaux. Dans ce cas, on dégage un peu de souplesse pour la régulation de la température dans le bâtiment étant donné que l'on peut travailler avec plusieurs émetteurs de chaleur. En outre, cela permet d'assurer le confort thermique dans des bâtiments unifamiliaux moins bien isolés. Si on travaille avec un appoint électrique hors période de chauffe pour la production d'ECS, l'investissement se situe entre les chaudières mixtes au gaz et les chaudières à bûches. Au final, on a des performances économiques (CTA) comparables aux poêles avec chauffe-eau électrique ou aux chaudières à bûches. C'est un choix très intéressant.
- L'appoint peut être réalisé par des panneaux solaires thermiques: on a déjà évoqué la bonne complémentarité entre poêle avec circuit d'eau chaude et le solaire thermique pour la production d'ECS. Au niveau économique, on a des performances légèrement inférieures qu'une chaudière au bois et l'investissement est plus important. En outre, l'ensemble est



plus complexe à gérer, à réguler, dans la mesure où il faut coordonner plusieurs éléments (poêle avec rayonnement direct, ballon tampon et panneaux solaires). Finalement, bois ou solaire thermique, il s'agit d'énergies renouvelables. Si l'exploitation du bois se fait dans les meilleures conditions, l'impact environnemental de ces deux techniques est nettement inférieur par rapport aux approches à énergie fossile. L'intérêt environnemental de convertir une partie de la production par bois-énergie vers du solaire thermique est donc moindre. Conclusion, la simplicité et l'efficacité technico-économique voudraient que l'on travaille plutôt avec une chaudière au bois.

- La dernière solution est la chaudière à bûches. Pour avoir les meilleures performances énergétiques et environnementales, on considère les chaudières à gazéification. L'investissement est plus important qu'une chaudière mixte au gaz mais on le récupère quel que soit le niveau de consommation considéré dans ce travail.
- Pour conclure ce point, il est important de rappeler que les appareils à bûches sont alimentés manuellement si bien que l'on ne peut réaliser qu'un seul cycle de combustion par recharge du foyer. Ce système est plus contraignant car il faut recharger régulièrement pour assurer un fonctionnement continu du chauffage. Néanmoins, d'un point de vue économique, les bûches constituent une énergie moins chère que les pellets.
- Toutes les conclusions relatives aux bûches sont équivalentes pour les pellets sauf pour deux points. D'une part, les poêles et chaudières à pellets sont généralement à alimentation automatique si bien qu'elles offrent un confort d'utilisation supérieur aux bûches. En ce qui concerne les chaudières à pellets, le confort est comparable aux chaudières classiques au mazout ou au gaz. Par contre, les scénarii de croissance du prix de l'énergie tendent à montrer que les pellets ne se différencient pas énormément du gaz (au niveau du coût de l'énergie). Dès lors, à faible consommation, les performances économiques des poêles à pellets sont comparables aux chaudières au gaz voir un peu plus cher.

#### ✕ Les approches pompe à chaleur

Les approches pompe à chaleur amènent les conclusions suivantes.

Pour rappel, on a considéré des modèles standards couplés à un ballon tampon : les systèmes dits « compacts » basés sur l'air de ventilation n'ont pas été considérés et ne sont exploitables que dans le cadre du passif (besoins de chauffe de 15 kWh/m<sup>2</sup>.an) ou elles trouvent parfaitement leur place.

Quel que soit le COPA ( $COP_{SAIS}$ ) considéré, la pompe à chaleur n'est pas un optimum économique pour les faibles consommations rencontrées dans les projets basse et très basse énergie ; du moins, pour le niveau moyen d'investissement considéré qui est de 20 000 € tvac pour les sol-eau, eau-eau et saumur-eau. Sur base de nos estimations et sans incitants fiscaux des pouvoirs publics, la PAC s'impose économiquement autour des 120 kWh/m<sup>2</sup>.an de besoin de chauffe et permet de faire de belles réductions de consommation en énergie primaire par rapport au gaz, de l'ordre de 75 kWh/m<sup>2</sup>.an.

Avec les incitants fiscaux actuels, le point de pivot est ramené autour de 60 kWh/m<sup>2</sup>.an et on peut envisager une baisse en énergie primaire et d'émission de CO<sub>2</sub> allant jusqu'à 40 kWh/m<sup>2</sup>.an par rapport au gaz. De manière générale, les conclusions sont fortement dépendantes de l'estimation de l'investissement et des performances des PAC. Ces deux dernières valeurs étant fortement incertaines, il est important de revoir son jugement en fonction des données particulières à chaque projet.

Retenons donc que lorsque d'importantes améliorations de performance d'enveloppe sont réalisées, les PAC dans l'état actuel du développement de cette technologie ne sont pas compétitives par rapport à d'autres alternatives. Par contre, si pour des raisons patrimoniales par exemple le degré d'isolation global du bâtiment à rénover ne peut être ramené en dessous d'une demande de chauffe de 100 kWh/m<sup>2</sup>.an, les PAC redeviennent une solution intéressante.

#### ✕ Les approches solaires thermiques

Les approches solaires thermiques ne peuvent jamais exister seules comme c'est le cas pour le bois énergie ou les pompes à chaleur. Les capteurs solaires donnent toujours l'appoint à un autre système de production ou sont soutenus pour les plus grandes installations par un système de production alternatif. On le voit dans l'étude, le solaire thermique et le bois énergie sont très complémentaires, même si le solaire thermique n'améliore pas le rendement financier du bois énergie. La combinaison des deux systèmes à l'avantage d'être à 100 % renouvelable. À performance financière proche, la combinaison des deux systèmes permet de réduire

la dépendance à une seule énergie, ici, le bois. Même si les prélèvements en forêt wallonne sont encore inférieurs aux accroissements, un recours massif au bois énergie risque de changer la donne à moyen terme. Le bois énergie est renouvelable, proche de la neutralité en ce qui concerne les émissions de CO<sub>2</sub>, mais reste émetteur de divers autres polluants dans une proportion plus importante que le gaz naturel, c'est pourquoi une utilisation intensive du bois énergie dans un environnement densément bâti pourrait poser problème. L'étude montre aussi que les installations solaires thermiques sont économiquement les plus intéressantes combinées aux chaudières mixtes au gaz et sont les moins compétitives combinées aux PAC.

#### ✕ Les approches solaires photovoltaïques

Les approches solaires photovoltaïques ont un statut un peu à part. Le photovoltaïque travaille de manière autonome : il n'est pas à la base de la production de chaleur et il travaille de manière quasiment indépendante par rapport aux autres systèmes (qui réaliseront effectivement la production de chaleur).

Le chauffage et la production d'ECS avec un système électrique, le tout électrique, ne sont économiquement intéressants que pour un bâtiment répondant au standard passif (besoins de chauffe de 15 kWh/m<sup>2</sup>.an). Même dans ce cas, la consommation annuelle en énergie primaire reste élevée et dépasse la limite supérieure de consommation en énergie primaire non-renouvelable de 120 kWh/m<sup>2</sup>.an préconisé par le label PASSIVHAUS. Il serait même proche de 160 kWh/m<sup>2</sup>.an, qui sont approximativement la consommation en énergie primaire d'une maison basse énergie de 60 kWh/m<sup>2</sup>.an équipée d'une chaudière mixte au gaz.

Le placement de capteurs photovoltaïques semble parfaitement se justifier dans ce cas précis pour parvenir à réduire l'impact environnemental au minimum.

Dans **tous les autres cas**, le tout électrique n'est ni justifiable économiquement, ni environnementalement.

En l'absence d'incitants fiscaux, l'utilisation de capteurs photovoltaïques ne tient pour l'instant pas la route d'un point de vue économique. Le système de certificats verts et de réductions fiscales modifie totalement la donne en les rendant attractifs.

En rénovation, le placement de capteurs photovoltaïques est la dernière mesure à prendre. Bien entendu, si l'isolation de l'enveloppe a été renforcée au maximum de ce que permet la typologie du bâtiment, si les besoins de chauffage résiduels et la préparation de l'eau chaude sanitaire sont couverts par des systèmes utilisant des énergies renouvelables, que les appareils ménagés et d'éclairage sont particulièrement performant et qu'il reste du budget à dépenser, il devient intéressant de produire de l'électricité de manière renouvelable et décentralisée.

## LECTURES COMPLÉMENTAIRES ET BIBLIOGRAPHIE ISOLATION

- PORTAIL DE L'ÉNERGIE EN WALLONIE, <http://energie.wallonie.be/fr/la-reglementation-peb.html?IDC=6232>
- ARCHITECTURE ET CLIMAT, Énergie+, [www.energieplus-lesite.be](http://www.energieplus-lesite.be), Louvain-la-Neuve, 2010
- ARNAUD EVRARD, ARCHITECTURE ET CLIMAT, Isolation thermique par l'intérieur des murs existants en briques peines – Guide d'aide à la conception, Ministère de la Région Wallonne, 2010
- F. SIMON et J.M. HAUGLUSTAINE, La rénovation et l'énergie – Guide pratique pour les architectes, Ministère de la Région Wallonne, 2000
- J.M. HAUGLUSTAINE, F. SIMON, C. BALTUS ET S. LIESSE, La rénovation et l'énergie - guide pratique pour les architectes, Ministère de la Région wallonne, DGTR, 2002
- F. SIMON et J.M. HAUGLUSTAINE, L'isolation thermique des façades à structure bois – Guide pratique pour les architectes, Ministère de la Région Wallonne, 2003
- J.M. HAUGLUSTAINE, Pour une amélioration de la performance énergétique des logements neufs - brochure technique pour architectes et entreprises, action « Construire avec l'énergie... naturellement », Ministère de la Région Wallonne, 2004
- F. SIMON et J.M. HAUGLUSTAINE, La fenêtre et la gestion de l'énergie – guide pratique pour architecte, Ministère de la Région Wallonne, 2006
- CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION, Problèmes d'humidité dans les bâtiments - Causes des dégradations - Ponts thermiques - Climat intérieur - Données pour la conception et l'exécution des bâtiments - Conditions d'occupation des bâtiments in Note d'information technique, n° 153, CSTC, 1984
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE04 - construire un bâtiment bien isolé, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE05 - construire un bâtiment compact, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE06 - optimiser la conception des fenêtres, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE07 - permettre une ventilation intensive, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE08 - assurer une grande inertie thermique, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE10 - assurer une bonne étanchéité à l'air du bâtiment, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE11 - en rénovation : isoler les parois, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE12 - envisager une construction passive, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE13 - assurer une bonne protection solaire, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE22 - réaliser un puits canadien / provençal, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, 2008
- F. RENARD, S. NOURRICIER, M. DI PIETRANTONIO, and V. FELDHEIM, Analyse technico-économique de la rentabilité des investissements en matière de performance énergétique des habitations résidentielles, Technical report, Faculté Polytechnique de Mons (FPMS), Étude réalisée dans l'Action Construire avec l'Énergie financée par la Région Wallonne, 2008
- R. DE CONINCK and G. VERBEECK, Analyse technico-économique de la rentabilité des investissements en matière d'économie d'énergie. Technical report, IBGE et KUL, 2005
- MATRICIEL, ARCHITECTURE ET CLIMAT UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouveau du

- logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, chapitre 7 Choisir une ventilation hygiénique, 2009
- MATRICIEL, ARCHITECTURE ET CLIMAT UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouveau du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, chapitre 8 Limiter la pollution intérieure, 2009
  - MATRICIEL, ARCHITECTURE ET CLIMAT UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouveau du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, chapitre 9 Limiter les besoins de chaleur, 2009
  - MATRICIEL, ARCHITECTURE ET CLIMAT UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouveau du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, chapitre 10 Isoler un bâtiment existant, 2009
  - MATRICIEL, ARCHITECTURE ET CLIMAT UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouveau du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, chapitre 11 Optimiser la production de chaleur et d'ECS, 2009
  - MATRICIEL, ARCHITECTURE ET CLIMAT UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouveau du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, chapitre 12 Poser un chauffe-eau solaire, 2009
  - MATRICIEL, ARCHITECTURE ET CLIMAT UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouveau du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, chapitre 13 Éclairer efficacement les logements, 2009
  - MATRICIEL, ARCHITECTURE ET CLIMAT UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouveau du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, chapitre 14 Choisir les équipements électriques, 2009
  - MATRICIEL, ARCHITECTURE ET CLIMAT UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouveau du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, chapitre 14 Choisir les équipements électriques, 2009

#### **LECTURES COMPLÉMENTAIRES ET BIBLIOGRAPHIE SYSTÈMES DE VENTILATION**

- NBN D50-001, Dispositifs de ventilation dans les bâtiments d'habitations, 1991
- NIT192 : La ventilation des habitations, 1<sup>re</sup> partie : principes généraux, CSTC, 1994
- NIT 203 : La ventilation des habitations, 2<sup>e</sup> partie, mise en œuvre et performances des systèmes de ventilation
- MINISTÈRE DE LA RÉGION WALLONNE (MRW), Direction Générale des Technologies, de la Recherche et de l'Énergie, Guide pratique de la ventilation naturelle des habitations, 2002
- MINISTÈRE DE LA RÉGION WALLONNE (MRW), Direction Générale des Technologies, de la Recherche et de l'Énergie, Guide pratique de la ventilation mécanique des habitations, 2004

#### **LECTURES COMPLÉMENTAIRES ET BIBLIOGRAPHIE SYSTÈMES DE CHAUFFAGE ET ECS**

- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE14 - choisir le meilleur mode de production de chaleur, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE15 - réguler efficacement l'installation de chauffage, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE16 - optimiser le réseau de distribution de chauffage, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE17 - choisir un corps de chauffe adéquat, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE18 - dimensionner au mieux les équipements techniques, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, 2008

- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE20 - améliorer la production d'eau chaude sanitaire, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, 2008
- LAURENT GEORGES - Architecture et climat, Élaboration d'un outil d'aide à la conception des maisons individuelles à Basse Énergie et Très Basse Énergie : partie système, Ministère de la Région wallonne, octobre 2009.

#### **LECTURES COMPLÉMENTAIRES ET BIBLIOGRAPHIE APPAREILS ÉLECTRIQUE**

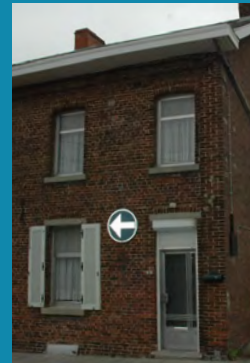
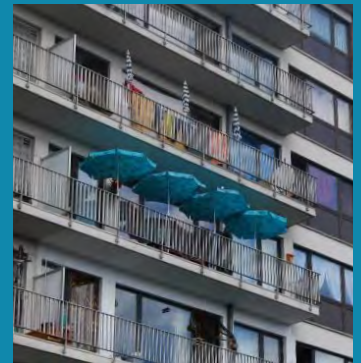
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE01 - Favoriser les choix d'équipements électriques et d'éclairage efficaces, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, IBGE, 2008
- IBGE, Info fiche énergie : ELEC02 - Les consommations cachées, IBGE, 2008
- IBGE, Info fiche énergie : ELEC05 - Quelle est la consommation moyenne des électroménagers ?, IBGE, 2008
- RÉSEAU ECO-CONSOMMATION, Fiche Conseil N° 097 - L'étiquetage énergétique des appareils électroménagers, 2004
- DGTRE, 101 idées futées pour faire des économies d'énergie chez soi!, Ministère de la Région Wallonne : DGTRE, 2006
- IBGE, 100 conseils pour économiser l'énergie, 2006

#### **LECTURES COMPLÉMENTAIRES ET BIBLIOGRAPHIE ÉNERGIE RENOUVELABLE**

- EF4, <http://www.ef4.be/fr/pompes-a-chaaleur>
- PORTAIL DE L'ÉNERGIE EN WALLONIE, <http://energie.wallonie.be/fr/le-chauffage-au-bois-une-technique-parfaitement-maitrisee.html?IDC=6355&IDD=11743>
- R. CREHAY and D. MARCHAL, La filière bois énergie - Technical report, Valbiom, 2004
- Valbiom, Technical report, Les coûts et les performances des installations de chauffage au bois, 2006
- R. NOVEMBRE and J. MEINICKE, Le chauffage individuel au bois, Le Moniteur, 2008
- RÉGION WALLONNE, 8 bonnes raisons d'installer un chauffe-eau solaire, Ministère de la Région Wallonne : DGTRE
- CSTC, Note d'information technique n° 212 – Code de bonne pratique pour l'installation de chauffe-eau solaires, Bruxelles, 1999
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE19 - installer un chauffe-eau solaire, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, 2008
- MATRICIEL et CERAA, Info fiches eco-construction : ENE21 - installer des cellules photovoltaïques, in Guide pratique pour la construction et la rénovation de petits bâtiments, 2008
- Les coûts et les performances des installations de chauffage au bois. Technical report, Valbiom, Dossier réalisé pour la Région Wallonne, 2006
- MATRICIEL, ARCHITECTURE ET CLIMAT UCL, Projet Reloso, Étude pour le renouveau du logement social, Service Public de Wallonie, Département de l'Énergie et du Bâtiment durable, octobre 2009, chapitre 15 Poser des panneaux photovoltaïques
- EF4, <http://www.ef4.be/fr/photovoltaïque/>

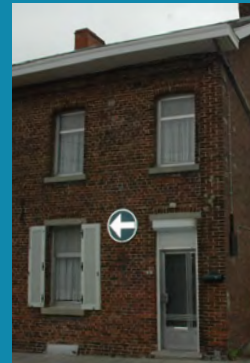
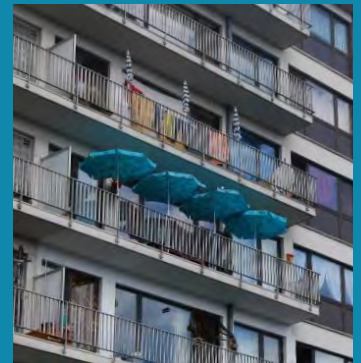


# CHAPITRE 6 PROJETS ILLUSTRATIFS ET FICHES RÉALISATIONS



# CHAPITRE 6

## PROJETS ILLUSTRATIFS ET FICHES RÉALISATIONS



## 1. Projets illustratifs non réalisés

### ● Objectifs

Trois typologies parmi les huit répertoriées au chapitre 4 et représentant 60 % du bâti wallon font l'objet d'une analyse à partir d'un projet illustratif non réalisé.

Pour chacune de ces typologies, une analyse de la situation existante avant transformation est effectuée en collectant les données de consommations réelles quand elles existent et en mettant l'accent sur les stratégies déjà mises en œuvre par les occupants pour augmenter leur confort et réduire la facture énergétique.

Des projets de transformations sont élaborés pour les différents bâtiments suivant deux scénarios principaux :<sup>1</sup>

- Un niveau « amélioration » qui devrait permettre d'atteindre le niveau PEB 2010 de +/- 90 kWh/m<sup>2</sup>.an de besoin de chauffe.
- Un niveau « basse énergie » permettant d'atteindre la performance de +/-60 kWh/m<sup>2</sup>.an
- Dans certains cas la transformation jusqu'au standard passif sera envisagée.

Pour chaque typologie et pour les trois niveaux d'énergie (existant, amélioration et basse énergie), les calculs suivants seront effectués :

- Les mesures d'amélioration d'isolation thermique des différentes parties de l'enveloppe sont simulées au moyen des logiciels de PAE d'audit énergétique, de PEB wallonne et comparées au logiciel PHPP.
- Illustration de mise en œuvre des isolations et des performances de parois.

Pour la typologie la plus représentée, celle des maisons ouvrières et maisons urbaines, une étude d'impact environnemental est réalisée en lien avec les comparaisons énergétiques entre constructions neuves et rénovées développée au chapitre 4 pages 78 à 79.

Une estimation du prix des diverses transformations énergétiques est jointe à l'étude.

## 2. Projets illustratifs réalisés

Trois projets réalisés sont présentés suivant la même grille d'analyse que les projets d'écoles non réalisés. Les typologies choisies sont celles qui n'ont pas été explorées dans le cadre des projets illustratifs non réalisés.

<sup>1</sup> La mise en œuvre de système de production d'énergies renouvelable telles que la géothermie, la cogénération, le solaire thermique, etc. ne seront pas abordés dans cette analyse de cas. Ces systèmes bien que très intéressants envisagent la production d'énergie sur site à partir d'une source renouvelable alors que l'étude vise plutôt à diminuer les besoins de chauffe principalement à partir de mesures architectoniques. La mise en œuvre d'un système de ventilation centralisé avec récupération de chaleur sera cependant envisagée pour les versions « Basse énergie » de chaque projet.



## MAISON OUVRIÈRE EN CONTEXTE URBAIN

SITUATION : Rue de Fontaine, Ressaix

PROVINCE : Hainaut

### 1.1 Typologie

La maison étudiée recouvre deux typologies, celle des maisons ouvrières et celles des maisons urbaines.

+/-18 % des logements wallons sont des maisons ouvrières, les maisons urbaines mitoyennes ou semi-mitoyennes représentent quand à elles 16 % du parc immobilier. Ces deux typologies représentent à elle seule 1/3 du bâti. <sup>1</sup>

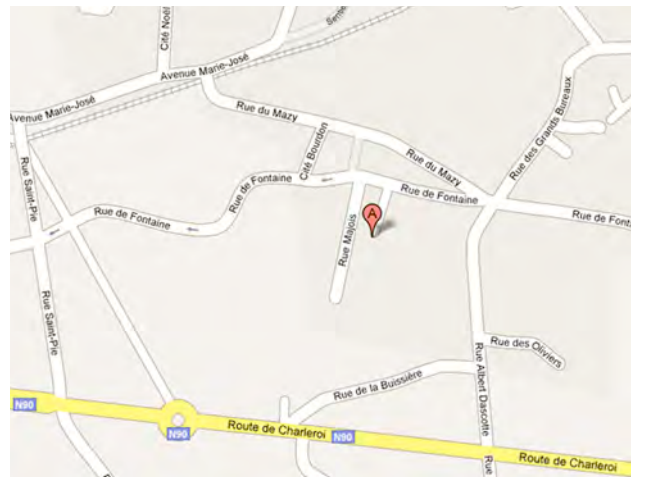
### 1.2 Contexte

La maison de contremaître analysée ne diffère des maisons ouvrières que par ses trois façades et une superficie construite légèrement supérieure. Elle est située sur l'entité de Ressaix à quelques kilomètres de la ville de Binche. L'ensemble des maisons de la cité ouvrière a été construit entre 1875 et 1899 lors d'une des grandes périodes d'expansion économique de la fin du 19<sup>e</sup> et du début du 20<sup>e</sup> siècle dans la région du centre située entre les deux bassins industriels du « Borinage » et du « Pays Noir ». Les corons se développent alors en périphérie des sites industriels implantés sur des terres autrefois agricoles. Dans les années 1970, le déclin industriel s'amorce et les industries encore en activité, principalement dans le textile et la confection, ferment leurs portes. À présent, ce quartier n'est plus exclusivement occupé par la classe ouvrière.

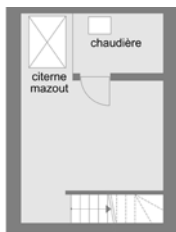
### 1.3 Programme

L'habitation est une maison unifamiliale comportant trois chambres à l'étage et deux pièces de vie, une cuisine et une salle de bains au rez-de-chaussée soit +/- 135 m<sup>2</sup> habitable. La maison dispose encore d'un espace de rangement en cave de +/-22 m<sup>2</sup> et d'un grenier non aménagé d'une superficie de +/-36 m<sup>2</sup>. Le tout fait donc +/-190 m<sup>2</sup> brut (murs compris).

<sup>1</sup> Reprise comme typologie 1 et 2 au chapitre 4 analyse du bâti pp. 173-175



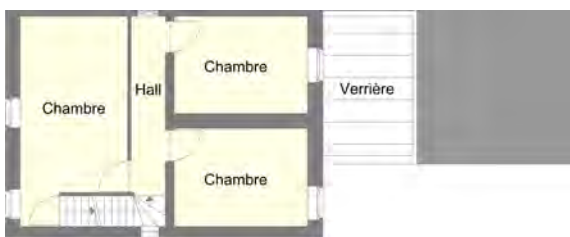
Environnement bâti



Cave



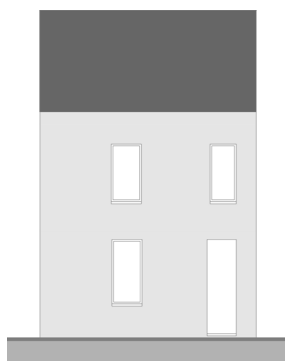
Rez-de-chaussée



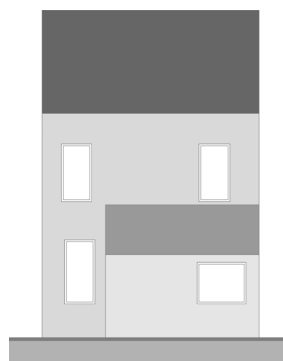
Etage



Coupe



Façade avant



Façade arrière



## 1.4 Architecture

Adossée à son pendant symétrique, la maison présente une emprise au sol de six mètres sur huit, sur deux niveaux et combles, pour le corps de logis principal, et une annexe de quatre mètres sur sept sur un niveau.

Les murs en maçonnerie de boutisses et panneresses ont une épaisseur d'une brique et demi pour le corps de bâtisse principal et d'une brique pour les annexes.

Les baies de fenêtres sont étroites et peu nombreuses, une par pièce. Au total, les fenêtres représentent moins de 10 % de la surface des façades. Une verrière de 9 m<sup>2</sup> couvre l'espace cuisine.

## 1.5 Techniques existantes

Un système de chauffage central n'a été placé que très récemment (moins de 5 ans). Il est composé d'une chaudière au mazout raccordée à des radiateurs en tôle assez imposant uniquement au rez-de-chaussée. L'étage ne dispose toujours pas de corps de chauffe.

L'eau sanitaire est produite par un préparateur sanitaire électrique situé dans la réserve située à l'arrière de la salle de bain au rez-de-chaussée.

## 1.6 Stratégies d'habitation et d'occupation

Dans les pièces du rez, l'absence de double vitrage et d'isolation des murs ainsi que la température élevée de l'eau circulant dans les radiateurs créent les conditions d'une grande différence entre la température des parois et de l'air. Les conditions de confort sont particulièrement dégradées dans la cuisine qui est entièrement couverte par une verrière en simple vitrage martelé. Pendant les grands froids, il arrive que l'eau de la cuvette de WC située dans l'annexe se couvre d'une pellicule de glace.

Pour limiter les frais de chauffage, la chaudière est coupée en journée pendant la semaine de travail et mise en abaissement de nuit par un thermostat à horloge.

Les chambres sont chauffées de manière ponctuelle et en alternance par un radiateur électrique mobile.

## 1.7 Principes des analyses thermiques

### ✕ Besoin de chauffe par calcul de performance de l'enveloppe du bâtiment

Différentes approches du calcul de performance d'enveloppe ont été abordées pour la situation existante et les scénarios PEB 2010 ou « basse énergie ».

- Le besoin de chauffe obtenu par la méthode de la PAE utilisée par les auditeurs énergétiques agréés en région Wallonne.
- Le besoin de chauffe suivant PEB 2010
- Le besoin de chauffe obtenu par logiciel PHPP

## 1.8 Situation existante

### Calculs et consommations réelles

Le cas d'étude fait partie des 11 % de maisons en Wallonie qui ne sont pas isolées (les logements non isolés sont principalement localisés au sein des centres urbains et à l'ouest de la région. On en retrouve également dans le sud, au sein des communes proches de la frontière française)<sup>2</sup>

SITUATION EXISTANTE	
Surface de déperdition de l'enveloppe m <sup>2</sup>	341
Volume Protégé m <sup>3</sup>	479
K (PEB 2010)	189
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PAE	387
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PEB 2010	332
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PHPP 2007	361
Surface brute en m <sup>2</sup>	190
Surface énergétique planchers PHPP en m <sup>2</sup>	161
U toiture en W/m <sup>2</sup> K	3,488
U murs de façades en W/m <sup>2</sup> K	1,821
U châssis, U vitrage en W/m <sup>2</sup> K	4,5 - 5,8
U sol en W/m <sup>2</sup> K	1,331
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 7,8 PEB 12

- Les ponts thermiques n'ont pas été pris en compte puisque la maison n'est pas isolée.
- L'étanchéité du bâtiment a été fixée à la valeur par défaut de 7,8 h<sup>-1</sup> admise en région bruxelloise pour les calculs PHPP à la valeur par défaut de 12 h<sup>-1</sup> admise en PEB wallonne.

#### × Résultats

L'étude de la situation initiale au moyen du logiciel PHPP montre un besoin de chauffe annuel de +/-58 000 kWh/an +/-62 000 kWh/an par PAE et +/-53 500 par PEB 2010. Les approches et les hypothèses de calcul des trois méthodes étant relativement différentes on peut considérer qu'une différence entre les résultats de +/-15% est tout à fait acceptable.

L'analyse qualitative rendue par la PAE apprécie la qualité de l'enveloppe du bâtiment par une échelle d'évaluation allant de **A+** à **E** (**A+** évaluation excellente, **E** évaluation médiocre, **A B C D** évaluations intermédiaires).

L'enveloppe non isolée de la maison reçoit sans surprise l'évaluation globale **E** (isolation médiocre).<sup>3</sup>

Avec quelques nuances suivant les parois considérées :

- La toiture **E**
- Les murs en contact avec l'extérieur **D**
- La porte vers caves **D**
- La cloison vers caves **E**
- Le plancher sur caves **B**
- Le dessus d'escalier **E**
- Les planchers en contact avec le sol **E**
- Les portes et fenêtres extérieures **E**

#### × Consommations réelles

La consommation réelle de la chaudière en 2008 est de +/-1 800 litres de mazout pour 161 m<sup>2</sup> de surface énergétique chauffés (surface sans les murs). Le mazout consommé représente +/-18 000 kWh soit +/-112 kWh/m<sup>2</sup>.an

La consommation électrique, qui comprend, rappelons-le, une partie du chauffage (radiateur électrique d'appoint à l'étage) et la totalité de la préparation de l'eau chaude sanitaire, est de +/-2 850 kWh pour l'année 2008.

La consommation électrique moyenne en Wallonie par logement, occupé par un ménage de 3 à 4 personnes, était de +/-2 745 kWh pour l'année 2005.<sup>4</sup>

La production de l'eau chaude sanitaire par un préparateur électrique peu performant est la principale cause de cette consommation élevée.

Ramenée en énergie primaire, la consommation électrique est de +/-7 125 kWh pour 2008.

L'énergie primaire totale consommée par la maison est de +/-25 125 kWh par an soit +/-156 kWh/m<sup>2</sup>.an

Cette consommation réelle finale est relativement basse par rapport à la consommation obtenue par calcul.

Ces chiffres, illustrent bien la différence qu'il peut y avoir entre le besoin de chauffe déterminé par le calcul de performance de l'enveloppe et les consommations réelles. Ici une consommation calculée trois fois supérieure à la consommation réelle.

#### Deux facteurs expliquent cette différence

- les logiciels calculent les besoins de chauffe en faisant l'hypothèse d'une température constante de 19° C de jour comme de nuit dans tous les locaux habités ce qui est rarement le cas dans la réalité. De plus, ils se mettent du côté de la sécurité en surestimant les besoins.

<sup>2</sup> Voir chapitre 4 p. 153

<sup>3</sup> En annexe, les formulaires du calcul PAE p. 292-295

<sup>4</sup> Voir chapitre 4 p. 141 et 147



- On mesure ici aussi l'ampleur des compromis que des habitants sont prêts à faire en matière de confort thermique, par habitude, par crainte de transformer ou par manque de moyens nécessaires à faire mettre en œuvre les travaux indispensables à l'amélioration de ce confort.

La propriétaire est cependant bien consciente que ce type de stratégie n'est pas tenable à long terme. L'évolution de la composition familiale de son ménage conduira un jour à une occupation plus complète de la maison et à une forte augmentation des consommations de chauffage. Elle envisage de procéder à des travaux d'amélioration de la performance énergétique de son logement à moyen terme.

### 1.9 Mise à jour thermique à hauteur de la PEB 2010 (90 kWh/m<sup>2</sup>.an en besoin de chauffe)

La transformation de l'enveloppe de la maison existante doit permettre de réduire le besoin de chauffe jusqu'à 90 kWh/m<sup>2</sup>.an, c'est-à-dire au niveau des exigences légales en terme de performances énergétiques pour un bâtiment neuf qui aurait la même volumétrie.

La performance à atteindre en région Wallonne (pour les logements neufs) est de K45 depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2008 pour les logements neufs.

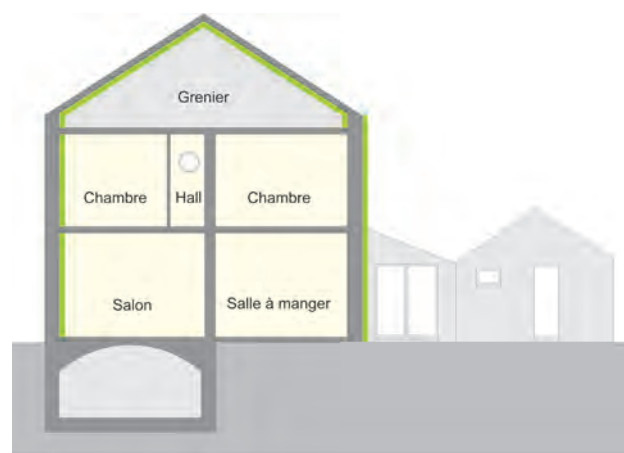
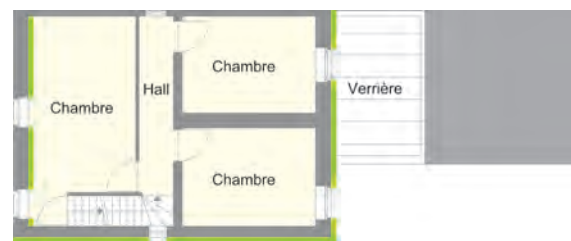
MISE À NIVEAU PEB 2010 À 90 KWH/M <sup>2</sup> .AN	
Surface de déperdition de l'enveloppe m <sup>2</sup>	341
Volume Protégé m <sup>3</sup>	479
K (PEB 2010)	42
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PAE	130
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PEB 2010	88
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PHPP 2007	97
Surface brute en m <sup>2</sup>	190
Surface énergétique planchers PHPP en m <sup>2</sup>	161
U toiture en W/m <sup>2</sup> K	0,128
U murs de façades en W/m <sup>2</sup> K	0,439 et 0,443
U châssis, U vitrage en W/m <sup>2</sup> K	1,6 - 1,1
U sol en W/m <sup>2</sup> K	1,331
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 7,8 PEB 12

La performance obtenue dans le cadre cette rénovation légère est de K42.

Il est à noter que selon la PAE le besoin de chauffe pour la transformation est de 130 kWh/m<sup>2</sup>.an et non de 90 kWh/m<sup>2</sup>.an soit une différence de 35 % ce qui est notablement plus que la différence enregistrée lors de l'évaluation du besoin de chauffe de la situation existante.

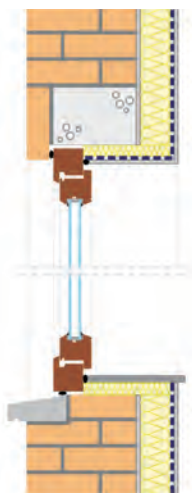
L'analyse qualitative de l'enveloppe par PAE reçoit la notation **B**

Notons que la dalle de sol au rez-de-chaussée n'a pas été isolée, car cela nécessitait la démolition d'une grande partie des revêtements de sol et la repose d'un nouveau revêtement sur isolant. Ce qui implique aussi l'adaptation des portes.



L'isolation de la façade avant est réalisée par l'intérieur en fibre de bois de 6 cm pour maintenir la cohérence d'aspect avec la façade de la maison jumelle. L'isolant est placé entre une structure de bois qui reçoit une finition en plaques de fibro-plâtre.

Un freine vapeur à perméabilité variable à la diffusion de vapeur d'eau sera mis en œuvre sur l'isolant côté ambiance intérieure de manière à assurer l'étanchéité à l'air.



#### Il a été tenu compte des ponts thermiques suivants

- Interruption de l'isolant au droit de la dalle de sol et des façades.
- Interruption de la continuité de l'isolant à l'angle formé par le pignon isolé de l'extérieur et la façade avant isolée de l'intérieur.
- Interruption de l'isolant au droit du plancher d'étage et de la façade avant.

#### × Pertes par ventilation et infiltration

Une ventilation mécanique à extraction simple (type C) a été prévue dans les locaux humides pour la salle de bains et la toilette au rez-de-chaussée. La hotte de cuisine adopte le même principe.

Les cases reprenant les résultats du test d'infiltrométrie ont été remplies par les valeurs par défaut de 7,8 h-1 dans le formulaire PHPP. La PAE n'exigeant que le respect de la norme NBN D50-001. Ces valeurs d'étanchéité à l'air très médiocres dispensent de faire le test d'étanchéité à l'air en Région Bruxelloise.

#### × Bilan

Le changement des châssis par des châssis et des vitrages performants, une intervention poussée en toiture avec la mise en place de 30 cm d'isolant et l'isolation de la façade avant par l'intérieur et des autres façades par l'extérieur permettent de diviser le besoin de chauffe calculé par trois et demi (de +/-360 kWh par an à +/-90 kWh par an). Les consommations de mazout devraient chuter en proportion tout en maintenant un confort thermique important dans toutes les pièces, ce qui n'est pas le cas actuellement.

Les performances pourraient même se révéler meilleures encore, car les valeurs par défaut de pertes par infiltration d'air devraient être moins pénalisantes que celles prises par défaut, si les travaux, principalement d'isolation, sont faits soigneusement en faisant attention aux raccords d'étanchéité à l'air à tous les nœuds problématiques de l'enveloppe.

## 1.10 Variante de la mise à jour thermique à hauteur de la PEB 2010 (90 kWh/m<sup>2</sup>.an en besoin de chauffe)

Une variante à ce premier projet consiste à imaginer que le pignon soit couvert par la construction d'une maison mitoyenne contiguë. Le cas d'étude passe de trois façades à deux façades. La suppression de la surface de déperdition du mitoyen diminue sensiblement les pertes par transmission et permet d'atteindre la performance en mettant moins d'isolation en œuvre.

#### × Bilan

Dans ce cas, la performance de 90 kWh/m<sup>2</sup>.an est atteinte sans que l'isolation de la façade avant ne soit nécessaire. L'isolation par l'intérieur de la façade avant, étant la partie la plus difficile à réaliser et la plus coûteuse, puisqu'elle nécessite la réfection complète des parachèvements intérieurs (plafonnage, tablettes de fenêtres et déplacement des radiateurs). Il est donc compréhensible que ce soit le premier poste que le candidat à une rénovation thermique soit tenté d'éliminer.

La mise en œuvre en discontinuité des isolations ne doit cependant être encouragée, elle ne peut intervenir qu'en cas d'absolue nécessité, pour des raisons patrimoniales par exemple.

Cette variante met néanmoins en lumière l'avantage en termes de compacité qu'une maison entre mitoyens peut avoir par rapport à une maison trois façades.



## 1.11 Mise à jour thermique « basse énergie » (60 kWh/m<sup>2</sup>.an en besoin de chauffe)

Il n'existe pas de définition clairement établie des standards basse énergie. Certains pays ou régions de l'Union Européenne ont défini ce qu'il fallait entendre par bâtiment basse énergie. On parle de bâtiment basse énergie quand le besoin de chauffe se situe entre 40 à 60 kWh/m<sup>2</sup>.an

La Région wallonne n'ayant pas encore défini son « standard » basse énergie en rénovation de bâtiment et les éventuelles primes qui y seront associées, on se référera aux performances définies en Région bruxelloise qui fixe la basse énergie pour l'attribution de primes à un besoin de chauffe de 60 kWh/m<sup>2</sup>.an.

Le niveau de performance atteint est de 57 kWh/m<sup>2</sup>.an par logiciel PHPP et est de 104 kWh/m<sup>2</sup>.an par méthode PAE. Il semble que plus la performance du bâtiment est élevée plus la différence entre les deux méthodes devient importante. Le logiciel PAE n'est pas conçu pour tenir compte des gains thermiques réalisés grâce au placement d'un système de ventilation double flux à récupération de chaleur. L'analyse qualitative de l'enveloppe par PAE reçoit l'appréciation A qui est pratiquement la plus élevée.

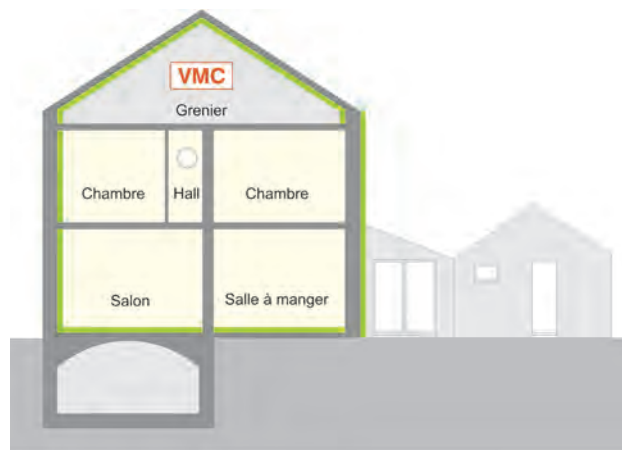
Pour atteindre le niveau basse énergie des travaux plus lourds doivent être réalisés.

### MISE À NIVEAU BASSE ÉNERGIE À 60 KWH/M<sup>2</sup>.AN

Surface de déperdition de l'enveloppe m <sup>2</sup>	341
Volume Protégé m <sup>3</sup>	479
K (PEB 2010)	28
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PAE	104
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PEB 2010	55
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PHPP 2007	57
Surface brute en m <sup>2</sup>	190
Surface énergétique planchers PHPP en m <sup>2</sup>	161
U toiture en W/m <sup>2</sup> K	0,128
U murs de façades en W/m <sup>2</sup> K	0,351 et 0,443
U châssis, U vitrage en W/m <sup>2</sup> K	1,6 - 1,1
U sol en W/m <sup>2</sup> K	0,64
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 2 PEB 2

Il est nécessaire d'isoler la dalle de sol, ce qui oblige à remplacer les revêtements de sols au rez-de-chaussée. L'isolation des façades passe de 6 à 8 cm d'épaisseur.

Un système de ventilation double flux centralisé (type D) à récupération de chaleur doit être placé, ce qui nécessite la mise en œuvre de bouches d'extraction d'air dans les locaux humides et d'une bouche de pulsion dans chaque autre pièce.



#### ✘ Pertes par transmission

Il a été tenu compte des ponts thermiques suivants :

- Interruption de l'isolant au droit de la dalle de sol et des façades.
- Interruption de la continuité de l'isolant à l'angle formé par le pignon isolé de l'extérieur et la façade avant isolée de l'intérieur.
- Contrairement à la version 90 kWh/m<sup>2</sup>.an, l'isolant est continu en façade avant et aura nécessité le chevalement des planchers.

#### ✘ Pertes par ventilation et infiltration

Les pertes en ventilation à extraction simple sont devenues trop importantes pour pouvoir atteindre la performance énergétique demandée. Une ventilation centralisée double flux avec récupération de chaleur devra être placée. Le rendement théorique de l'échangeur sera de 93 % pour un rendement réel de 85,9 %.

La valeur devant être atteinte lors du test d'infiltrométrie sera de 2 h<sup>-1</sup>. Une mise en œuvre soignée des châssis (avec mise en œuvre de bavettes de raccord d'étanchéité entre gros-oeuvre et châssis) et des isolants permettront d'atteindre la performance souhaitée.

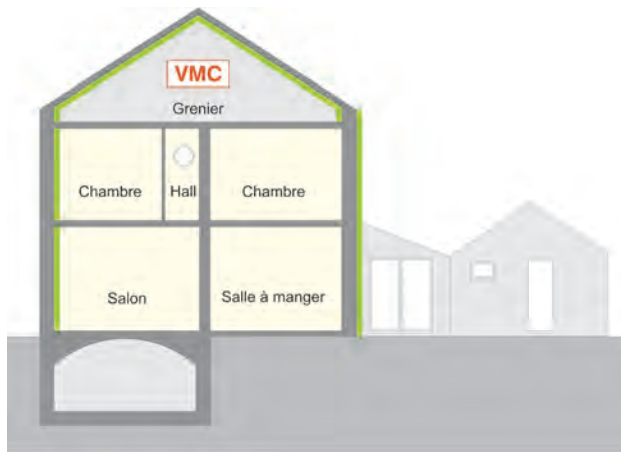
#### ✘ Bilan

Des travaux plus importants et plus coûteux comme l'isolation du sol au rez-de-chaussée et la mise en place d'une ventilation double flux de type D sont nécessaires en plus du remplacement des châssis par des châssis et des vitrages performants. Une intervention poussée en toiture avec la mise en place de 30 cm d'isolant et l'isolation de la façade avant par l'intérieur et des autres façades par l'extérieur sont aussi nécessaires. L'ensemble des travaux

permettent de diviser le besoin de chauffe calculé par six (de +/-360 kWh par an à +/-60 kWh par an).

### 1.12 Variante de la mise à jour thermique « basse énergie » (60 kWh/m<sup>2</sup>.an en besoin de chauffe)

Là encore, en imaginant une configuration mitoyenne, la performance de 60 kWh/m<sup>2</sup>.an est atteinte sans que l'isolation au niveau du sol du rez-de-chaussée ne soit mise en œuvre.



#### × Bilan

Le facteur « mitoyenneté » permet de ne pas réaliser le travail de remplacement des revêtements de sol et de l'adaptation des portes et des chambranles qui sont la conséquence de la rehausse du niveau fini. Une isolation moins poussée sur le sol sera aussi moins pénalisante que la diminution de la résistance thermique à un autre endroit, car en hiver la température du sol est plus élevée que la température extérieure. La résistance thermique peut donc être moins importante à cet endroit.

### 1.13 Mise à jour thermique au standard passif (15 kWh/m<sup>2</sup>.an en besoin de chauffe)

Les résultats des calculs par les trois méthodes PAE, PEB, PHPP deviennent assez divergents, c'est pourquoi la méthode PHPP est privilégiée, puisque c'est elle qui sert de base à la certification pour le « passif » en Région wallonne.

#### × Pertes par transmission

La mise au standard passif nécessite :

- la mise en œuvre d'une isolation de toiture par l'extérieur de type « sarking », si on veut pouvoir conserver les éléments de charpente. Cette isolation aura 30 cm d'épaisseur pour un  $\lambda$  de 0,035 W/m.K
- Les façades ne peuvent plus être isolées par l'extérieur étant donné l'épaisseur d'isolant à mettre en œuvre, 25 cm pour un  $\lambda$  de 0,035 W/m.K

- Les châssis sont remplacés par des châssis triple vitrages. La valeur U des châssis sera de 0,7 W/m<sup>2</sup>.K et celle du vitrage de 0,6 W/m<sup>2</sup>.K

Les ponts thermiques doivent être résolus :

- L'isolant doit être continu en façade et aura nécessité le chevalement de tous les planchers au droit des façades.
- Les murs de refends et les cloisons en contact avec les façades doivent être désolidarisés.
- L'interposition d'un isolant résistant à la compression aura été réalisé à la base des murs de refends.

#### × Pertes par ventilation et infiltration

La ventilation double flux avec récupération de chaleur est identique à celle du projet basse énergie. La valeur devant être atteinte lors du test d'infiltrométrie passe à 0,6 h<sup>-1</sup>.

MISE À NIVEAU PASSIF À 15 KWH/M <sup>2</sup> .AN	
Surface de déperdition de l'enveloppe m <sup>2</sup>	341
Volume Protégé m <sup>3</sup>	479
K (PEB 2010)	/
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PAE	/
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PEB 2010	/
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PHPP 2007	15
Surface brute en m <sup>2</sup>	190
Surface énergétique planchers PHPP en m <sup>2</sup>	161
U toiture en W/m <sup>2</sup> .K	0,12
U murs de façades en W/m <sup>2</sup> .K	0,15
U châssis, U vitrage en W/m <sup>2</sup> .K	0,7 - 0,6
U sol en W/m <sup>2</sup> .K	0,2
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 0,6 PEB 0,6

#### × Bilan

La mise au standard passif de la maison est un véritable challenge puisqu'elle consiste pratiquement à doubler l'épaisseur des parois par l'intérieur avec ce que cela suppose comme perte d'habitabilité. L'élimination des ponts thermiques nécessitant l'interruption des liaisons des murs de refends avec la dalle de sols et les façades constituent des prises de risques quant à la stabilité des ouvrages, ce qui rend l'option passive peu réaliste.

## 1.14 Budget estimé

L'approche du coût des travaux d'amélioration des performances énergétiques des bâtiments s'est faite en effectuant le métré de chaque proposition de transformation en incluant non seulement le coût des nouveaux isolants, châssis et autres systèmes de ventilations, mais en intégrant aussi le coût de la démolition et de la réfection de certains parachevements, comme par exemple la démolition d'un revêtement de sol et son remplacement pour pouvoir mettre en œuvre un isolant. La plupart des études rencontrées jusqu'à présent se bornent à évaluer la quantité d'isolation à mettre en œuvre et à la multiplier par un prix unitaire sans tenir compte des frais annexes engendrés par la mise en œuvre de celles-ci. Les enveloppes budgétaires obtenues permettent de déduire des prix au m<sup>2</sup> obtenus par performance énergétique. Les sources utilisées sont le bordereau de prix de l'Union Professionnelle des Architectes (UPA-édition 2009) et des prix récents reçus pour des chantiers de rénovation basse énergie et de constructions passives neuves.

## 1.15 Budget de la mise à jour thermique à hauteur de la PEB 2010 (90 kWh/m<sup>2</sup>.an en besoin de chauffe)

Le coût des travaux avoisine les 45 000 euros htva, soit un peu moins de 280 euros htva par m<sup>2</sup> de surface énergétique traitée. Cela comprend les améliorations thermiques et les travaux de réfections des plafonnages et peintures.

On remarque aussi que près de la moitié des investissements ne sont pas liés à l'amélioration énergétique du logement (en vert dans le tableau des coûts), mais sont la conséquence de celle-ci en terme de réfection des parachevements.

L'économie en besoin de chauffe par rapport aux consommations réelles (112 kWh/m<sup>2</sup>.an) n'est théoriquement que de +/-22 kWh/m<sup>2</sup>.an et de +/-3 542 kWh par an soit +/-350 litres de mazout. L'amélioration va permettre d'occuper la maison complètement et d'améliorer radicalement le confort. L'économie réelle sera probablement beaucoup plus importante étant donné les hypothèses de dimensionnement prises comme base de dimensionnement des isolants (étanchéité par défaut et température de consigne de 19° C en permanence).

Bordereau des prix unitaires UPA		Projet Illustratif non réalisé Rue Fontaine à Ressaix			90kWh		60kWh		15kWh		
			Quantité	Montant	Quantité	Montant	Quantité	Montant	Quantité	Montant	
			1,00 ff	5.000,00€	1,00 ff	5.000,00€	1,00 ff	5.000,00€	1,00 ff	5.000,00€	
Isolation mur extérieur	22.01	Démolitions polystyrene extrudé 6cm	14,85€ m2	0,06cm 38,00 m2	564,30€	0,00€	0,08cm 38,00 m2	752,40€	0,00€	0,00€	
		polystyrene extrudé 8cm	19,80€ m2		0,00€	0,00€		0,00€	0,00€	0,00€	
	22.02	cellulose	17,05€ m2		0,00€	0,00€		0,00€	0,00€	0,00€	
		cellulose soufflée mur	78,00€ m3	0,15cm 12,41 m3	967,71€	0,15cm 12,41 m3	967,71€	0,30cm 52,11 m3	4.064,81€	0,30cm 78,32 m2	6.108,96€
		cellulose soufflée sol	78,00€ m3		0,00€	0,00€		0,00€	0,00€	0,00€	
		panneau fibre de bois/cellit	14,05€ m2	82,71 m2	1.162,08€	82,71 m2	1.162,08€	82,71 m2	1.162,08€	82,71 m2	1.162,08€
Element de façade	23.03	grille de ventilation PVC	42,00€ pce	1,00 pce	42,00€	1,00 pce	42,00€	1,00 pce	42,00€	1,00 pce	42,00€
		percement+grille	148,00€ pce	1,00 pce	148,00€	1,00 pce	148,00€	1,00 pce	148,00€	1,00 pce	148,00€
Element de façade	24.01	seuil (pierre bleue) scié 20/6 cm	85,20€ m	7,34 m	625,11€	7,34 m	625,11€	7,34 m	625,11€	7,34 m	625,11€
Panneau reconstitué	29.04	OSB 12mm	19,65€ m2	82,71 m2	1.625,25€	82,71 m2	1.625,25€	82,71 m2	1.625,25€	82,71 m2	1.625,25€
Toiture inclinée		section 32/15mm (3,5/15)	9,80€ m2	82,71 m2	810,56€	82,71 m2	810,56€	82,71 m2	0,00€	82,71 m2	3.978,35€
		section 10/30	48,10€ m2		0,00€	0,00€		0,00€	82,71 m2	3.978,35€	
Sous-toiture	30.04	PE micro-perforé	7,00€ m2	26,10 m2	182,70€	26,10 m2	182,70€	26,10 m2	182,70€	26,10 m2	182,70€
		laine de verre 6cm	13,75€ m2	26,10 m2	358,88€	26,10 m2	358,88€	26,10 m2	0,00€	26,10 m2	0,00€
	31.04	Pare vapeur et freine vapeur	7,35€ m2	82,71 m2	607,92€	82,71 m2	607,92€	82,71 m2	607,92€	82,71 m2	607,92€
Ouverture de toiture fenêtre	36.03	verrière fixe-aluminium-double vitrage	500,00€ m2	11,00 m2	5.500,00€	11,00 m2	5.500,00€	11,00 m2	5.500,00€	11,00 m2	5.500,00€
		verrière fixe-bois-triple vitrage	700,00€ m2						11,00 m2	7.700,00€	
Rive de toiture et corniche	37.03	planche de rive 25/150mm	25,60€ m	7,96 m	203,78€	7,96 m	203,78€	7,96 m	18,33 m	469,25€	
Porte et fenêtre extérieur	40.01	Double vitrage	16,99 m2	9.004,97€	16,99 m2	9.004,97€	16,99 m2	9.004,97€	16,99 m2	12.403,07€	
		Triple vitrage	3,46 m2	3,46 m2	3,46 m2	3,46 m2	3,46 m2	3,46 m2	3,46 m2	3,46 m2	
		coulissant D.V.	530,00€ m2	173*200	530,00€ m2	730,00€ m2	730,00€ m2	730,00€ m2	730,00€ m2	730,00€ m2	
		simple ouvrant D.V.	66*46	530,00€ m3	730,00€ m3	0,30 m2	0,30 m2	0,30 m2	0,30 m2	0,30 m2	
		porte arrière D.V.	68*195	530,00€ m4	730,00€ m4	1,33 m2	1,33 m2	1,33 m2	1,33 m2	1,33 m2	
		porte entrée D.V.	90*260	530,00€ m5	730,00€ m5	2,34 m2	2,34 m2	2,34 m2	2,34 m2	2,34 m2	
		simple ouvrant D.V.	83*177	530,00€ m6	730,00€ m6	1,47 m2	1,47 m2	1,47 m2	1,47 m2	1,47 m2	
		simple ouvrant D.V.	83*158	530,00€ m7	730,00€ m7	1,31 m2	1,31 m2	1,31 m2	1,31 m2	1,31 m2	
		simple ouvrant D.V.	72*158	530,00€ m8	730,00€ m8	1,14 m2	1,14 m2	1,14 m2	1,14 m2	1,14 m2	
		simple ouvrant D.V.	83*158	530,00€ m9	730,00€ m9	1,31 m2	1,31 m2	1,31 m2	1,31 m2	1,31 m2	
		simple ouvrant D.V.	85*158	530,00€ m10	730,00€ m10	1,34 m2	1,34 m2	1,34 m2	1,34 m2	1,34 m2	
		simple ouvrant D.V.	83*176	530,00€ m11	730,00€ m11	1,46 m2	1,46 m2	1,46 m2	1,46 m2	1,46 m2	
		simple ouvrant D.V.	134*114	530,00€ m12	730,00€ m12	1,53 m2	1,53 m2	1,53 m2	1,53 m2	1,53 m2	
Enduits de façade	45.02	Enduit sur PSE	69,25€ m2	38,00 m2	2.631,50€	38,00 m2	2.631,50€	38,00 m2	2.631,50€	38,00 m2	2.631,50€
		Enduit sur laine minérale	72,00€ m2	102,90 m2	7.408,80€	102,90 m2	7.408,80€	102,90 m2	7.408,80€	102,90 m2	7.408,80€
Enduits intérieur	50.01	couche d'accrochage	5,15€ m2	26,10 m2	134,42€	26,10 m2	134,42€	26,10 m2	134,42€	26,10 m2	134,42€
		finition mince 3mm	10,20€ m2	26,10 m2	266,22€	26,10 m2	266,22€	26,10 m2	266,22€	26,10 m2	266,22€
Cloisons de doublage	51.02	carton-plâtre 12mm sur lattage	44,10€ m2		0,00€		0,00€		0,00€		0,00€
		MDF sur structure en bois	153,45€ m2		0,00€		0,00€		0,00€		0,00€
Revetements de plafond	51.03	carton-plâtre+enduit/lattage	52,85€ m2	82,71 m2	4.371,22€	82,71 m2	4.371,22€	82,71 m2	4.371,22€	82,71 m2	4.371,22€
Isolation thermiques sol	52.05	liège expansé plaque ep 4cm	15,80€ m2	0,00 m2	0,00€	0,04cm 78,32 m2	1.237,46€	0,00 m2	0,00€	0,00 m2	0,00€
Revetement sol intérieur	53.01	carrelages céramique 30/30cm	52,10€ m2	0,00 m2	0,00€	78,32 m2	4.080,47€	78,32 m2	4.080,47€	78,32 m2	4.080,47€
	52.06	Chape	52,10€ m2	0,00 m2	0,00€	78,32 m2	4.080,47€	78,32 m2	4.080,47€	78,32 m2	4.080,47€
	53.09	Plinthes bois 19/70mm	21,15€ m	0,00 m	0,00€	58,46 m	1.236,43€	58,46 m	1.236,43€	58,46 m	1.236,43€
Ventilation	68.00	système A complet	1.790,00€ pce	1,00 pce	1.790,00€	0,00 pce	0,00€	0,00 pce	0,00€	0,00 pce	0,00€
		système D avec échangeur	5.522,00€ pce		0,00€	1,00 pce	5.522,00€	1,00 pce	5.522,00€	1,00 pce	5.522,00€
		système D avec échangeur et post-chauffe	7.767,00€ pce		0,00€		0,00€	1,00 pce	7.767,00€	1,00 pce	7.767,00€
Peinture intérieur	80.02	peintures sur mur	19,00 m2	26,10 m2	495,90€	26,10 m2	495,90€	26,10 m2	495,90€	26,10 m2	495,90€
	80.03	peinture sur plafond	18,20 m2	82,71 m2	1.505,32€	82,71 m2	1.505,32€	82,71 m2	1.505,32€	82,71 m2	1.505,32€
<b>Total général</b>					<b>45.406,62€</b>		<b>59.961,55€</b>		<b>78.095,25€</b>		<b>78.095,25€</b>
<b>Total des postes réellement consacrés à l'amélioration énergétique</b>					<b>18.348,54€</b>		<b>25.296,10€</b>		<b>39.996,53€</b>		<b>39.996,53€</b>



### 1.16 Budget de la mise à jour thermique « basse énergie » (60 kWh/m<sup>2</sup>.an en besoin de chauffe)

Le coût des travaux avoisine les 60 000 euros htva, soit un peu moins de 370 euros htva par m<sup>2</sup> de surface énergétique traitée. Cela comprend les améliorations thermiques, la mise en œuvre du système de ventilation de type D à récupération de chaleur et les travaux de réfections des plafonnages, des sols au rez-de-chaussée et des peintures ont été pris en compte.

Là encore, on se rend compte que 50 % des budgets sont consacrés au ragréage des travaux d'amélioration énergétiques proprement dits.

L'économie en besoin de chauffe étant de +/-52 kWh/m<sup>2</sup>.an et de +/-8 372 kWh par an soit +/-740 litres de mazout. La première année, l'économie sera de +/-570 euros (0,77 euro/litre prix du mazout au 20 février 2011).

L'investissement proprement énergétique est amorti en +/-20 ans en tenant compte d'une augmentation des produits pétroliers de 5 % par an. Ce retour sur investissement est de +/-12 ans si on tient compte des primes à l'isolation et des abattements fiscaux.

### 1.17 Budget estimé de la rénovation passive 15 kWh/m<sup>2</sup>.an

Par curiosité, l'étude a été poussée plus loin et une estimation a été faite de ce que coûterait la mise au standard passif de la maison, en imaginant que ce soit possible en conservant la plupart des éléments de charpente et en faisant l'hypothèse que l'isolation par l'intérieur de +/-25 cm d'épaisseur ne réduirait pas l'habitabilité de manière inacceptable.

Il en ressort que pour un investissement de presque 80 000 euros, soit un peu moins de 500 euros htva par m<sup>2</sup> de surface énergétique traitée, l'économie de chauffe est de +/-97 kWh/m<sup>2</sup>.an soit +/-15 617 kWh par an pour 1 370 litres de mazout. L'économie la première année est de +/-1 055 euros (0,77 euro/litre prix du mazout au 20 février 2011). L'investissement proprement énergétique est amorti en +/-25 ans en tenant compte d'une augmentation des produits pétroliers de 5 % par an. Ce retour sur investissement est de +/-15 ans si on tient compte de la prime maison passive en région Wallonne et des abattements fiscaux.

#### ✕ Bilan

Le projet basse énergie est le plus rapidement amorti. L'écart relativement peu important entre le coût de mise en œuvre de la version PEB 2010 et la transformation basse énergie est dû à certains effets d'échelle. Le coût de la mise en œuvre d'une isolation un peu plus importante est, en effet, relativement marginal par rapport aux travaux de parachèvements qu'il faudra de toute manière mettre en œuvre.



### 1.18 Bilan en énergie grise, généralités

Jusqu'à présent, l'étude a abordé les aspects de consommations énergétiques liés au chauffage et secondairement à la production d'eau chaude sanitaire ainsi qu'à la consommation électrique. Ces énergies sont consommées lors de l'utilisation du logement par les habitants.

Il est aussi important de mesurer l'impact sur l'environnement du choix des matériaux qui seront mis en œuvre pour parvenir aux performances énergétiques que nous nous proposons d'atteindre dans le cadre des opérations de rénovation.

Ces impacts sont de plusieurs ordres :

- Consommation d'énergie à la fabrication, à l'élimination ou au recyclage
- Émission de gaz à effet de serre, à la fabrication, à l'élimination ou au recyclage
- Émission de gaz acidifiants (à l'origine des pluies acides)<sup>5</sup> à la fabrication, à l'élimination ou au recyclage
- Émission de gaz provoquant la formation d'ozone troposphérique (à l'origine du smog)<sup>6</sup> à la fabrication, à l'élimination ou au recyclage

Les éléments que sont les énergies grises, les gaz à effet de serre, les gaz acidifiants et les gaz provoquant la formation de l'ozone troposphérique sont quantifiables.

Le bilan en énergie grise est exprimé en MJ (mega Joules) que nous ramenons en kWh pour pouvoir facilement les comparer aux énergies de fonctionnement.<sup>7</sup> Le bilan en énergie grise tient compte des impacts en consommation d'énergie d'un matériau depuis l'extraction, en passant par sa fabrication et/ou sa transformation, son transport et/ou sa distribution, sa mise en œuvre, son entretien éventuel pendant sa durée de vie jusqu'à son élimination ou son recyclage.

La prise en compte de ce type de bilan énergétique est assez récente puisque la dépense d'énergie grise était négligeable par rapport à l'énergie de fonctionnement de bâtiments peu économes. La part de l'énergie grise dans les bilans énergétiques globaux devient beaucoup plus importante quand les performances énergétiques attendues des constructions ou des opérations de rénovation deviennent élevées.

Liée à l'énergie grise, il y a l'émission de gaz à effet de serre et de gaz polluants. Les deux sont comme on le verra toujours fortement corrélés.

<sup>5</sup> Les pluies acides résultent essentiellement de la pollution de l'air par le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) produit par l'usage de combustibles fossiles riches en soufre.

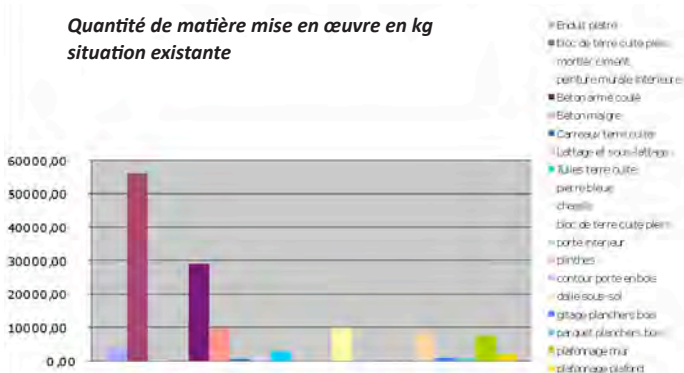
<sup>6</sup> Le smog est une forme de brouillard qui résulte de la condensation de l'eau sur des poussières en suspension et de la présence d'ozone dans la troposphère (couche basse de l'atmosphère). Le smog est associé à plusieurs effets néfastes pour la santé et pour l'environnement.

<sup>7</sup> Le kilowatt-heure (kWh) est une unité pratique de mesure d'énergie valant 3,6 méga joules.

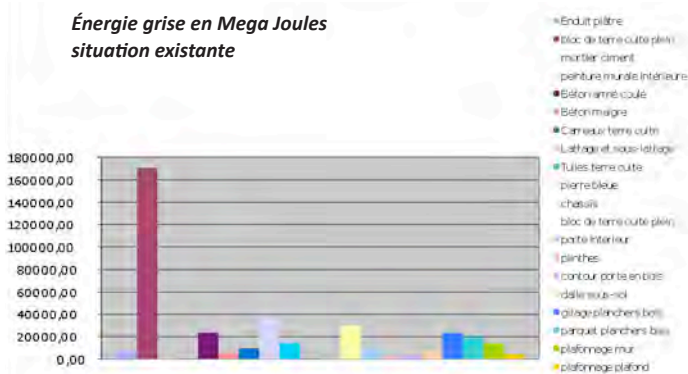
## 1.19 Bilan en énergie grise et en polluants

Un bilan détaillé en masse de matière mise en œuvre, en énergie grise, en émission de gaz à effet de serre, de gaz acidifiants et de gaz provoquant la formation de l'ozone troposphérique, a été élaboré pour les matériaux (gros-œuvre et parachèvements) déjà mis en œuvre lors de la construction de la maison, et pour ceux nécessaires aux différentes simulations de mise à jour énergétique (gros-œuvre et parachèvements). Il n'a pas été tenu compte des équipements techniques (sanitaires, chauffage, électricité, ventilation) difficiles à quantifier avec précision. Le bilan énergie grise de la construction du bâtiment existant est de +/-106 000 kWh<sup>8</sup>, soit l'équivalent de l'énergie consacrée au chauffage de la maison sur base de consommations réelles pendant +/-6 ans.

Quantité de matière mise en œuvre en kg situation existante



Énergie grise en Mega Joules situation existante



Les deux graphes ci-dessus reprennent l'importance relative de chaque matériau mis en œuvre lors de la construction de la maison ainsi que leur impact en énergie grise. Ce sont les matériaux mis en œuvre en plus grande quantité, dont la masse est la plus élevée et ceux dont le processus de fabrication demande des températures élevées comme les maçonneries en terre cuite qui présentent les signatures en énergie grise les plus importantes. Le gros-œuvre représente pratiquement 80 % de l'énergie grise totale en construction traditionnelle, les maçonneries en terre cuite plus de 40 %.

8 Chapitre 3 Impact environnemental 78 p.

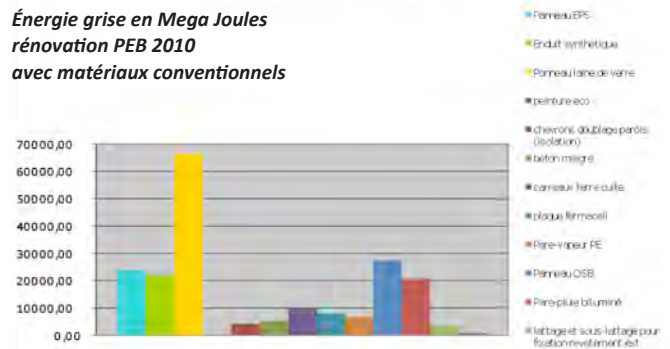


## ✕ Détail des bilans en énergie grise des mises à jour thermiques PEB 2010, 60 kWh/m<sup>2</sup>.an et 15 kWh/m<sup>2</sup>.an<sup>9</sup> avec des matériaux conventionnels

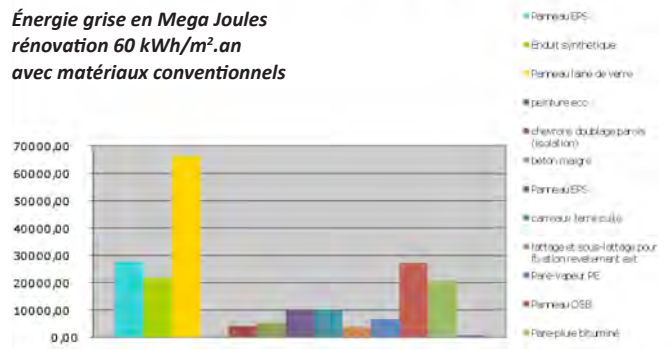
La mise à jour énergétique de la maison avec des matériaux conventionnels (isolants minéraux et synthétiques) à hauteur de la PEB 2010 demande +/-62 000 kWh à hauteur de 60 kWh/m<sup>2</sup>.an demande +/-66 000 kWh à hauteur de 15 kWh/m<sup>2</sup>.an demande +/-100 000 kWh. L'énergie qui serait consacrée aux différentes transformations représente 60 et 100 % de celle qui a été consacrée à l'édification de la maison et l'équivalent de 3 à 5 années de chauffe de la maison non isolée.

La différence en énergie grise entre la transformation suivant les critères de la PEB 2010 et celle à 60 kWh/m<sup>2</sup>.an est d'un an de consommation en configuration 60 kWh/m<sup>2</sup>.an. Le surcoût en énergie grise pour arriver au standard passif est de 3 années de chauffe de la maison basse énergie.

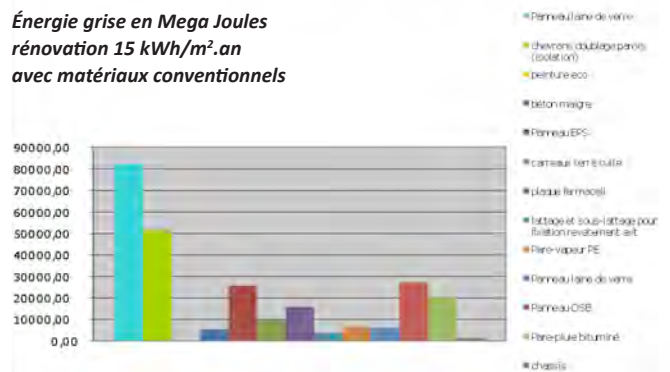
Énergie grise en Mega Joules rénovation PEB 2010 avec matériaux conventionnels



Énergie grise en Mega Joules rénovation 60 kWh/m<sup>2</sup>.an avec matériaux conventionnels



Énergie grise en Mega Joules rénovation 15 kWh/m<sup>2</sup>.an avec matériaux conventionnels



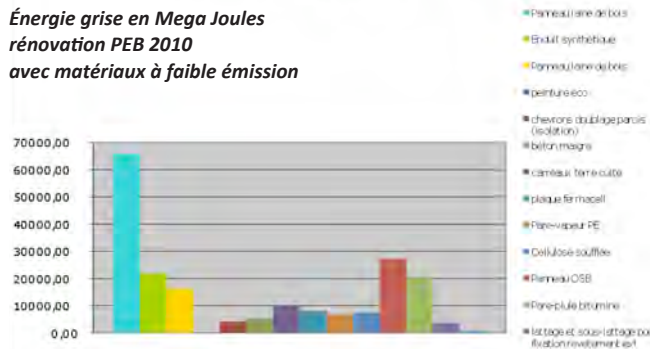
9 Voir aussi chapitre 3 Impact environnemental 79 p.

On constate que c'est la laine minérale qui par les quantités mises en œuvre et le caractère relativement énergivore du matériau représente entre 30 à 50 % de l'énergie grise de l'ensemble des matériaux entrant dans les différentes options de rénovation en matériaux conventionnels.

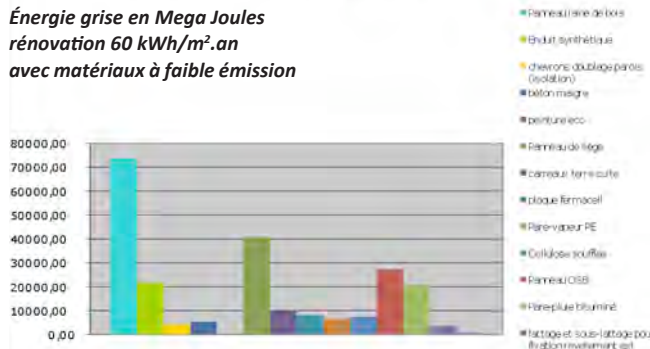
✕ **Détail des bilans en énergie grise des mises à jour thermiques PEB 2010, 60 kWh/m<sup>2</sup>.an et 15 kWh/m<sup>2</sup>.an <sup>10</sup> avec des matériaux à faible émission**

La mise à jour énergétique de la maison avec des matériaux à faible émission (isolants végétaux) à hauteur de la PEB 2010 demande +/-62 000 kWh à hauteur de 60 kWh/m<sup>2</sup>.an demande +/-71 000 kWh à hauteur de 15 kWh/m<sup>2</sup>.an demande +/-150 000 kWh Les bilans en énergie grise des matériaux à faible émission de gaz à effet de serre sont de 10 à 50 % plus élevés qu'avec des matériaux conventionnels pour une performance énergétique équivalente.

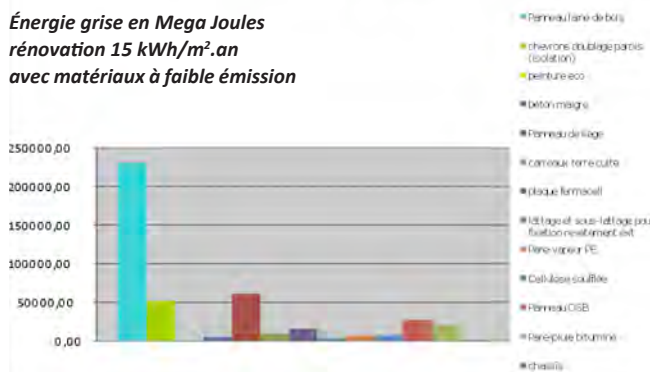
**Énergie grise en Mega Joules rénovation PEB 2010 avec matériaux à faible émission**



**Énergie grise en Mega Joules rénovation 60 kWh/m<sup>2</sup>.an avec matériaux à faible émission**



**Énergie grise en Mega Joules rénovation 15 kWh/m<sup>2</sup>.an avec matériaux à faible émission**



10 Voir aussi chapitre 3 Impact environnemental 79 p.

On remarque que les isolants en laine de bois ont un bilan en énergie grise assez élevé, celui de la cellulose par contre reste assez bas malgré les quantités importantes utilisées.

✕ **Comparaison de bilans en émissions en équivalent CO<sub>2</sub> entre une mise à jour thermique en matériaux conventionnels et en matériaux à faible émission**

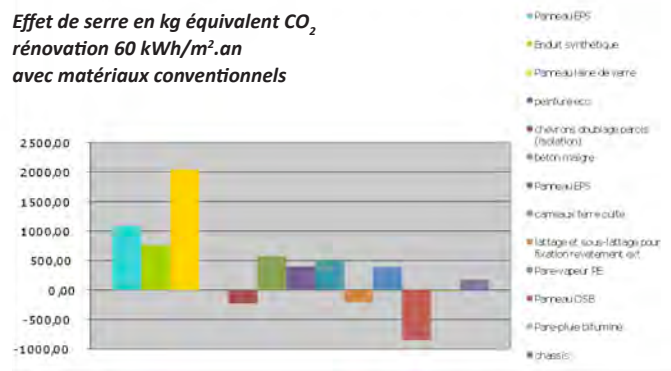
Pour une même performance en besoins de chauffe de 60 kWh/m<sup>2</sup>.an.

La rénovation faite avec des matériaux conventionnels émet +/-10 000 kg <sup>11</sup> d'équivalent CO<sub>2</sub>

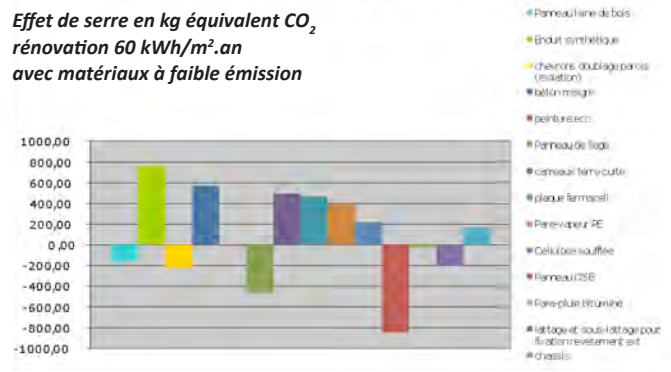
La rénovation faite avec des matériaux à faible émission libère +/-6 000 kg d'équivalent CO<sub>2</sub>

Les matériaux de la filière bois (isolants et panneautages) ont des émissions négatives, c.-à-d. qu'ils se comportent comme un réservoir de CO<sub>2</sub>. L'isolation en cellulose à une signature faible mais néanmoins positive.

**Effet de serre en kg équivalent CO<sub>2</sub> rénovation 60 kWh/m<sup>2</sup>.an avec matériaux conventionnels**



**Effet de serre en kg équivalent CO<sub>2</sub> rénovation 60 kWh/m<sup>2</sup>.an avec matériaux à faible émission**



11 Une voiture émettant 100 gr de CO<sub>2</sub> par km «voiture verte» et roulant 20 000 km émettra 2 000 kg de CO<sub>2</sub>



✕ **Comparaison de bilans en émissions d'équivalent dioxyde de soufre SO<sub>2</sub> (gaz acidifiant) entre une mise à jour thermique en matériaux conventionnels et en matériaux à faible émission**

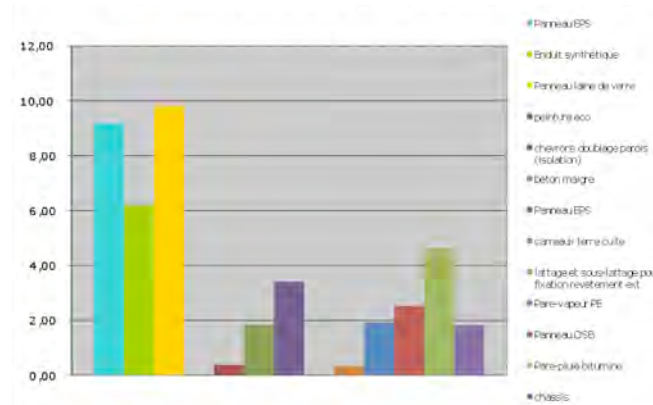
Pour une même performance en besoins de chauffe de 60 kWh/m<sup>2</sup>.an.

La rénovation faite avec des matériaux conventionnels émet +/-345 kg d'équivalent SO<sub>2</sub>

La rénovation faite avec des matériaux à faible émission libère +/-346 kg d'équivalent SO<sub>2</sub>

Les deux options de construction libèrent +/- la même quantité de polluants acidifiants. Les matériaux isolants à faible émission étant plus denses (donc plus lourds) et légèrement moins performants du point de vue thermique donc mis en œuvre en plus grande quantité que les matériaux conventionnels, expliquent que le bilan soit sensiblement le même. On notera que les matériaux libérant de grandes quantités de SO<sub>2</sub>, principalement les éléments métalliques, sont présents en assez petites quantités sur les chantiers de rénovation de logements.<sup>12</sup>

**Acidification en kg équivalent SO<sub>2</sub> rénovation 60 kWh/m<sup>2</sup>.an avec matériaux conventionnels**



✕ **Comparaison de bilans en émissions d'équivalent éthylène C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> (Ozone troposphérique) entre une mise à jour thermique en matériaux conventionnels et en matériaux à faible émission**

Pour une même performance en besoins de chauffe de 60 kWh/m<sup>2</sup>.an.

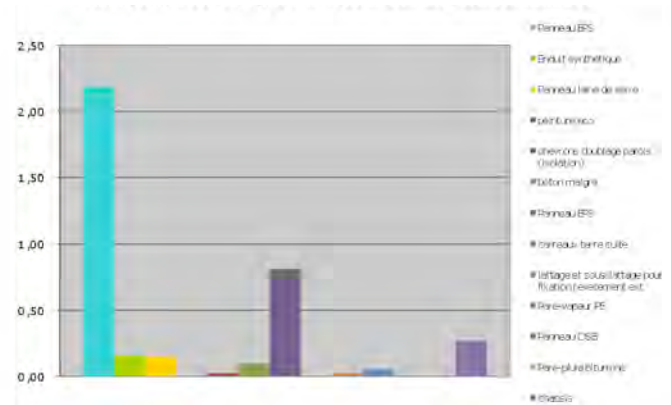
La rénovation faite avec des matériaux conventionnels émet +/-8 kg d'équivalent C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>

La rénovation faite avec des matériaux à faible émission libère +/-5 kg d'équivalent C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>

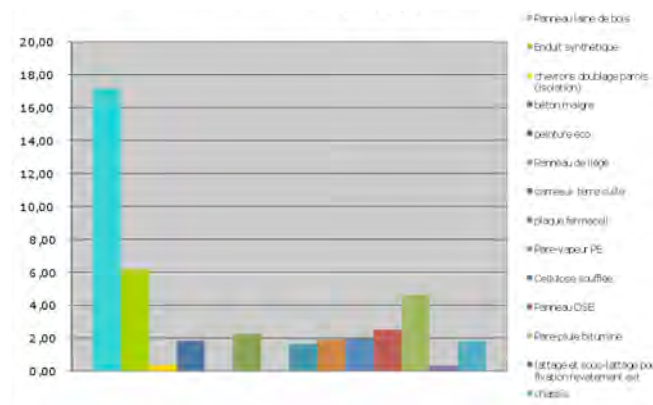
Sans surprise les matériaux en produisant le plus sont tous issus de la filière pétrolière.

En mise en œuvre conventionnelle ce sont les panneaux d'isolant EPS qui produisent près de 50 % des émissions. Dans la version en matériaux à faible émission ce sont les châssis qui représentent la plus grande part de ses émissions.

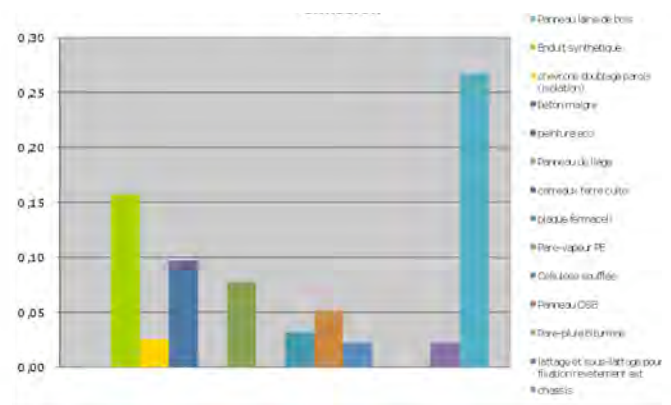
**Ozone troposphérique en kg équivalent C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> rénovation 60 kWh/m<sup>2</sup>.an avec matériaux conventionnels**



**Acidification en kg équivalent SO<sub>2</sub> rénovation 60 kWh/m<sup>2</sup>.an avec matériaux à faible émission**



**Ozone troposphérique en kg équivalent C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> rénovation 60 kWh/m<sup>2</sup>.an avec matériaux à faible émission**



<sup>12</sup> Les éléments de structure en acier libèrent jusqu'à 3 fois plus de SO<sub>2</sub> que des éléments en bois de capacité portante comparable, les éléments en inox et en aluminium jusqu'à 10 fois plus.



## 1.20 Bilan en énergie grise et en polluants, quelques pistes

Quelques pistes pour tenter de diminuer la quantité d'énergie grise et de polluants émis par les matériaux mis en œuvre.

- Agir sur les matériaux présents en plus grande quantité. Ces éléments devront être les moins gourmands en énergie pendant leur cycle de vie et présenter les émissions les plus faibles possible en terme de polluants.
- Éviter les « pièges » énergétiques et environnementaux constitués par des matériaux très intéressants d'un point de vue environnemental, mais tellement peu performants qu'ils doivent être mis en œuvre dans de telles quantités qu'ils en perdent leurs avantages.
- Éviter la mise en œuvre de grandes quantités de matériaux qui présentent une signature en énergie grise ou en polluants très élevée, comme les métaux, les terres cuites et les matériaux fortement liés au secteur pétrochimique.

Pour pouvoir détecter les pièges et procéder aux arbitrages nécessaires, il est indispensable d'établir un métré précis des travaux de rénovation liés à un bilan environnemental de manière à pouvoir facilement explorer différentes alternatives de mise en œuvre.<sup>13</sup>

Les différentes simulations montrent<sup>14</sup> qu'en rénovation le rapport entre l'énergie grise des matériaux mis en œuvre et le retour sur énergie d'utilisation est extrêmement favorable.

Les transformations entreprises devront donc toujours tendre à maximiser la performance énergétique en ayant à l'esprit que la prochaine campagne de rénovation n'aura peut-être pas lieu avant une trentaine voire une cinquantaine d'années.

<sup>13</sup> Le document « choix des matériaux, écobilans de parois », Sophie Trachte - Architecture et climat peut contribuer au choix des matériaux. Téléchargeable:<http://energie.wallonie.be/fr/de-nouveaux-outils-pour-la-conception-de-maisons-a-tres-basse-consommation-d-energie-et-pour-l-isolation-par-l-interieur.html?IDC=6302&IDD=44707>

<sup>14</sup> Voir chapitre 3 Impact environnemental p. 76-78



● Rue de fontaine

Évaluation de l'« amélioration » jusqu'à 100 kWh/m<sup>2</sup>.an par méthode PAE

### E.1. Évaluation Enveloppe du bâtiment

**Bâtiment dans son ensemble**

Évaluation	Surface (m <sup>2</sup> )	Dep. therm. (%)	Um (W/m <sup>2</sup> K)	Remarque
Isolation moyenne	348,27	100	2,22	

**Toiture ou plafond – tout type**

Évaluation	Surface (m <sup>2</sup> )	Dep. therm. (%)	Um (W/m <sup>2</sup> K)	Remarque
toiture principale à rue	26,15	7,5	3,48	3
toiture principale arrière	24,47	7,0	3,48	3
toiture véranda	10,51	3,0	3,48	3
toiture extension avant	10,12	2,9	3,48	3
toiture extension arrière	10,13	2,9	3,48	3
<b>Total toiture ou plafond</b>	<b>81,38</b>	<b>23,3</b>		

**Murs en contact avec l'extérieur**

Évaluation	Surface (m <sup>2</sup> )	Dep. therm. (%)	Um (W/m <sup>2</sup> K)	Remarque
façade à rue	37,13	10,6	1,82	3
façade arrière	23,71	6,8	1,82	3
façade arrière annexe	9,77	2,8	1,82	3
mur mitoyen sur est	64,18	18,4	1,82	3
mur latéral annexe	19,71	5,6	1,82	3

**Murs à l'abri du gel**

Évaluation	Surface (m <sup>2</sup> )	Dep. therm. (%)	Um (W/m <sup>2</sup> K)	Remarque
porte cave	2,10	0,6	2,41	3
cloisons sur cave	2,46	0,7	2,65	3
<b>Total murs</b>	<b>159,06</b>	<b>45,5</b>		

**Plancher(s) à l'abri du gel**

Évaluation	Surface (m <sup>2</sup> )	Dep. therm. (%)	Um (W/m <sup>2</sup> K)	Remarque
plancher sur cave	25,20	7,2	1,33	3
escalier	3,10	0,9	3,07	3

**Plancher(s) en contact avec le sol**

Évaluation	Surface (m <sup>2</sup> )	Dep. therm. (%)	Um (W/m <sup>2</sup> K)	Remarque
plancher au sol	53,08	15,2	1,33	3
<b>Total planchers</b>	<b>81,38</b>	<b>23,3</b>		

**Portes et fenêtres**

Évaluation	Surface (m <sup>2</sup> )	Dep. therm. (%)	Um (W/m <sup>2</sup> K)	Remarque
chassis métallique SV	4,09	1,2	5,32	3

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix  
 Date : 01/11/2009  
 Auditeur (nom, prénom) :  
 Version (logiciel) : 1.0.5

### E.1. Évaluation Enveloppe du bâtiment

**chassis bois SV** 19,89 5,7 3,90 3  
**chassis bois DV** 3,46 1,0 1,55 3  
**Total portes et fenêtres** 27,45 7,9

**Note(s)**

(\*) La nature et l'épaisseur des matériaux qui composent les parois ne sont pas toujours connues avec précision ; en regard de chaque parcelle figure un indice qui indique l'origine des informations :  
 1. Vérifié sur place  
 2. Information non vérifiée en provenance du propriétaire  
 3. Valeur par défaut - hypothèse défavorable

Conseil n°	Portant sur	Valeur U rénover (W/m <sup>2</sup> K)	Economie d'énergie (kWh)	Economie d'énergie (%)	Economies estimées (t)	Temps de retour (années)
1	toiture principale à rue	0,13	2.343	9,8	117	
2	mur mitoyen sur est	0,40	2.287	9,5	114	
3	toiture principale arrière	0,10	2.194	9,1	110	
4	façade à rue	0,40	1.334	5,6	67	
5	chassis bois SV	1,43	1.105	4,6	55	
6	toiture véranda	0,43	957	4,0	48	
7	toiture extension arrière	0,13	923	3,8	46	
8	toiture extension avant	0,13	922	3,8	46	
9	façade arrière	0,49	839	3,5	42	
10	mur latéral annexe	0,49	697	2,9	35	
11	façade arrière annexe	0,43	361	1,5	18	
12	chassis métallique SV escalier	1,43	354	1,5	18	
13	escalier	0,75	127	0,5	6	
14	cloisons sur cave	0,50	92	0,4	5	
15	porte cave	0,52	70	0,3	4	

**Évaluation de l'enveloppe du bâtiment en situation rénoverée**

Évaluation	Surface (m <sup>2</sup> )	Dep. therm. (%)	Um (W/m <sup>2</sup> K)	Remarque

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix  
 Date : 01/11/2009  
 Auditeur (nom, prénom) :  
 Version (logiciel) : 1.0.5

### E.4.1 Évaluation et amélioration confort d'été Enveloppe du bâtiment

La répartition des gains solaires provenant des fenêtres est la suivante en situation initiale ainsi qu'en situation rénoverée

Orientation	Surface (m <sup>2</sup> )	Situation actuelle		Situation après rénovation		Placement de protections solaires
		(kWh)	(%)	(kWh)	(%)	
Nord	15,63					non
Est	5,09					non
Sud	6,72					non
Ouest	0,00					non
Horizontale	0,00					non

La recommandation relative au placement de protections solaires concerne des protections solaires extérieures pour les fenêtres dont l'orientation principale correspond à celle indiquée dans ce tableau. Toutes les fenêtres présentant une orientation de +/- 45° autour de cette orientation principale sont classées dans cette catégorie.

Évaluation de l'efficacité d'une stratégie de rafraîchissement nocturne du bâtiment par ventilation intensive de nuit :

Une estimation du potentiel de rafraîchissement du bâtiment via une stratégie de ventilation intensive de nuit est donnée ici. La stratégie de ventilation intensive de nuit consiste à profiter de la fraîcheur de la nuit pour rafraîchir le bâtiment en le ventilant intensivement et en évacuant ainsi la chaleur accumulée dans le bâtiment lors de la journée écoulée. Cette stratégie peut amener une amélioration dans le confort intérieur du bâtiment en été si elle est appliquée en combinaison avec les autres mesures recommandées dans cet avis. Des informations relatives à cette technique sont données dans la fiche technique "confort d'été" (fiche E5).

Potentialité de ventilation intensive de nuit :  
 Disponibilité et accessibilité de la masse thermique du bâtiment :  
 Intérêt de la technique appliquée à votre cas :

**Index standardisé d'augmentation de température**

Les Index (sans unité) repris ci-dessous sont destinés à établir des statistiques et à permettre la comparaison entre la situation actuelle et la situation après rénovation ainsi que de permettre la comparaison entre différents bâtiments. Un index élevé indique que les gains de chaleur sont proportionnellement plus élevés que les pertes de chaleur, ce qui pourrait se traduire par un risque plus élevé de surchauffe.

Index situation initiale :  
 Index situation rénoverée :

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix  
 Date : 01/11/2009  
 Auditeur (nom, prénom) :  
 Version (logiciel) : 1.0.5

### E. Annexe Composition des parois Enveloppe du bâtiment

**toiture principale à rue**

Situation actuelle

Matériau	Lambda (W/mK)	d (m)	Ri (m <sup>2</sup> K/W)

Situation rénoverée

Matériau	Lambda (W/mK)	d (m)	Ri (m <sup>2</sup> K/W)
Cellulose	0,039	0,300	7,692

**mur mitoyen sur est**

Situation actuelle

Matériau	Lambda (W/mK)	d (m)	Ri (m <sup>2</sup> K/W)

Situation rénoverée

Matériau	Lambda (W/mK)	d (m)	Ri (m <sup>2</sup> K/W)
Mousse de polystyrène extrudé	0,035	0,060	1,714
Brique type inconnu	0,900	0,400	0,444

**toiture principale arrière**

Situation actuelle

Matériau	Lambda (W/mK)	d (m)	Ri (m <sup>2</sup> K/W)

Situation rénoverée

Matériau	Lambda (W/mK)	d (m)	Ri (m <sup>2</sup> K/W)
Cellulose	0,039	0,300	7,692

**façade à rue**

Situation actuelle

Matériau	Lambda (W/mK)	d (m)	Ri (m <sup>2</sup> K/W)

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix  
 Date : 01/11/2009  
 Auditeur (nom, prénom) :  
 Version (logiciel) : 1.0.5

● Rue de fontaine

Évaluation de l'« amélioration » jusqu'à 100 kWh/m<sup>2</sup>.an par méthode PAE

**E. Annexe Composition des parois Enveloppe du bâtiment**

Situation rénoverée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]
Cellulose	0,035	0,300	8,571

chassis bois SV

Situation actuelle

		U [W/m <sup>2</sup> K]
Châssis	Bois	2,20
Vitrage	Vitrage simple	5,70
Paneau		

Situation rénoverée

		U [W/m <sup>2</sup> K]
Châssis	Bois	1,60
Vitrage	Vitrage double low-e (sans autre information)	1,10
Paneau		

toiture veranda

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]
Cellulose	0,039	0,300	7,692

Situation rénoverée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]
Cellulose	0,039	0,300	7,692

toiture extension arrière

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]

Situation rénoverée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Resaix Date : 01/11/2009  
 Auditeur (nom, prénom) : Version (logiciel) : 1.0.5

**E. Annexe Composition des parois Enveloppe du bâtiment**

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]
Cellulose	0,035	0,300	8,571

toiture extension avant

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]

Situation rénoverée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]
Cellulose	0,039	0,300	7,692

façade arrière

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]

Situation rénoverée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]
Mousse de polystyrène extrudé	0,035	0,060	1,714
Brique type inconnu	0,900	0,400	0,444

mur latéral annexe

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]

Situation rénoverée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]
Mousse de polystyrène extrudé	0,035	0,060	1,714
Brique type inconnu	0,900	0,400	0,444

Façade arrière annexe

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Resaix Date : 01/11/2009  
 Auditeur (nom, prénom) : Version (logiciel) : 1.0.5

**E. Annexe Composition des parois Enveloppe du bâtiment**

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]

Situation rénoverée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]
Mousse de polystyrène extrudé	0,035	0,060	1,714
Brique type inconnu	0,900	0,400	0,444

chassis métallique SV

Situation actuelle

		U [W/m <sup>2</sup> K]
Châssis	Métallique SANS coupure thermique	5,90
Vitrage	Vitrage simple	5,70
Paneau		

Situation rénoverée

		U [W/m <sup>2</sup> K]
Châssis	Bois	1,60
Vitrage	Vitrage double low-e (sans autre information)	1,10
Paneau		

escalier

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]

Situation rénoverée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]

cloisons sur cave

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Resaix Date : 01/11/2009  
 Auditeur (nom, prénom) : Version (logiciel) : 1.0.5

**G.1.1. Synthèse générale Général**

Évaluation en situation rénoverée

	Energie éparignée (%)	Temps de retour (année)
Enveloppe du bâtiment	60,3	
Système de chauffage	1,8	
<b>Total des économies d'énergie réalisables pour l'enveloppe du bâtiment et le système de chauffage en appliquant l'ensemble des recommandations reprises dans cet avis énergétique</b>	<b>66,6%</b>	
Eau chaude sanitaire	49,7	

Diagramme illustrant les économies d'énergie (A) et le temps de retour (B) pour l'enveloppe du bâtiment et le système de chauffage.

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Resaix Date : 01/11/2009  
 Auditeur (nom, prénom) : Version (logiciel) : 1.0.5

● Rue de fontaine

Évaluation de l'« amélioration » jusqu'à 60 kWh/m<sup>2</sup>.an par méthode PAE

### E.1. Évaluation Enveloppe du bâtiment

**Bâtiment dans son ensemble**

Évaluation	Surface (m <sup>2</sup> )	Dép. therm. (kWh)	Um (W/m <sup>2</sup> K)	Remarque (°C)
Isolation médiocre	349,27	100	2,22	

**Toiture ou plafond – tout type**

Évaluation	Surface (m <sup>2</sup> )	Dép. therm. (kWh)	Um (W/m <sup>2</sup> K)	Remarque (°C)
toiture principale à rue	26,15	7,5	3,48	3
toiture principale arrière	24,47	7,0	3,48	3
toiture véranda	10,51	3,0	3,48	3
toiture extension avant	10,12	2,9	3,48	3
toiture extension arrière	10,13	2,9	3,48	3
<b>Total toiture ou plafond</b>	<b>81,38</b>	<b>23,3</b>		

**Murs en contact avec l'extérieur**

Évaluation	Surface (m <sup>2</sup> )	Dép. therm. (kWh)	Um (W/m <sup>2</sup> K)	Remarque (°C)
façade à rue	37,13	10,6	1,82	-3
façade arrière	23,71	6,8	1,82	-3
façade arrière annexe	9,77	2,8	1,82	-3
mur milieu sur ext	64,18	18,4	1,82	-3
mur latéral annexe	19,71	5,6	1,82	-3
<b>Total murs</b>	<b>159,06</b>	<b>45,5</b>		

**Murs à l'abri du gel**

Évaluation	Surface (m <sup>2</sup> )	Dép. therm. (kWh)	Um (W/m <sup>2</sup> K)	Remarque (°C)
porte cave	2,10	0,6	2,41	-3
cloisons sur cave	2,46	0,7	2,63	-3
<b>Total murs</b>	<b>4,56</b>	<b>1,3</b>		

**Plancher(s) à l'abri du gel**

Évaluation	Surface (m <sup>2</sup> )	Dép. therm. (kWh)	Um (W/m <sup>2</sup> K)	Remarque (°C)
plancher sur cave	25,20	7,2	1,33	-3
escalier	3,10	0,9	3,07	-3
<b>Total planchers</b>	<b>28,30</b>	<b>8,1</b>		

**Plancher(s) en contact avec le sol**

Évaluation	Surface (m <sup>2</sup> )	Dép. therm. (kWh)	Um (W/m <sup>2</sup> K)	Remarque (°C)
plancher sur sol	53,08	15,2	1,33	-3
<b>Total planchers</b>	<b>53,08</b>	<b>15,2</b>		

**Portes et fenêtres**

Évaluation	Surface (m <sup>2</sup> )	Dép. therm. (kWh)	Um (W/m <sup>2</sup> K)	Remarque (°C)
chassis métallique SV	4,09	1,2	5,32	-3
chassis bois SV	10,89	5,7	3,90	3
chassis bois DV	3,48	1,0	1,55	-3
<b>Total portes et fenêtres</b>	<b>18,46</b>	<b>7,9</b>		

### E.2. Propositions d'amélioration Enveloppe du bâtiment

**Évaluation de l'enveloppe du bâtiment en situation rénovée**

Energie éparpillée (kWh) : 66,2

Temps de retour (années) : 127

Conseil n°	Portant sur	Valeur U rénovée (W/m <sup>2</sup> K)	Économie d'énergie (kWh)	Économie d'énergie (%)	Économies estimées (€)	Temps de retour (années)
1	mur milieu sur ext	0,34	2 500	10,5	127	
2	toiture principale à rue	0,18	2 343	9,8	117	
3	toiture principale arrière	0,18	2 194	9,1	110	
4	façade à rue	0,34	1 474	6,1	74	
5	chassis bois SV	1,40	1 105	4,6	56	
6	plancher sur sol	0,64	995	4,1	50	
7	toiture véranda	0,13	957	4,0	48	
8	façade arrière	0,34	951	4,0	48	
9	toiture extension arrière	0,13	923	3,8	46	
10	toiture extension avant	0,13	922	3,8	46	
11	mur latéral annexe	0,34	772	3,2	39	
12	façade arrière annexe	0,34	383	1,6	19	
13	chassis métallique SV	1,40	354	1,5	18	
14	plancher sur cave	0,59	329	1,4	16	
15	escalier	0,53	138	0,6	7	
16	cloisons sur cave	0,53	92	0,4	5	
17	porte cave	0,52	70	0,3	4	

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix Date : 01/11/2009  
Auditeur (nom, prénom) : Version (logiciel) : 1.0.5

### E.4.1 Évaluation et amélioration confort d'été Enveloppe du bâtiment

La répartition des gains solaires provenant des fenêtres est la suivante en situation initiale ainsi qu'en situation rénovée

Orientation	Surface (m <sup>2</sup> )	Situation actuelle		Situation après rénovation		Placement de protections solaires
		(kWh)	(%)	(kWh)	(%)	
Nord	15,83					non
Est	3,09					non
Sud	6,72					non
Ouest	0,00					non
Horizontale	0,00					non

La recommandation relative au placement de protections solaires concerne des protections solaires extérieures pour les fenêtres dont l'orientation principale correspond à celle indiquée dans ce tableau. Toutes les fenêtres présentant une orientation de +/- 45° autour de cette orientation principale sont classées dans cette catégorie.

**Évaluation de l'efficacité d'une stratégie de rafraîchissement nocturne du bâtiment par ventilation intensive de nuit :**

Une estimation du potentiel de rafraîchissement du bâtiment via une stratégie de ventilation intensive de nuit est donnée ici. La stratégie de ventilation intensive de nuit consiste à profiter de la fraîcheur de la nuit pour rafraîchir le bâtiment en le ventilant intensivement et en évacuant ainsi la chaleur accumulée dans le bâtiment lors de la journée écoulée. Cette stratégie peut amener une amélioration dans le confort intérieur du bâtiment en été si elle est appliquée en combinaison avec les autres mesures recommandées dans cet avis. Des informations relatives à cette technique sont données dans la fiche technique "confort d'été" (fiche E5).

Potentiel de ventilation intensive de nuit :

Disponibilité et accessibilité de la masse thermique du bâtiment :

Intérêt de la technique appliquée à votre cas :

**Index standardisé d'augmentation de température**

Les Index (sans unité) repris ci-dessous sont destinés à établir des statistiques et à permettre la comparaison entre la situation actuelle et la situation après rénovation ainsi que de permettre la comparaison entre différents bâtiments. Un index élevé indique que les gains de chaleur sont proportionnellement plus élevés que les pertes de chaleur, ce qui pourrait se traduire par un risque plus élevé de surchauffe.

Index situation initiale :

Index situation rénovée :

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix Date : 01/11/2009  
Auditeur (nom, prénom) : Version (logiciel) : 1.0.5

### E. Annexe Composition des parois Enveloppe du bâtiment

**mur milieu sur ext**

Situation actuelle

Matériau	Lambda (W/mK)	d (m)	Ri (m <sup>2</sup> K/W)

Situation rénovée

Matériau	Lambda (W/mK)	d (m)	Ri (m <sup>2</sup> K/W)
Mousse de polystyrène extrudé	0,035	0,080	2,286
Brique type Inconnu	0,900	0,400	0,444

**toiture principale à rue**

Situation actuelle

Matériau	Lambda (W/mK)	d (m)	Ri (m <sup>2</sup> K/W)

Situation rénovée

Matériau	Lambda (W/mK)	d (m)	Ri (m <sup>2</sup> K/W)
Cellulose	0,039	0,300	7,692

**toiture principale arrière**

Situation actuelle

Matériau	Lambda (W/mK)	d (m)	Ri (m <sup>2</sup> K/W)

Situation rénovée

Matériau	Lambda (W/mK)	d (m)	Ri (m <sup>2</sup> K/W)
Cellulose	0,039	0,300	7,692

**façade à rue**

Situation actuelle

Matériau	Lambda (W/mK)	d (m)	Ri (m <sup>2</sup> K/W)

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix Date : 01/11/2009  
Auditeur (nom, prénom) : Version (logiciel) : 1.0.5

● Rue de fontaine

Évaluation de l'« amélioration » jusqu'à 60 kWh/m<sup>2</sup>.an par méthode PAE

**E. Annexe**  
**Composition des parois**

**Enveloppe du bâtiment**

Situation rénoverée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]
Mousse de polystyrène extrudé	0,035	0,080	2,286
Brique type inconnu	0,900	0,400	0,444

chassis bois SV

Situation actuelle

		U [W/m <sup>2</sup> K]
Châssis	Bois	2,20
Vitrage	Vitrage simple	5,70
Panneau		

Situation rénoverée

		U [W/m <sup>2</sup> K]
Châssis	Bois	1,60
Vitrage	Vitrage double low-e (sans autre information)	1,10
Panneau		

plancher sur sol

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]

Situation rénoverée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]

toiture veranda

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]

Situation rénoverée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix      Date : 01/11/2009  
Auditeur (nom, prénom) :      Version (logiciel) : 1.0.5

**E. Annexe**  
**Composition des parois**

**Enveloppe du bâtiment**

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]
Cellulose	0,039	0,300	7,692

façade arrière

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]

Situation rénoverée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]
Mousse de polystyrène extrudé	0,035	0,080	2,286
Brique type inconnu	0,900	0,400	0,444

toiture extension arrière

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]

Situation rénoverée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]
Cellulose	0,039	0,300	7,692

toiture extension avant

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]

Situation rénoverée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]
Cellulose	0,039	0,300	7,692

mur latéral annexe

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix      Date : 01/11/2009  
Auditeur (nom, prénom) :      Version (logiciel) : 1.0.5

**E. Annexe**  
**Composition des parois**

**Enveloppe du bâtiment**

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]

Situation rénoverée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]
Mousse de polystyrène extrudé	0,035	0,080	2,286
Brique type inconnu	0,900	0,400	0,444

Façade arrière annexe

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]

Situation rénoverée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m <sup>2</sup> K/W]
Mousse de polystyrène extrudé	0,035	0,080	2,286
Brique type inconnu	0,900	0,400	0,444

chassis métallique SV

Situation actuelle

		U [W/m <sup>2</sup> K]
Châssis	Métallique SANS coupure thermique	5,90
Vitrage	Vitrage simple	5,70
Panneau		

Situation rénoverée

		U [W/m <sup>2</sup> K]
Châssis	Bois	1,60
Vitrage	Vitrage double low-e (sans autre information)	1,10
Panneau		

plancher sur cave

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix      Date : 01/11/2009  
Auditeur (nom, prénom) :      Version (logiciel) : 1.0.5

**G.1.1. Synthèse générale**

**Général**

Évaluation en situation rénoverée

	Energie éparpillée (%)	Temps de retour (années)
Enveloppe du bâtiment	68,2	
Système de chauffage	1,8	
<b>Total des économies d'énergie réalisables pour l'enveloppe du bâtiment et le système de chauffage en appliquant l'ensemble des recommandations reprises dans cet avis énergétique</b>		<b>75,1%</b>
Eau chaude sanitaire	49,7	

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix      Date : 01/11/2009  
Auditeur (nom, prénom) :      Version (logiciel) : 1.0.5





## MAISON DE LOTISSEMENT

**SITUATION :** Avenue des Petits Champs,  
Waterloo

**PROVINCE :** Brabant Wallon

### 1.1 Typologie

Les maisons quatre façades en lotissement représentent +/- 13 % des logements construits avant 1991 en Région Wallonne. <sup>1</sup>

### 1.2 Contexte

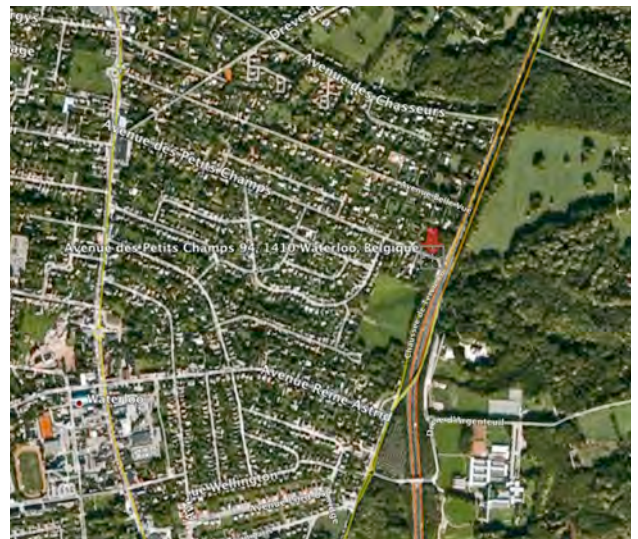
Le type de maison quatre façades construites dans des lotissements représente un mode d'habitat qui s'est fort développé depuis la fin des années soixante jusqu'à devenir la troisième typologie d'habitat la plus rencontrée en Wallonie. Elle représente le rêve d'une classe moyenne supérieure souhaitant habiter au vert à l'extérieur des villes tout en étant proche des nœuds de communication routiers, les déplacements se faisant essentiellement en voiture.

La densité d'occupation des parcelles dans ce type d'urbanisme est faible. La parcelle représente souvent six à dix fois l'emprise au sol du bâtiment et les constructions ont rarement plus d'un étage fréquemment intégré dans la toiture. Ce type d'habitat est donc grand consommateur de territoire.

L'exemple choisi est situé à Waterloo à quelques centaines de mètres d'une sortie de l'autoroute E19 dans une très grande zone lotie. La maison fait partie d'un petit lotissement de six maisons desservies par une allée privative.

### 1.3 Programme

Cette maison unifamiliale de +/-290 m<sup>2</sup> habitable comprend quatre chambres et deux salles de bains à l'étage. Le rez-de-chaussée regroupe toutes les pièces de vie et services ainsi qu'un garage pour deux voitures. Le bâtiment ne dispose pas de caves, mais bien d'un grenier.



Vue aérienne



Plan de lotissement

<sup>1</sup> Reprise comme typologie 3 au chapitre 4 analyse du bâti pp. 173-175

## 1.4 Architecture

La maison construite en 1987 présente deux volumes encastrés l'un dans l'autre et tous deux couverts d'une toiture à deux versants. Le volume principal présente une emprise au sol de 9 m sur 14,5 m, le volume secondaire de 5,5 m sur 7,5 m. Le tout est complété au rez-de-chaussée par une loggia à l'arrière de 1,3 m sur 4,5 m. Nous avons à faire ici à un type de maison qui dans le langage populaire est qualifiée de « Fermette » bien qu'elle n'ait que peu de choses en commun avec l'architecture des fermes brabançonnaises ou flamandes. Les murs des façades sont constitués de murs creux isolés de 30 cm d'épaisseur (porteur de 14 cm, parement de 9 cm, coulisse isolée de 7 cm).

## 1.5 Techniques existantes

Le système de chauffage central date de la construction de la maison. Il est composé d'une chaudière au gaz classique (les chaudières à condensation apparaissent sur le marché dans les années 1990), raccordée à des radiateurs en tôle placés dans chaque pièce. L'eau sanitaire est produite par un préparateur relié à la chaudière.

## 1.6 Stratégies d'habitation et d'occupation

L'occupation se fait sans grande stratégie d'économie. La famille, composée de deux adultes et deux enfants, n'est pas prête à faire des compromis importants avec la notion qu'elle se fait du confort. Dans leur esprit, c'est la maison qui par ses performances devrait y pourvoir, ce qui est un raisonnement somme toute assez logique. Les consommations plutôt élevées de la maison les ont conduits à demander un audit énergétique. Cette démarche dénote une volonté de connaître les causes de leurs consommations élevées et d'améliorer leur logement sur ce point, quitte à consentir des investissements importants pour y arriver, à condition que cet investissement soit rentable à moyen terme.

## 1.7 Principes des analyses thermiques

Différentes approches du calcul de performance d'enveloppe ont été abordées pour la situation existante et les scénarios PEB 2010 ou « basse énergie ».

- Le besoin de chauffe suivant PEB 2010
- Le besoin de chauffe obtenu par logiciel PHPP



Façade avant



Rez-de-chaussée



1<sup>er</sup> étage



Façade arrière



## 1.8 Situation existante

### Calculs et consommations réelles

SITUATION EXISTANTE	
Surface de déperdition de l'enveloppe m <sup>2</sup>	539
Volume Protégé m <sup>3</sup>	999
K (PEB 2010)	75
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PAE	/
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PEB 2010	219
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PHPP 2007	204
Surface brute en m <sup>2</sup>	330
Surface énergétique planchers PHPP en m <sup>2</sup>	286
U toiture en W/m <sup>2</sup> K	0,544 et 0,7
U murs de façades en W/m <sup>2</sup> K	1,542
U châssis, U vitrage en W/m <sup>2</sup> K	2 - 1,6
U sol en W/m <sup>2</sup> K	0,684
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 7,8 PEB 12

- Les résultats obtenus par calcul semblent bien confirmer que la maison n'a pas été isolée selon l'obligation légale de K55 (aujourd'hui K45) en vigueur à la fin des années 80 pour des logements neufs. À la lumière des investigations menées, la toiture est isolée avec 8 cm de laine minérale, les lucarnes avec 5 cm du même matériau, la coulisse du mur de façade semble avoir été isolée de manière discontinue avec 4 cm de polystyrène extrudé. Le coefficient d'enveloppe atteint est proche de K 75, ce qui constitue une infraction à la réglementation en vigueur à l'époque. Ce cas de figure n'est pas rare. L'obligation d'isoler était souvent perçue comme

une imposition inutile par la plupart des architectes et considéré comme une charge budgétaire supplémentaire pour nombre de maîtres de l'ouvrage. Les 6 maisons du lotissement ont été construites dans le cadre d'une promotion immobilière clef sur porte. En l'absence de test de pressurisation, l'étanchéité à l'air a été fixée à la valeur par défaut admise en région wallonne pour le calcul PEB et en région bruxelloise pour le calcul PHPP.

#### ✕ Résultats

Selon les résultats du logiciel PHPP, le besoin de chauffe de la maison avec l'isolation d'origine devrait être de +/-58344 kWh par an soit +/-204 kWh/m<sup>2</sup>.an.

#### ✕ Consommations réelles

La consommation réelle de la chaudière et du préparateur d'eau chaude sanitaire est de

- 53 476 kWh pour 2004
- 57 533 kWh pour 2005
- 45 977 kWh pour 2006

soit 52 328 kWh en moyenne pour ces trois années ou +/-183 kWh/m<sup>2</sup>.an.

La consommation calculée est donc de +/-10% plus élevée que la consommation réelle, production d'eau chaude sanitaire comprise.

Une fois de plus la différence s'explique par le fait que dans la réalité tous les locaux ne sont pas chauffés en permanence à 19° C de jour comme de nuit.

Notons qu'ici les consommations calculées et les consommations réelles assez sont assez proches.

La consommation électrique atteint pour l'année 2006 8300 kWh en consommation de jour et 2 300 kWh en compteur de nuit. Soit 10 600 kWh par an.

La consommation électrique moyenne en Wallonie par logement, occupé par un ménage de 3 à 4 personnes, était de +/-2 745 kWh pour l'année 2005..<sup>2</sup>

La consommation électrique de la maison est entre 3 et 4 fois plus élevée que la moyenne en Wallonie.

#### ✕ Quelques pistes d'explication

- 3 200 kWh sont consacrés au chauffage par pompe à chaleur air-air et au filtrage de l'eau d'une piscine implantée dans le jardin et utilisée de juin à septembre.
- L'électroménager tout à l'électricité, l'éclairage par une multitude de spots halogènes basse tension de 50 W encastrés dans les faux plafonds, de nombreux appareils audiovisuels laissés en mode veille explique cette consommation élevée.

Ramenée en énergie primaire, la consommation électrique est de +/-20 750 kWh pour 2006

<sup>2</sup> Voir Chapitre 4 p. 141 et 147

L'énergie primaire totale consommée par la maison est de +/-73 000 kWh par an soit +/-255 kWh/m<sup>2</sup>.an.

Un record ! Record qui ne doit malheureusement pas être un cas unique.

### 1.9 Mise à jour thermique à hauteur de la PEB 2010 (90 kWh/m<sup>2</sup>.an en besoin de chauffe)

MISE À NIVEAU PEB 2010 À 90 KWH/M <sup>2</sup> .AN	
Surface de déperdition de l'enveloppe m <sup>2</sup>	539
Volume Protégé m <sup>3</sup>	999
K (PEB 2010)	44
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PAE	/
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PEB 2010	87
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PHPP 2007	94
Surface brute en m <sup>2</sup>	330
Surface énergétique planchers PHPP en m <sup>2</sup>	286
U toiture en W/m <sup>2</sup> K	0,172
U murs de façades en W/m <sup>2</sup> K	0,421
U châssis, U vitrage en W/m <sup>2</sup> K	2 - 1,6
U sol en W/m <sup>2</sup> K	0,684
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 7,8 PEB 12

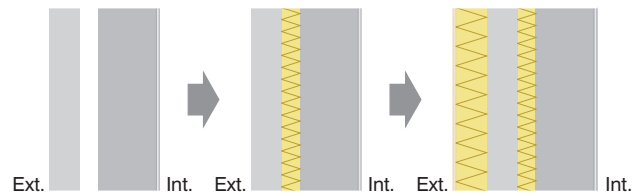
Si la construction avait été conforme à la réglementation K55 en vigueur dans les années 80, il aurait suffi d'un petit complément d'isolation pour permettre de réduire le besoin de chauffe jusqu'à 90 kWh/m<sup>2</sup>.an.

Le laxisme des différents acteurs de la construction (promoteur, architecte et entrepreneur) rend nécessaire une intervention 25 ans seulement après la construction de la maison pour atteindre des performances relativement proches de celles qui auraient dû être rencontrées à l'origine.

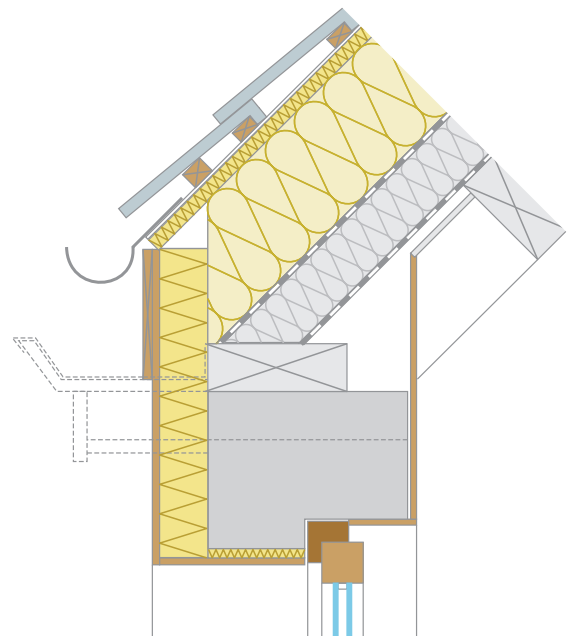
Étant donné le niveau de finition très élevé de la maison, les interventions seront envisagées exclusivement depuis l'extérieur.

#### × Pertes par transmission

- Les châssis sont laissés en place.
- La coulisse des murs de façade de +/-6 cm de large est injectée avec de la mousse de polyuréthane. La façade est encore isolée d'avantage avec des panneaux de polystyrène expansé de 6 cm d'épaisseur recouvert d'un enduit gratté.



- 16 cm d'isolant sont rajoutés en toiture aux 8 cm déjà existants suivant la technique de la toiture « sarking » de manière à atteindre une valeur U de 0,172 W/m<sup>2</sup>.K



#### × Pertes par ventilation et infiltration

- Le système de ventilation reste le système type C d'origine avec extraction dans les pièces humides (2 salles de bains).
- Les châssis existants ne sont pas équipés de grilles de ventilation, une amenée d'air sera créée en façade pour être conforme à la norme NBN D50-001
- Aucune mesure pour améliorer l'étanchéité à l'air n'est prise au niveau des châssis, la mise en œuvre de la toiture sarking contribuera cependant à une amélioration globale de celle-ci par la mise en œuvre d'un nouveau pare-vapeur posé selon les règles de l'art sur la totalité de la surface de la toiture.

## 1.10 Mise à jour thermique « basse énergie » (60 kWh/m<sup>2</sup>.an en besoin de chauffe)

MISE À NIVEAU BASSE ÉNERGIE À 60 KWH/M <sup>2</sup> .AN	
Surface de déperdition de l'enveloppe m <sup>2</sup>	539
Volume Protégé m <sup>3</sup>	999
K (PEB 2010)	32
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PAE	/
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PEB 2010	72
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PHPP 2007	60
Surface brute en m <sup>2</sup>	330
Surface énergétique planchers PHPP en m <sup>2</sup>	286
U toiture en W/m <sup>2</sup> K	0,127
U murs de façades en W/m <sup>2</sup> K	0,284
U châssis, U vitrage en W/m <sup>2</sup> K	1,6 - 1,1
U sol en W/m <sup>2</sup> K	0,684
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 4 PEB 4

### × Pertes par transmission

- Les châssis doivent être changés pour des châssis plus performants et équipés d'aérateurs dont l'ouverture est proportionnelle à la demande d'extraction. Les châssis seront placés avec des bandes d'étanchéité à l'air.
- 24 cm d'isolant sont rajoutés en toiture aux 8 cm déjà existants suivant la technique de la toiture « sarking » de manière à atteindre une valeur U de 0,127 W/m<sup>2</sup>.K
- La coulisse des murs de façade de +/6cm de large est injectée avec de la mousse de polyuréthane. La façade est encore isolée d'avantage avec des panneaux de polystyrène expansé de 10 cm d'épaisseur recouvert d'un enduit gratté.

### × Pertes par ventilation et infiltration

- Le système de ventilation existant est remplacé par un système C+ où le débit de ventilation est contrôlé par une action au niveau des bouches d'extraction. L'intensité d'aération augmente quand c'est nécessaire, le débit d'extraction est réglé automatiquement en fonction de l'humidité et/ou de la présence. Les pertes par ventilations sont limitées.
- L'étanchéité à l'air est portée à 4 h<sup>-1</sup>

### × Bilan

Dans les deux cas les travaux peuvent être exécutés sans intervention à l'intérieur de la maison permettant aux occupants de continuer à y habiter.

- La mise en œuvre de l'isolant en toiture et en façade, nécessite le démontage, remontage des gouttières et des descentes d'eau et l'adaptation du réseau d'égout au droit de leur raccordement.
- Les corniches devront être adaptées.
- Les deux lucarnes en façade avant devront être, soit démolies, soit adaptées pour tenir compte de la hausse du plan de toiture.
- La couverture en tuiles pourra être reposée après mise en œuvre du nouveau complexe l'isolation de toiture. Des tuiles complémentaires devront être mises en œuvre pour tenir compte des surépaisseurs des isolants placés en façade et de la casse qu'entraîne généralement une dépose/repose. Il convient de se renseigner si les tuiles sont encore disponibles sur le marché 25 après la construction de la maison.
- La quantité d'isolant mis en œuvre en toiture est très importante, elle représente jusqu'à 58 m<sup>3</sup> dans la version basse énergie. Pour des questions de coût et d'impact environnemental, il convient de bien choisir le type d'isolant à mettre en œuvre. Dans ce cas, un isolant d'origine végétale en vrac est probablement le meilleur choix environnemental et financier.

Une mise à jour thermique peut se faire presque totalement par l'extérieur préservant intégralement les matériaux mis en œuvre à l'intérieur et principalement les sols en marbre au rez-de-chaussée puisque l'isolation des sols n'a pas dû être renforcée. Dans ce cas de figure le « standard » basse énergie peut être atteint sans le placement d'un système de ventilation D à récupération de chaleur dont le placement entraîne généralement d'importants travaux de ragréage des parachèvements.

Pour diminuer les consommations électriques, la pompe à chaleur destinée au chauffage de la piscine est remplacée par un système de capteurs solaires de type opaque placés dans le jardin.<sup>3</sup>

Les spots halogènes dichroïques de 50 W sont remplacés par 80 % d'ampoules GU10 fluo-compacts de 8 W et par 20 % d'ampoules powerled colorées de 3 W.

<sup>3</sup> Voir chapitre 5 p. 255





Source : Reloso



# APPARTEMENT DANS UN GRAND ENSEMBLE

SITUATION : Foyer Jambois

PROVINCE : Namur

## 1.1 Typologie

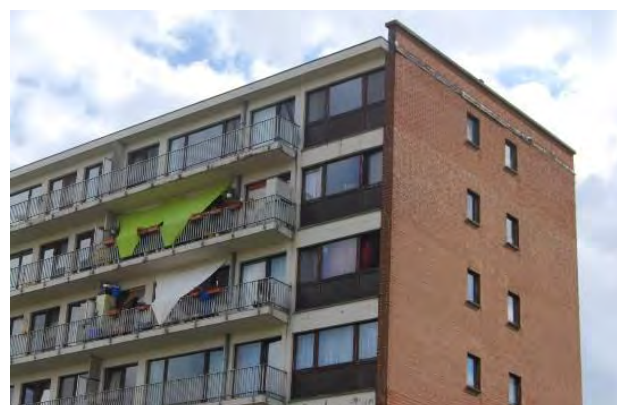
Les appartements dans des grands ensembles représentent +/-6% des logements construits avant 1991 en Région Wallonne. On relève aussi une proportion de +/-6% d'appartements résultant de la division de bâtiments existants en plusieurs unités de logements.

Les deux typologies peuvent être rapprochées, les solutions développées ci-dessous sont souvent applicables dans les maisons transformées en appartements. Les solutions étant d'ailleurs parfois plus simples à mettre en œuvre dans des bâtiments plus anciens, notamment au niveau des ponts thermiques. Reste la contrainte patrimoniale, plus difficile à gérer dans le bâti ancien.<sup>1</sup>

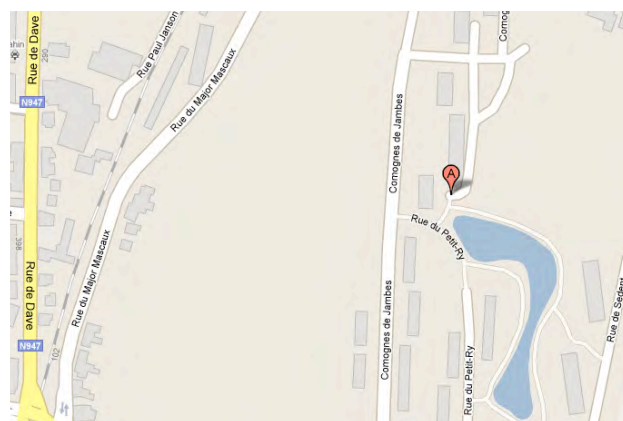
## 1.2 Contexte

Les immeubles à appartements du foyer Jambois sont nés à la fin des années septante et au début des années quatre-vingt qui furent des années fastes pour la construction de logements sociaux. Beaucoup sont des barres de logements (immeubles de type Etrimo-Amelincks) conçues sur base des réflexions théoriques modernistes. Cette typologie d'immeubles à appartements de 8 à 12 niveaux en moyenne, aura tendance à être remplacée à la fin des années quatre-vingt par des immeubles de 3 à 4 niveaux plus intégrés dans le tissu urbain existant et mieux acceptés par les habitants.

Relevons cependant un phénomène nouveau au début du 21<sup>e</sup> siècle, qui est l'apparition de petits immeubles à appartements en dehors des agglomérations, notamment choisis par des périurbains plus âgés.



Source : Reloso

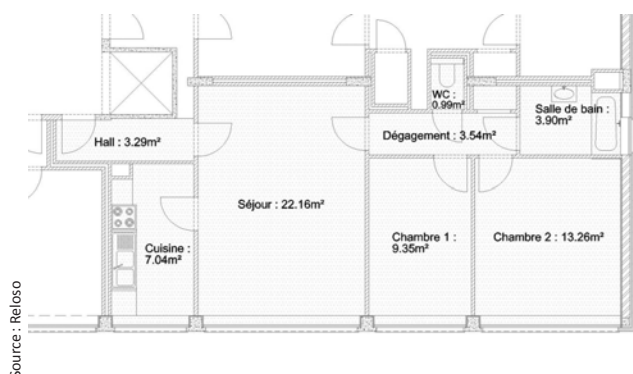


## 1.3 Architecture

Sur le plan architectural, le caractère immuable, souvent non transformable des logements se traduit par un manque de souplesse dans l'usage des espaces. L'implantation des barres nord-sud (partie étroite du parallélogramme orienté au nord) pour assurer un ensoleillement maximal des logements n'est que rarement traduite en plan. Les appartements traversants constituent des ex-

<sup>1</sup> Reprise comme typologie 5 et 7 au chapitre 4 analyse du bâti pp. 173-175

ceptions. Sur le plan constructif, la mauvaise qualité des réalisations pose aujourd'hui de nombreux problèmes techniques difficiles à résoudre pour les gestionnaires. Les charges locatives pour le chauffage, l'ascenseur, l'entretien des communs et des espaces verts sont souvent très élevées.



Source : Reloso

## 1.4 Programme

L'appartement étudié est situé au 161 Comognes de Jambes et se développe au 4e niveau en façade ouest et sud. Il s'agit d'un appartement deux chambres de +/- 76 m<sup>2</sup> brut et de +/- 64 m<sup>2</sup> de surface énergétique (surface sans les murs).

## 1.5 Stratégies d'habitation et d'occupation

Ces derniers hivers (2008, 2009, 2010), la majorité des locataires sociaux ont dû affronter une facture de chauffage supérieure à leur loyer.

Les occupants des logements sociaux ont assez peu de moyens d'améliorer leurs logements du point de vue énergétique. Ils n'en ont souvent pas les moyens financiers, ni les moyens juridiques, n'étant pas propriétaires de leur logement. Ils dépendent de la qualité de la gestion des immeubles assurée par les sociétés de logements sociaux. La plupart des chaufferies collectives de ces immeubles sont actuellement équipées d'une horloge permettant un abaissement nocturne et pratiquent la mise à l'arrêt ou au ralenti pendant l'été d'une partie des chaudières (hors de celles produisant l'eau sanitaire).

Dans les appartements, les grilles d'amenée d'air en façade sont sources d'inconfort en hiver de sorte que les occupants ont tendance à les fermer manuellement avec pour conséquence une dégradation de la qualité de l'air intérieur. Parfois les bouches d'extraction d'air dans les salles d'eau le sont aussi, empêchant une ventilation correcte du logement, ce qui peut mener à l'apparition de phénomènes de condensation.

En été, les logements dont les pièces sont majoritairement orientées à l'ouest et pour lesquels les terrasses faisant office de pare-soleil sont peu efficaces, subissent des surchauffes.

Des tentes solaires, des séries de parasols ou de protections de fortune sont mis en place par les habitants là où les surchauffes sont les plus importantes.



Source : Reloso

Des campagnes ont été menées pour équiper les logements de luminaires économiques de type fluo-compactes pour tenter de faire baisser les consommations électriques. L'expérience a montré que les ampoules économiques usées n'étaient pas remplacées par des ampoules aux performances énergétiques équivalentes, et que dans certains cas, les ampoules étaient revendues par les locataires pour être remplacées par des ampoules bas de gamme, obligeant les sociétés de logements sociaux à mettre en œuvre des luminaires spécifiques avec des culots peu répandus. La généralisation des ampoules économiques et la disparition des ampoules classiques devrait solutionner ce type de problématique.

## 1.6 Hypothèse de travail

Les projets exemplatifs prennent comme hypothèse de base que les travaux de mise à jour thermique soient pris en charge par les sociétés gestionnaires de logements sociaux, ou que le propriétaire d'un appartement dans un immeuble similaire du secteur privé puisse procéder aux adaptations des châssis, à la mise en œuvre des isolations par l'extérieur ainsi qu'aux installations techniques en accord avec la copropriété.

## 1.7 Situation existante

### ✕ Situation existante

Le bâtiment est faiblement isolé par l'intérieur (U de parois de 0,6 à 0,9 W/m<sup>2</sup>.K), les châssis sont en bois avec un double vitrage clair peu performant, valeur U des châssis de 2,5 W/m<sup>2</sup>.K et celle du vitrage de 2,9 W/m<sup>2</sup>.K

De nombreux ponts thermiques sont identifiés. Un système C (grille dans les fenêtres et extraction dans les pièces humides) assure la ventilation des appartements. Malgré sa très faible isolation, l'appartement obtient une meilleure performance thermique que les maisons précédemment analysées, c'est dû au fait que 4 des 6 parois de déperditions sont mitoyennes avec d'autres appartements.

- Les ponts thermiques ont été pris en compte, ils représentent 15 % des pertes par l'enveloppe non rénovée.
- L'étanchéité de l'appartement a été fixée à la valeur de 3 h<sup>-1</sup> pour les besoins de l'étude et devrait être vérifiée in-situ lors d'une éventuelle campagne de rénovation.

SITUATION EXISTANTE	
Surface de déperdition de l'enveloppe m <sup>2</sup>	267
Volume Protégé m <sup>3</sup>	219
K (PEB 2010)	159
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PAE	162
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PEB 2010	135
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PHPP 2007	141
Surface brute en m <sup>2</sup>	76
Surface énergétique planchers PHPP en m <sup>2</sup>	64
U toiture en W/m <sup>2</sup> K	Mitoyen
U murs de façades en W/m <sup>2</sup> K	0,9 - 0,6
U châssis, U vitrage en W/m <sup>2</sup> K	2,5 - 2,9
U sol en W/m <sup>2</sup> K	Mitoyen
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 3 PEB 3

## 1.8 Mise à jour thermique à hauteur de la PEB 2010 (90 kWh/m<sup>2</sup>.an en besoin de chauffe)

### ✕ Pertes par transmission

Aucune isolation complémentaire n'est mise en œuvre et les ponts thermiques ne sont pas résolus.

Les fenêtres sont remplacées par des châssis et des vitrages performants, valeur U des châssis de 1,6 W/m<sup>2</sup>.K et du vitrage de 1,1 W/m<sup>2</sup>.K

Le niveau d'isolation des allèges de fenêtres est également amélioré. Pour limiter la surface vitrée, il est proposé de travailler d'une part sur la suppression des allèges vitrées et d'autre part sur la largeur des baies.

### ✕ Pertes par ventilation et infiltration

Le système de ventilation reste le système type C d'origine avec des grilles dans les fenêtres et extraction dans les pièces humides.

### ✕ Surchauffe en période estivale

#### Ventilation naturelle de nuit

Sans ventilation naturelle de nuit, aucune configuration existante ou de mise à niveau énergétique ne permet d'apporter le confort en été. Pour que la ventilation intensive fonctionne correctement, il faut encourager les habitants à ouvrir préventivement les fenêtres, c'est-à-dire, ne pas attendre que la surchauffe se soit installée pour ouvrir les fenêtres.



### Protections solaires

Des stores extérieurs correctement gérés permettent d'atteindre les objectifs de confort quelque soit le degré d'ouverture de la façade.

Cela s'explique aisément puisqu'un store extérieur arrête 80 % du rayonnement solaire. Le confort dépendra fortement de la bonne gestion des stores :

#### Automatique

L'installation et la gestion sont coûteuses et relativement fragiles ;

#### Manuelle

La gestion réclame une certaine discipline et une bonne compréhension des habitants: souvent descendu trop tard, le store ne sert plus à rien.

### Le vitrage sélectif

Le vitrage sélectif est une alternative intéressante (bien que moins efficace que le store) puisqu'il permet d'atteindre le degré de confort souhaité à condition que la surface vitrée de la façade soit revue à la baisse.

Le vitrage sélectif diminue néanmoins les apports solaires en hiver de sorte que les besoins de chaleur augmentent.

### ✕ Bilan

La performance légale est atteinte assez facilement en changeant les châssis par des châssis et des vitrages performants et en supprimant les allèges vitrées qui sont remplacées par des menuiseries garnies de panneaux isolants ou du béton cellulaire enduit U = 0,5 W/m<sup>2</sup>.K

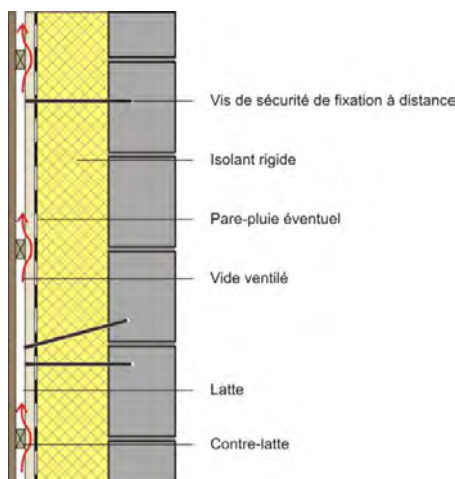
MISE À NIVEAU PEB 2010 À 90 KWH/M <sup>2</sup> .AN	
Surface de déperdition de l'enveloppe m <sup>2</sup>	267
Volume Protégé m <sup>3</sup>	219
K (PEB 2010)	43
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PAE	/
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PEB 2010	82
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PHPP 2007	88
Surface brute en m <sup>2</sup>	76
Surface énergétique planchers PHPP en m <sup>2</sup>	64
U toiture en W/m <sup>2</sup> K	Mitoyen
U murs de façades en W/m <sup>2</sup> K	0,5-0,25
U châssis, U vitrage en W/m <sup>2</sup> K	1,6 - 1,1
U sol en W/m <sup>2</sup> K	Mitoyen
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 3 PEB 3

## 1.9 Mise à jour thermique « basse énergie » (60 kWh/m<sup>2</sup>.an en besoin de chauffe)

MISE À NIVEAU BASSE ÉNERGIE À 60 KWH/M <sup>2</sup> .AN	
Surface de déperdition de l'enveloppe m <sup>2</sup>	267
Volume Protégé m <sup>3</sup>	219
K (PEB 2010)	32
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PAE	/
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PEB 2010	52
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PHPP 2007	58
Surface brute en m <sup>2</sup>	76
Surface énergétique planchers PHPP en m <sup>2</sup>	64
U toiture en W/m <sup>2</sup> K	Mitoyen
U murs de façades en W/m <sup>2</sup> K	0,3
U châssis, U vitrage en W/m <sup>2</sup> K	1,6 - 1,1
U sol en W/m <sup>2</sup> K	Mitoyen
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 1 PEB 1

### ✕ Pertes par transmission

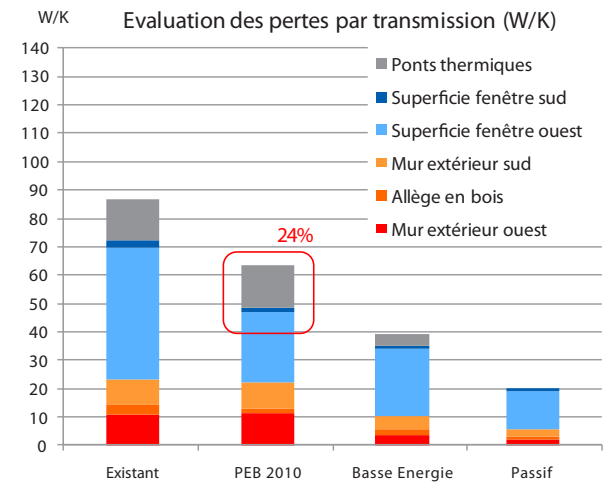
- Les châssis sont remplacés comme dans la version PEB 2010.
- L'étanchéité à l'air avec le gros œuvre devra être soignée.
- Les parois de l'enveloppe sont correctement réisolées par l'extérieur jusqu'à une valeur  $U = 0,3 \text{ W/m}^2.K$  soit l'application d'un isolant continu d'une épaisseur de +/-10 cm pour un  $\lambda$  de 0,035 W/m.K



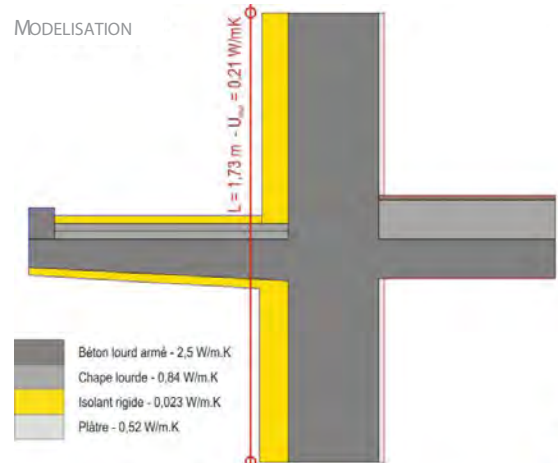
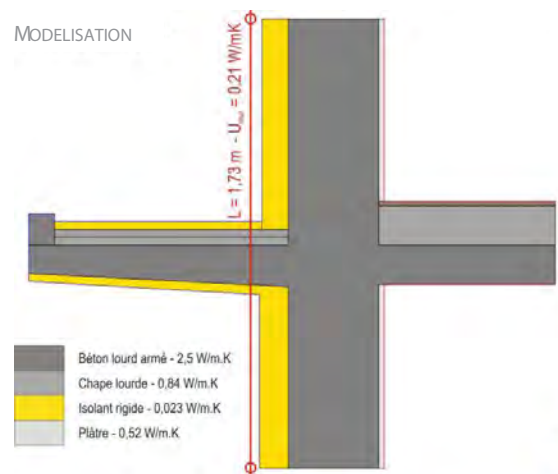
Source : Reloso



- Les pertes par ponts thermiques doivent impérativement être diminuées pour arriver à la performance « basse énergie ». Ces pertes représentaient déjà de l'ordre de 20 à 25 % des pertes par transmission de l'enveloppe dans la version PEB 2010.



- Les ponts thermiques en terrasse seront limités suivant les schémas ci-après. Il est constaté que le bénéfice d'un enrobage complet du balcon est relativement faible au vu des contraintes de mise en œuvre supplémentaires. Un bénéfice de 0,03 W/mK est réalisé ( $\psi_e = 0,45 \text{ W/mK}$  ou  $\psi_e = 0,42 \text{ W/mK}$ ).

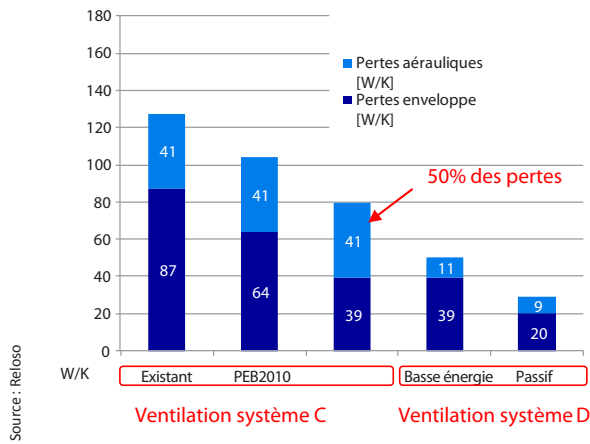


Source : Reloso

### ✕ Pertes par ventilation et infiltration

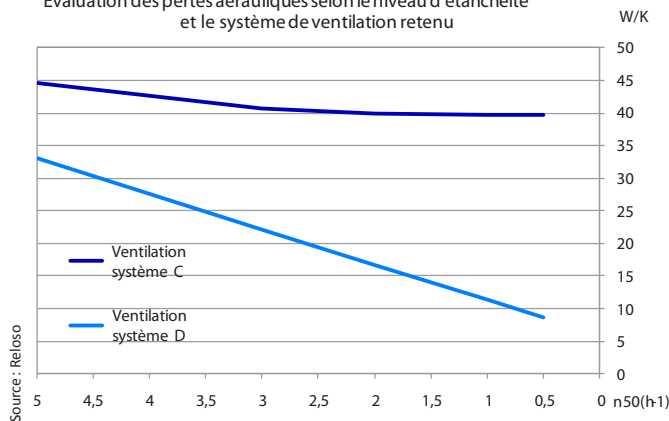
Si le bâtiment ou l'appartement est réisolé par l'extérieur et que le système de ventilation existant est conservé, les pertes par ventilation représenteront 50 % des pertes globales (voir tableau ci-dessous).

Evaluation des pertes



Pour atteindre les 60 kWh/m<sup>2</sup> en besoin de chauffe, il faudra donc placer une ventilation double flux à récupération de chaleur (système D) et assurer une étanchéité à l'air de l'appartement de 1h<sup>-1</sup> (voir tableau ci-dessous qui met en évidence l'importance de l'étanchéité à l'air par rapport au système retenu).

Evaluation des pertes aérauliques selon le niveau d'étanchéité et le système de ventilation retenu



### ✕ Dans la pratique

- la pulsion d'air neuf doit se faire dans le séjour et les chambres;
- l'air repris dans le séjour est extrait par la cuisine;
- l'air repris des chambres est extrait par le WC et la salle de bain via le hall de nuit.

#### Le placement du système implique dans tous les cas :

- de créer des ouvertures de transfert dans les portes intérieures ou de les détalonner, c.-à-d. de les raccourcir de 1 à 2 cm dans le bas;

- de mettre en œuvre des soffites ou des faux plafonds dans le hall de nuit et en cuisine pour permettre le placement des gaines de ventilation.

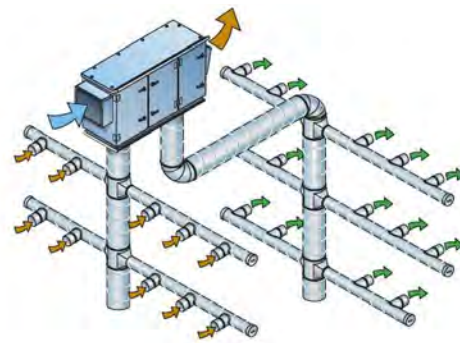
Les autres travaux dépendent du choix d'une installation centralisée ou décentralisée :

#### Installation centralisée

Cette option n'est possible qu'en cas de rénovation globale à l'échelle de l'immeuble, ou par groupes d'appartements superposés.

#### Elle nécessite :

- le placement d'un groupe de ventilation centralisé en toiture, un par ensemble d'appartements superposés.
- l'élargissement de la trémie verticale dans la cuisine avec adaptation du mobilier.
- la création d'une trémie verticale entre la salle de bain et la toilette, un placard devra être transformé en trémie.



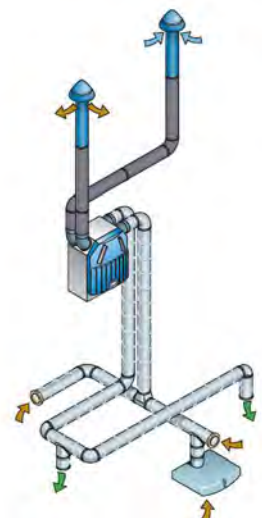
Source: Stork-air

#### Installation décentralisée

Permet un équipement appartement par appartement, mais nécessite l'aménagement de grilles de ventilations en façade pour chaque entité rénovée. La mise en œuvre d'un système de ventilation pour chaque appartement sera au final beaucoup plus onéreux qu'un système collectif.

#### Elle nécessite :

- le placement d'une unité de ventilation dans le placard entre la salle de bain et la toilette;
- le placement d'une prise et rejet d'air directement sur la façade Sud au niveau de la salle de bains.



Source: Stork-air

## × Bilan

Pour atteindre la performance énergétique la mise en place d'un système de ventilation double-flux à récupération de chaleur est nécessaire (le rendement du récupérateur étant au minimum de 85 %). L'intégration des réseaux de distribution devra être faite dès le début de la conception du projet car il aura une grande incidence sur les ragréages des finitions.

### En maintenance

Du point de vue de la maintenance, la centralisation des ventilateurs et éventuellement des récupérateurs de chaleur doit être privilégiée malgré une souplesse d'utilisation moindre.

La centralisation des ventilateurs est généralement beaucoup plus simple à mettre en œuvre techniquement, particulièrement en rénovation d'immeubles collectifs.

La centralisation facilite la maintenance et garantit l'entretien du récupérateur de chaleur (filtres, échangeur, etc.). Un récupérateur de chaleur mal entretenu aura un impact néfaste sur la qualité de l'air.

### En performance

Du point de vue énergétique, des unités de ventilation décentralisées doivent être privilégiées. Outre le gain thermique, le gain électrique (jusqu'à 70 %) est très important d'une part à cause d'une diminution des débits et d'autre part à cause d'une meilleure efficacité énergétique des unités de ventilation. Cependant un contrat d'entretien adapté ou l'implication des habitants est indispensable pour garantir la propreté des filtres et de l'échangeur et donc le bon fonctionnement de l'installation.

Une bonne sensibilisation des occupants à la problématique de la qualité de l'air est nécessaire. A défaut les grilles de ventilation risquent d'être obstruées par les locataires pour diverses raisons : croyance que les insectes peuvent rentrer par les bouches, que la pulsion refroidit l'appartement, etc.

## 1.10 Mise à jour thermique au standard passif (15 kWh/m<sup>2</sup>.an en besoin de chauffe)

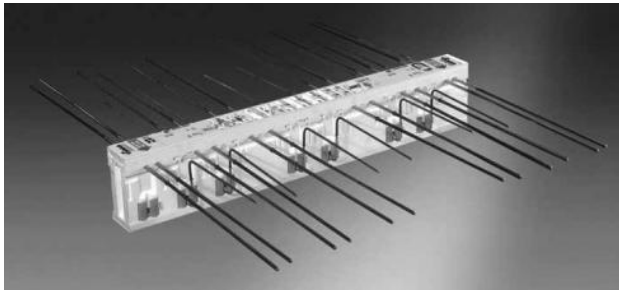
MISE À NIVEAU PASSIF À 15 KWH/M <sup>2</sup> .AN	
Surface de déperdition de l'enveloppe m <sup>2</sup>	267
Volume Protégé m <sup>3</sup>	219
K (PEB 2010)	/
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PAE	/
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PEB 2010	/
Besoin de chauffe kWh/m <sup>2</sup> .an par PHPP 2007	14,5
Surface brute en m <sup>2</sup>	76
Surface énergétique planchers PHPP en m <sup>2</sup>	64
U toiture en W/m <sup>2</sup> K	Mitoyen
U murs de façades en W/m <sup>2</sup> K	0,15
U châssis, U vitrage en W/m <sup>2</sup> K	0,7 - 0,6
U sol en W/m <sup>2</sup> K	Mitoyen
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 1 PEB 1

### × Pertes par transmission

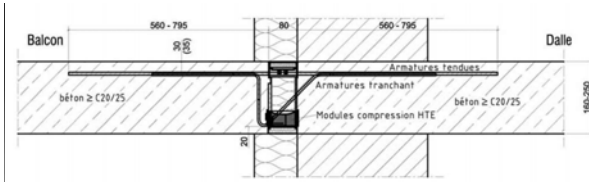
- Les châssis sont remplacés par des châssis triple vitrages. La valeur U des châssis sera de 0,7 W/m<sup>2</sup>.K et celle du vitrage de 0,6 W/m<sup>2</sup>.K
- L'étanchéité à l'air avec le gros-œuvre devra être particulièrement soignée, elle doit atteindre 0,6h<sup>-1</sup>.
- Les parois de l'enveloppe seront post-isolées par l'extérieur jusqu'à une valeur U = 0,15 W/m<sup>2</sup>.K soit l'application d'un isolant continu d'une épaisseur de +/-20 cm pour un λ de 0,035 W/m.K
- Aucun pont thermique ne peut normalement subsister.

Pour atteindre le standard passif, il est nécessaire soit de désolidariser le balcon de la façade (cas idéal), soit de l'ancrer dans la structure portante à l'aide d'un dispositif de rupture de pont thermique. Ces solutions sont cependant difficilement envisageables en rénovation à un coût raisonnable. Désolidariser le balcon de la façade permet de supprimer le pont thermique contrairement à un dispositif d'ancrage qui ne permet que de limiter celui-ci.

Un dispositif de coupure thermique (voir illustration) permet d'atteindre une valeur ψ qui varie entre 0,1 et 0,30 W/m.K selon le type de dispositif utilisé, la position de l'isolant dans le mur et selon le pouvoir isolant de la façade. Plus le mur est isolé, plus l'influence du pont thermique sera grande.



Source : Schöck Rutherma®



#### × Pertes par ventilation et infiltration

Les appareils de ventilation sont identiques à la mise à niveau basse énergie, l'étanchéité à l'air sera portée à  $0,6h^{-1}$ . La mise au standard passif permettrait de supprimer les radiateurs existants et de distribuer le peu de chaleur d'appoint encore nécessaire à travers le système de ventilation, qu'il soit centralisé ou décentralisé.

Dans la pratique, la régulation de la distribution de la chaleur par l'air de ventilation est assez difficile puisqu'il faut pouvoir tenir compte des apports solaires et des charges internes différentes dans chaque pièce. Le réseau de radiateurs existants restera en place, mais pourra être alimenté par de l'eau à très basse température ( $50^{\circ}C$ , voire moins) et ne servira réellement que quelques dizaines de jours par an.

#### × Bilan

Dans ce cas, le standard passif est très difficile, voire impossible à atteindre à un coût raisonnable. Le système constructif de l'immeuble en est principalement responsable. On pourra cependant atteindre des performances « très basse énergie » situées entre 20 et 30 kWh/m<sup>2</sup>.an en besoin de chauffe.





## MAISON CRUYT

LIEU : Bousval

TYPOLOGIE : Ferme, architecture vernaculaire

DATE DE CONSTRUCTION : 1403

DATE DE RENOVATION : 2007-2009

SURFACE CHAUFFEE : 543 m<sup>2</sup>

BESOIN DE CHAUFFAGE : 32 kWh/m<sup>2</sup>.an (PHPP)

MAÎTRE D'OUVRAGE : Sébastien Cruyt

ARCHITECTE : Synergy International  
Sébastien Cruyt

## 1. INTRODUCTION

### 1.1 CONTEXTE <sup>1</sup>

Bousval présente un habitat dispersé, héritage de la division du territoire en petites seigneuries. Le paysage, qui a été creusé par la Dyle et son principal affluent, la Cala, est très vallonné et diversifié. La ferme de la Baillerie a été le siège d'une des six seigneuries du village. La première mention de celle-ci date de 1413. La ferme se dresse sur un promontoire, face au château de Bousval.

En 2006, la ferme est mise en vente. Le site est en partie classé. Il nécessite de lourdes interventions d'entretien et de rénovation. Cinq personnes décident de s'associer pour acheter l'ensemble et s'y installer en copropriété. Pour des raisons d'ordre sanitaire et technique, certains bâtiments sont difficilement compatibles avec un usage agricole contemporain. Tout en maintenant une exploitation agricole dans les parties les plus propices, les acheteurs demandent de déroger à l'affectation de zone agricole pour implanter cinq logements unifamiliaux dans les autres bâtiments.

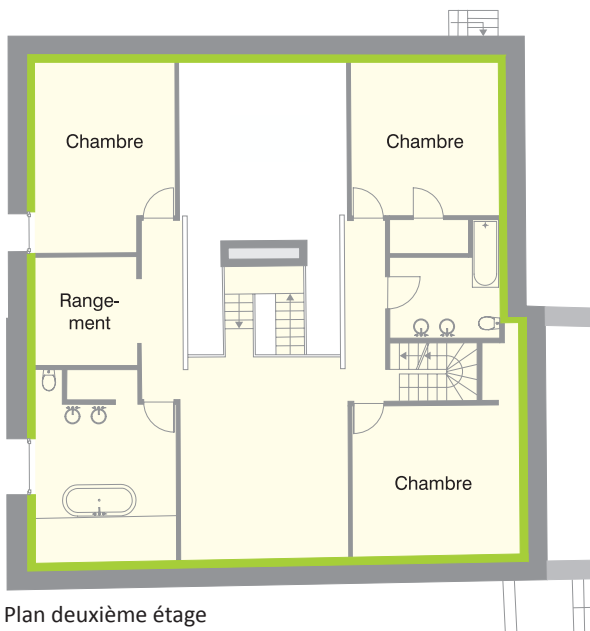
Le projet d'agriculture mis en place consiste en un élevage de chèvres et une fromagerie artisanale. L'exploitation se veut entièrement écologique et tente de respecter au maximum les équilibres naturels en produisant sur place les éléments nécessaires à l'alimentation des chèvres. Les logements tendent également vers ce principe en étant tous conçus pour être basse énergie.

Le bâtiment étudié ici (bâtiment A) est l'habitation d'un des copropriétaires, Sébastien Cruyt, et de sa famille. Sébastien Cruyt est ingénieur architecte chez Synergy International, un bureau travaillant dans l'esprit du développement durable depuis des années.

<sup>1</sup> Les maisons vernaculaires sont reprise comme typologie 4 au chapitre 4 analyse du bâti pp. 173-175



Bâtiment A avant rénovation.



Plan deuxième étage



Plan premier étage



Plan rez-de-chaussée

## 1.2 PROGRAMME

L'habitation unifamiliale est prévue pour Sébastien Cruyt, son épouse et leurs deux enfants. L'espace de vie se trouve au premier étage et la zone de nuit au deuxième étage. Le rez-de-chaussée est occupé par un espace d'atelier, un studio pour accueillir une fille au pair et un garage couvert.

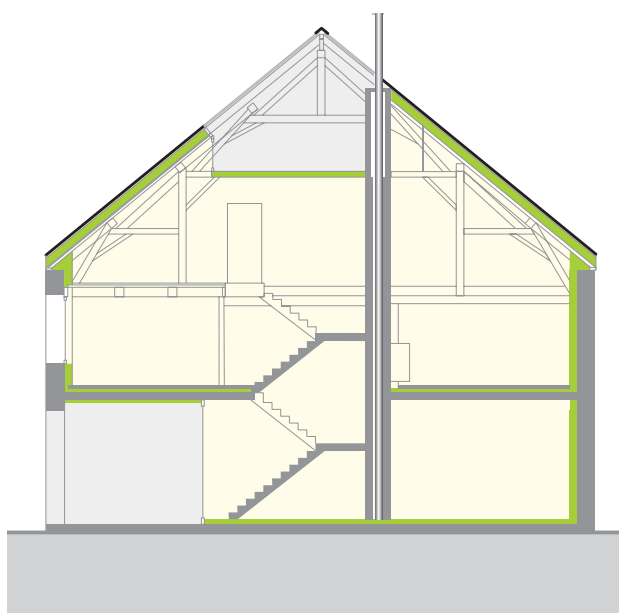
## 1.3 RESUME DE LA RENOVATION

- Rénovation de la toiture
- Isolation de l'enveloppe par l'intérieur
- Agrandissement et création de nouvelles baies + châssis double vitrage
- Ventilation double flux + échangeur de chaleur
- Poêle à bois
- Serre en toiture
- Panneaux solaires thermiques
- Panneaux solaires photovoltaïques
- Matériaux écologiques
- Récupération des eaux de pluie

## 1.4 ARCHITECTURE

Le projet respecte le site existant et profite du paysage qui l'entoure. Les volumes extérieurs des bâtiments ne sont pas modifiés afin de respecter la typologie de la cour qui donne son caractère au site.

Les interventions au niveau des baies donnant sur la cour restent sobres et suivent les proportions et le style des baies existantes. Les ouvertures vers la nature alentour sont plus franches. Il s'agit de grands vitrages d'une seule pièce dont le châssis est placé fortement en retrait de façon à exprimer des ouvertures brutes et sobres. Une terrasse est creusée dans le volume du premier étage, créant un lien supplémentaire avec l'extérieur.



Coupe transversale

0 1 2 3 4 5m

De l'intérieur, ces baies offrent de larges vues vers le paysage et un apport de lumière important. La serre située en toiture offre deux bandeaux de lumière naturelle au coeur de la maison.

La charpente et les poutres en bois existantes sont préservées et mises en valeur par l'architecture. Les nouvelles interventions tranchent avec le côté rustique de l'existant : chape de béton lissé au premier étage, mobilier industriel pour la cuisine, escalier central en béton avec garde-corps en métal, murs blancs, finitions nettes et sobres.

Le faux-plafond et les garde-corps opaques du deuxième

étage sont détachés et décalés au niveau du plan par rapport aux autres éléments constructifs. À certains endroits, la charpente est également désolidarisée des parois pleines. Ces écartements créent des espaces vides intéressants qui accentuent la relation entre les espaces, créent un jeu d'ombre et de lumière et donnent de la légèreté à l'ensemble.

À l'exception des chambres à coucher et des salles de bain, les espaces sont très ouverts. Le noyau central composé de l'escalier et d'une gaine technique crée à la fois une limite et un lien entre les différents espaces.





Rénovation de la toiture.



1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> étage - mise en place du nouveau plancher et des caissons où la cellulose sera insufflée.



Noyau central vu du rez-de-chaussée.



Terrasse au 1<sup>er</sup> étage, nouveau plancher au 2<sup>e</sup>.



Cellulose insufflée derrière les panneaux OSB.



Volume salle de bain au 2<sup>e</sup> étage.

## 2. CONSTRUCTION ET TECHNIQUES

### 2.1 STRUCTURE

Tous les éléments structurels existants ont été conservés : les murs extérieurs, le plancher à voussettes du premier étage et la structure métallique qui le soutient, ainsi que l'imposante charpente en bois portant la toiture.

La charpente a été renforcée à certains endroits où le bois avait été fortement attaqué. Plusieurs chevrons ont dû être remplacés et la structure de support de la couverture a entièrement été refaite.

De nouveaux murs en maçonnerie ont été construits autour du noyau central. Les planchers du deuxième étage et de la serre ont été créés à l'aide de nouvelles structures en bois. Des améliorations acoustiques ont été apportées à tous les planchers par une couche de 5 cm de sable tassé.

### 2.2 ENVELOPPE

✕ **Composition des parois et valeurs U (existant - neuf)**

Toiture

Tuiles terre cuite	3 cm
Lame d'air + lattage	6 cm
Panneaux fibres de bois bitumé	2 cm
Isolation flochage cellulose (+ structure bois)	31 cm
Panneaux isolation fibres de bois	3,5 cm
Panneaux fibres de bois bitumé	4 cm
<b>U = 0,14 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>49 cm</b>

Mur extérieur type

<b>Briques terre cuite</b>	<b>50 cm</b>
Isolation flochage cellulose (+ structure bois)	20 cm
Panneaux OSB	1,8 cm
Panneaux isolation fibres de bois	5 cm
Plaques fibro-plâtre	1,5 cm
<b>U = 0,21 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>78,3 cm</b>

Plancher entre 1<sup>er</sup> étage et garage non à l'abri du gel

Chape béton - finition résine	10 cm
Panneaux isolation mousse de polyuréthane	8 cm
<b>Béton</b>	<b>3 cm</b>
<b>Briques voussettes (entre poutrelles acier)</b>	<b>10 cm</b>
Panneaux isolation mousse de polyuréthane	10 cm
Plaque fibro-plâtre	1,5 cm
<b>U = 0,12 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>42,5 cm</b>

Plancher serre

Plancher	1,5 cm
Panneaux OSB	1,5 cm
Sable	4 cm
Plaques sapin	6 cm
Panneaux isolation mousse de polyuréthane (+ structure bois)	8 cm
Plaques fibro-plâtre	1,5 cm
<b>U = 0,38 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>21 cm</b>

### × Fenêtres

Toutes les fenêtres percées dans les murs extérieurs de la maison sont en bois mérantis. Les nouvelles fenêtres en toiture, à l'exception de la verrière de la serre, sont des Vélux bois - polyuréthane.

Les coefficients de transmission thermique U sont identiques pour les deux types de fenêtres :

- Châssis :  $U = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Double vitrage :  $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Valeur moyenne fenêtre :  $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$

### × Traitement des ponts thermiques

Tout a été mis en oeuvre pour isoler l'enveloppe de façon poussée et continue. Quelques ponts thermiques subsistent au niveau des appuis dans les murs extérieurs des poutres métalliques existantes soutenant le plancher du premier étage. L'isolation du plancher entre l'atelier et l'espace de vie du premier étage permet d'atténuer l'effet de ces ponts thermiques sur la zone chauffée.

Une attention particulière a également été apportée à l'isolation de la terrasse creusée dans le volume du bâtiment.

### × Etanchéité à l'air

Différentes mesures ont été prises pour rendre le bâtiment étanche à l'air. Les panneaux de fibres de bois bitumés placés du côté intérieur permettent de garantir l'étanchéité à l'air de la toiture. Au niveau des murs, les panneaux OSB agissent de la même façon. Les joints entre panneaux ont été rendus étanches grâce à des rubans adhésifs étanches. Les trous créés pour l'insufflation de la cellulose ont également été recouverts de patches adhésifs étanches.

Les fenêtres originellement mises en oeuvre dans les batées des murs épais de la maison ont été remplacées par de nouveaux châssis placés en retrait, à la jonction des anciens murs et des caissons remplis de cellulose formant l'isolation par l'intérieur. Les joints de raccord ont été étanchés à l'aide d'injections de mousse isolante.

Les fenêtres de toiture ont été placées vers l'extérieur. L'encadrement des fenêtres a été pourvu d'un freine-vapeur étanche à l'air à diffusion variable selon le taux d'humidité. Des bandes adhésives assurent la continuité de l'étanchéité entre les différents composants. Le test blower door n'a pas encore été réalisé mais le résultat estimé via le logiciel PHPP est de  $2 \text{ h}^{-1}$ . L'architecte estime qu'il y a encore des améliorations à faire à ce niveau-là.



Caissons isolants mis en place autour des poutres métalliques.



Injections de mousse isolante dans les joints entre les châssis et les murs.



Bandes adhésives étanches sur les joints des panneaux OSB et sur les trous d'insufflation.



Freine-vapeur et raccords étanches au niveau des encadrements des fenêtres de toiture



Bandes adhésives étanches sur les joints des panneaux OSB - couche de sable sur le plancher pour isolation acoustique.

## 2.3 STRATEGIES THERMIQUES

### ✕ Stratégie d'hiver

L'air de ventilation entrant est préchauffé dans un échangeur grâce à l'air sortant et à l'air chaud accumulé dans la serre. Pour les périodes plus froides, un poêle à bois situé au centre de la maison permet d'apporter l'appoint de chaleur nécessaire. L'air intérieur est chauffé en passant dans un conduit à l'arrière du poêle et est pulsé dans les pièces connexes au noyau central. La maçonnerie constituant la cheminée stocke également de la chaleur grâce à son inertie.

### ✕ Stratégie d'été

L'inertie des murs extérieurs massifs n'est plus accessible du fait de l'isolation par l'intérieur. Cependant, divers éléments lourds, comme le noyau central en bloc de terre cuite ou les dalles du rez-de-chaussée et du premier étage en béton, apportent une certaine inertie au bâtiment.

Les baies ne sont pas munies de protections solaires mais la position du châssis en retrait par rapport aux façades crée déjà un masque. De plus, les grandes baies sont orientées Nord-Nord-Est et Est-Sud-Est et ne reçoivent donc pas de rayonnement solaire trop important. Un film de protection extérieur est prévu sur les fenêtres de toiture.

En période de surchauffe, la serre peut être ouverte, soit en permanence, soit uniquement la nuit, afin de réaliser une ventilation intensive. Si la serre est fermée en journée, le tirage thermique est renforcé par la différence de température entre la serre et le reste du bâtiment. L'évacuation de chaleur en soirée se fait alors plus rapidement.



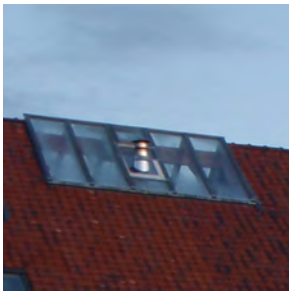
Poêle à bois installé dans la trémie centrale.



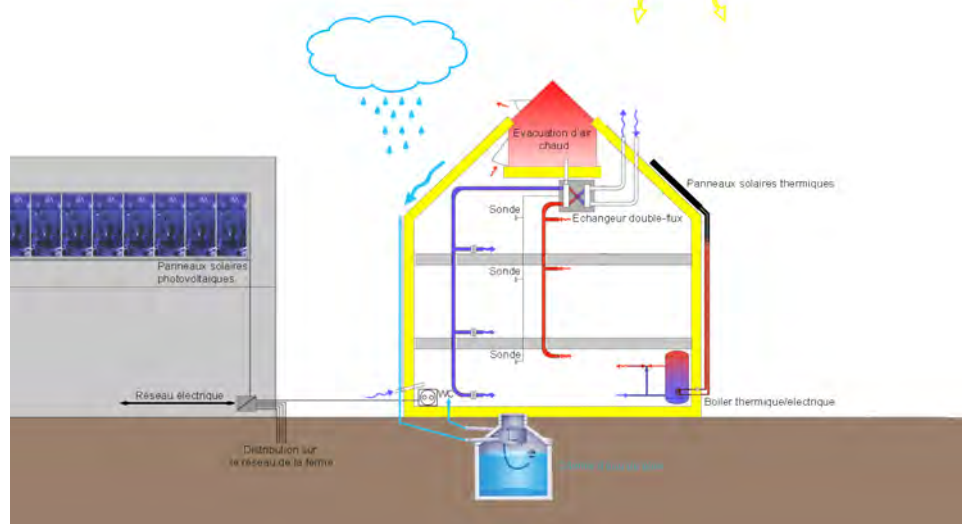
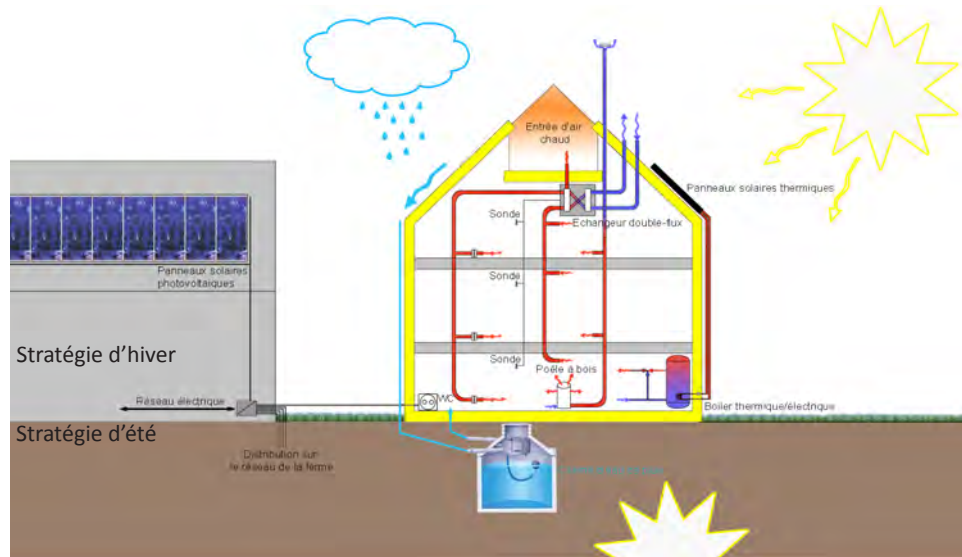
Bouches d'arrivée d'air chauffé par le poêle à l'arrière de la trémie centrale.



Poêle à bois dans le séjour.



Serre en toiture pour capter la chaleur en hiver et rafraîchir la maison en été par tirage thermique. La serre est séparée de l'ambiance intérieure par du double vitrage.



## 2.4 ENERGIE

### × Ventilation

L'air capté à l'extérieur passe dans un échangeur à plaques avant d'être pulsé dans le bâtiment. En hiver, l'air neuf est préchauffé par l'air extrait et par l'air chaud capté dans la serre. Une batterie de chauffe située à la sortie de l'échangeur permet d'apporter un appoint de chaleur si nécessaire. En été l'air neuf est refroidi par l'air extrait. Pendant la nuit, la serre est ouverte afin de créer une ventilation intensive et la ventilation mécanique contrôlée (VMC) est coupée.

Le rendement thermique de l'échangeur installé est de 91 %. Le débit d'air pulsé est de 410 m<sup>3</sup>/h à vitesse 7. Une régulation peut être programmée (8 vitesses) de façon hebdomadaire et/ou selon des sondes vérifiant le taux de CO<sub>2</sub> et les conditions hygrométriques intérieures.

### × Chauffage

Le bâtiment étant fortement isolé, l'air hygiénique réchauffé apporté pour la ventilation suffit pratiquement à maintenir une température confortable dans le bâtiment.

Pour les périodes plus froides, un poêle à bois a été installé au rez-de-chaussée, au centre de l'habitation. Il permet de chauffer le bâtiment par rayonnement mais aussi par convection en pulsant l'air chauffé dans les pièces connexes à la trémie. Un poêle à bois est également prévu dans le séjour pour chauffer l'espace de vie et y apporter une ambiance chaleureuse.

### × Eau chaude sanitaire

7 m<sup>2</sup> de capteurs solaires thermiques plans ont été installés sur le pan de toiture orienté Est-Sud-Est. L'eau chaude sanitaire est chauffée et stockée dans un chauffe-eau solaire de 500 litres avec résistance électrique d'appoint. La température de l'eau via l'appoint est plafonnée à 60°C mais elle peut monter jusqu'à 85°C dans le bas du ballon et 90°C dans le haut via les panneaux solaires.

### × Electricité

42 m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques ont été placés sur la toiture, orientée Sud, de la ferme voisine (bâtiment E). L'électricité produite est principalement utilisée par la ferme. L'habitation étudiée ici profite aussi de cette production d'électricité ; l'excédent est renvoyé sur le réseau.

## 2.5 COÛTS DES TRAVAUX

Le montant total des travaux de rénovation s'élève à 257 028 €, hors tva et architecte et hors peinture et ferronnerie, soit 439,60 € par m<sup>2</sup> en considérant une surface de 586 m<sup>2</sup> répartie comme tel : 372 m<sup>2</sup> de surface habitable, 83 m<sup>2</sup> de surface d'atelier, 40 m<sup>2</sup> de surface de garage et 91 m<sup>2</sup> de surface de serre et grenier.

Le prix est relativement bas car l'architecte s'est occupé lui-même d'une partie des travaux. D'autre part les surfaces non habitables (atelier, garage, serre et grenier) présentent un niveau de finition moins poussé.

## 3. ENVIRONNEMENT

### 3.1 EAU

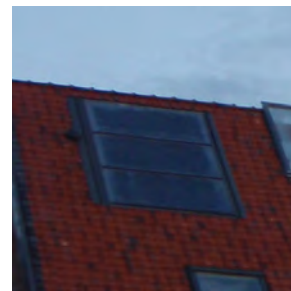
Une citerne d'eau de pluie en béton a été mise en place dans le jardin. L'eau récupérée est destinée à un usage extérieur uniquement.

### 3.2 MATERIAUX ET PROCÉDES CONSTRUCTIFS

L'architecte a été assez attentif au choix des matériaux utilisés. Tous les éléments en bois sont labellisés FSC. La plupart des isolants sont écologiques : de la cellulose insufflée et des panneaux de fibres de bois ont été utilisés pour les murs et la toiture.



Echangeur et caisson de répartition du système de ventilation hygiénique.



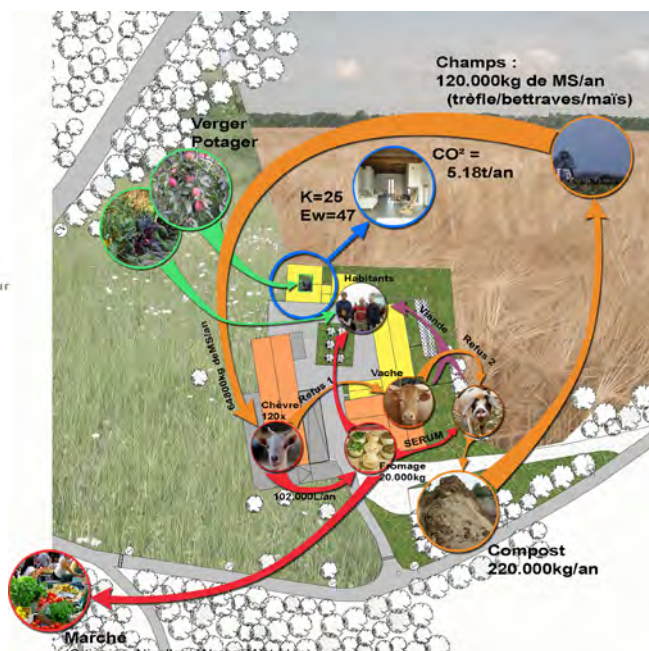
Panneaux solaires thermiques en toiture.



Chauffe-eau solaire - 500 l.



Citerne d'eau de pluie.



Seuls les planchers ont été isolés à l'aide de produits provenant de l'industrie de la pétrochimie. Cependant, l'utilisation d'une couche de sable pour l'isolation acoustique de ceux-ci est totalement neutre au niveau de l'impact environnemental.

L'utilisation du béton pour les chapes et l'escalier et des briques de terre-cuite pour le noyau central est moins intéressante au niveau écologique mais ces matériaux permettent d'apporter la masse nécessaire pour donner une certaine inertie au bâtiment. Les blocs de terre cuite auraient pu être remplacés par des blocs de béton lourds. Ceux-ci ont moins d'impact sur l'environnement (énergie grise et émissions de CO<sub>2</sub>) et offrent une plus grande inertie.

La mise en place d'une résine époxy en finition de la chape béton peut également être remise en question vu que celle-ci empêche le recyclage du béton en fin de vie du bâtiment. Les fenêtres de toiture bois-polyuréthane auraient pu être remplacées par des modèles en bois. Malgré ces quelques améliorations qui auraient pu être intégrées, ce projet a un impact nettement moindre sur l'environnement que si seuls des matériaux plus « traditionnels » avaient été mis en oeuvre.

### 3.3 MOBILITE

Bien que la ferme de la Baillerie soit entourée de nature, il existe plusieurs possibilités de transports en commun à proximité. Une ligne de bus relie Nivelles à Ottignies en passant par Bousval. À 800 m de la ferme, se trouve également la gare de La Roche du futur RER.

La situation de l'habitat rend tout de même l'usage de la voiture pratiquement indispensable.

La proximité des axes permettant de rejoindre les grandes villes est un avantage pour la distribution dans différents marchés des produits agricoles de la ferme.

### 3.4 BIODIVERSITE

Ce projet ne dénature pas le site mais le respecte et le met en valeur. La même démarche est opérée envers le paysage naturel.

Les occupants du bâtiment étudié ici ont prévu de faire un potager dans leur jardin.

De façon plus globale, tous les copropriétaires sont attentifs au développement durable et tentent de préserver les équilibres naturels.

Aussi, la coopérative agricole mise en place produit-elle sur place les aliments destinés aux chèvres. Les terres sont cultivées en mettant en oeuvre des procédés consommant peu d'énergie et les sols sont fertilisés de manière organique et raisonnée.

Tous ces choix permettent de préserver, voire de favoriser la biodiversité dans les environs.

## 4. VEGU

### 4.1 CONFORT THERMIQUE

Les habitants ayant emménagé en avril 2009, toutes les conditions climatiques n'ont pas encore été vécues dans la maison. Jusque-là, les occupants semblent satisfaits du confort intérieur.

En été, les températures intérieures n'ont pas dépassé les 25°C. L'inertie du noyau central a donc joué son rôle. La ventilation naturelle verticale centrale fonctionne très bien. Les différences de pressions entre la serre et l'entrée sont importantes et s'accroissent davantage grâce à la différence de température entre la serre et le reste du bâtiment, favorisant un tirage thermique efficace.

Par temps plus froid, le bâtiment reste, sans allumer le poêle, au-dessus des 18-19°C tant que la température extérieure est supérieure à 3-4°C. Lorsque la température

descend en dessous des 0° pendant la nuit, la température intérieure le matin suivant, sans allumer le poêle, est de 15-16°C. Le poêle apporte sans problème l'appoint de chaleur si nécessaire.

La serre permet réellement de récupérer de la chaleur mais offre surtout une ambiance lumineuse de grande qualité à la maison.

De même, les grands volumes intérieurs et les larges baies conçues comme des cadrages sur le paysage participent grandement à la qualité du confort intérieur.

#### 4.2 UTILISATION

Aucun système de mécanisation complexe n'a été mis en place dans ce projet. Les fenêtres doivent être ouvertes et fermées manuellement et la ventilation double flux doit être réglée en fonction. La gestion du poêle et de la serre nécessite également des manipulations simples.

Ces paramètres exigent certaines connaissances des occupants au niveau de la gestion thermique du bâtiment. L'architecte étant très intéressé par ces concepts, cela ne pose pas de problème. Au contraire, il voit là l'occasion de faire participer toute la famille et de développer de nouveaux réflexes durables chez chacun.

#### 4.3 GESTION ET MAINTENANCE

Le bâtiment ne dispose pas de technologies très sophistiquées. A priori, la maintenance devrait donc s'avérer également assez légère. Seul le système de ventilation demande un contrôle et un entretien régulier.

#### 4.4 CONSOMMATIONS

Les occupants n'ayant emménagé que depuis avril 2009, ils ne disposent pas encore de chiffres représentatifs au niveau des consommations. Cependant, à l'aide du logiciel PHPP, certaines estimations ont pu être faites.

- Volume chauffé : 1 732 m<sup>3</sup>
- Surface de déperditions : 840 m<sup>2</sup>
- Compacité : 2,1
- Surface de plancher chauffée : 543 m<sup>2</sup>

BESOINS SELON PHPP	kWh/m <sup>2</sup> an	kWh/an
Chauffage	32	17 376
Energie primaire	51	27 693





## 5. CONCLUSIONS

Ce projet est le fruit d'un architecte passionné et expérimenté dans le domaine de l'architecture durable. Cette rénovation nous montre qu'il n'est pas nécessaire de mettre en place des systèmes techniques très poussés pour faire des économies d'énergie.

Une conception judicieuse est la base de la réussite d'un projet. Sébastien Cruyt a imaginé des concepts porteurs : la serre en toiture, le noyau central qui apporte de l'inertie et distribue la chaleur, ... Le résultat est intéressant, tant au niveau énergétique qu'au niveau architectural.

L'architecte n'a pas eu peur d'aller à l'encontre de certains principes souvent mis en avant par l'architecture passive.

Il a notamment pris le parti de créer de grands espaces reliés entre eux. Ces grands volumes sont plus difficiles à gérer au niveau thermique mais, pour le moment, les occupants sont tout à fait satisfaits du confort intérieur et la qualité des espaces et des ambiances générées est irréfutable.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Source information projet : Sébastien Cruyt, Synergy International.

Auteurs photos : Sébastien Cruyt, Aline Branders.



## MAISON DE NYS

LIEU : Schaerbeek

TYPOLOGIE : Maison urbaine mitoyenne

DATE DE CONSTRUCTION : 1888

DATE DE RENOVATION : 2008 - 2009

SURFACE CHAUFFEE : 239 m<sup>2</sup>

BESOIN DE CHAUFFAGE : 32 kWh/m<sup>2</sup>.an (PHPP)

MAÎTRE D'OUVRAGE : Ann De Nys  
et Stéphane Filleul

BUREAU D'ETUDES : EcoRce

## 1. INTRODUCTION

### 1.1 CONTEXTE <sup>1</sup>

En 2007, Ann De Nys et Stéphane Filleul achètent une maison mitoyenne bourgeoise typique à Bruxelles. Le bâtiment n'étant pas en très bon état, ils décident de le rénover.

Dès le début, leur objectif principal est d'isoler convenablement la maison, tout en utilisant en priorité des matériaux écologiques.

Après avoir déjà réfléchi aux principales interventions à réaliser, Ann de Nys et Stéphane Filleul découvrent l'existence d'une prime pour les rénovations basse énergie à Bruxelles.

Ils font appel à un bureau d'études afin d'évaluer si leur projet arrive jusqu'au standard basse énergie fixé pour obtenir cette prime. Le besoin de chauffage est estimé à l'aide du logiciel PHPP à 45 kWh/m<sup>2</sup>.an, soit déjà largement en dessous des 60 kWh/m<sup>2</sup>.an fixés pour obtenir la prime.

Suite à cela, les maîtres de l'ouvrage tentent encore de diminuer au maximum le besoin de chauffage et arrivent finalement à 32 kWh/m<sup>2</sup>.an.

En plus de cette prime basse énergie, ils sont également récompensés par Bruxelles Environnement dans le cadre du concours des bâtiments exemplaires à Bruxelles.

Le grand intérêt de ce projet relève du fait que la typologie du bâtiment d'origine est très répandue dans les villes belges et que la plupart des travaux peuvent donc être facilement adaptés à d'autres maisons.

<sup>1</sup> Les maisons urbaines mitoyennes et semi-mitoyennes sont reprise comme typologie 2 au chapitre 4 analyse du bâti pp. 173-175



Situation : Schaerbeek.



Façade avant et arrière avant rénovation.

## 1.2 PROGRAMME

Actuellement, la maison est habitée par Ann De Nys, Stéphane Filleul et leur enfant. Elle peut encore accueillir plusieurs occupants puisqu'elle dispose de six chambres. D'autre part, les maîtres d'ouvrage envisagent la possibilité de diviser le bâtiment en deux habitations unifamiliales. À cet effet, des sanitaires supplémentaires ont été prévus.



Coupe transversale

0 1 2 3 4 5m

## 1.3 RESUME DE LA RENOVATION

- Isolation des toitures
- Isolation ponctuelle de la façade à rue par l'intérieur
- Isolation de la façade arrière par l'extérieur
- Isolation du plafond de la cave
- Remplacement des châssis par du double et du triple vitrage
- Ventilation double flux + échangeur de chaleur
- Chaudière gaz à condensation + radiateurs
- Panneaux solaires thermiques
- Matériaux écologiques
- Récupération des eaux de pluie
- Toiture verte

## 1.4 ARCHITECTURE

Les travaux ciblent principalement la performance énergétique du bâtiment. Les maîtres de l'ouvrage n'ont pas fait appel à un architecte.

Le caractère et les qualités de l'architecture existante sont préservés. Deux petits blocs sanitaires construits à postériori à l'arrière ont été démolis, redonnant au bâtiment sa

volumétrie initiale. Les baies n'ont pas été modifiées. À l'intérieur, de nombreux éléments existants, comme les planchers en bois, le carrelage, l'escalier, les portes, les moulures, etc. , ont été conservés et mis en valeur. La cuisine et les salles de bain ont entièrement été refaites.



Séjour, cuisine et salle de bain rénovés.





Toiture à versants : pose de la sous-toiture et du freine-vapeur. La cellulose doit encore être insufflée.



Toiture plate : pose du freine-vapeur et de l'isolation.

## 2. CONSTRUCTION ET TECHNIQUES

### 2.1 STRUCTURE

Aucune intervention n'a été réalisée au niveau de la structure du bâtiment.

### 2.2 ENVELOPPE

✕ **Composition des parois et valeurs U (existant - neuf)**

Toiture à versants

Tuiles terre cuite	2 cm
Lame d'air + lattage	4 cm
Panneaux fibres de bois avec paraffine	2,2 cm
Isolation flochage cellulose (+ structure bois)	18 cm
Freine-vapeur intelligent	0,1 cm
Plaques fibro-plâtre	1,3 cm
U = 0,24 W/m <sup>2</sup> K	27,6 cm

Les chevrons existants ont une hauteur de 8,5 cm. Des planches y ont été fixées afin d'augmenter la hauteur des caissons et de pouvoir y insuffler une quantité plus importante d'isolant.

Toitures plates

Toiture terrasse / toiture verte	
Étanchéité thermoplastique	1 cm
Planches de bois	2,2 cm
Isolation matelas fibres de bois (+ structure bois)	15 cm
Freine-vapeur intelligent	0,1 cm
Planches bois	2 cm
Enduit plâtre	2 cm
U = 0,31 W/m <sup>2</sup> K	22 cm

Façades

La maison se trouvant sur une zone d'intérêt culturel, historique ou esthétique, la façade à rue ne peut pas être isolée par l'extérieur.

Les maîtres de l'ouvrage souhaitant préserver les moulures des plafonds, ils ont décidé d'isoler seulement certaines parties de la façade avant.

La façade arrière va être isolée dans son entièreté par l'extérieur.

(Voir schémas ci-contre : façade avant et arrière).

Façade avant : parties non isolées (rez / étages)

Briques terre cuite	49 / 32 cm
Enduit plâtre	2 cm
U = 1,50 / 2,00 W/m <sup>2</sup> K	51 / 34 cm

Façade avant : parties isolées

Briques terre cuite	49 / 32 cm
Panneaux isolation fibres de bois	8 cm
Plaques plâtre	1 cm
U = 0,39 / 0,42 W/m <sup>2</sup> K	58 / 41 cm



Façade arrière et murs mitoyens en relation avec l'air extérieur

Crépi	2 cm
Panneaux isolation polystyrène expansé	10 cm
Briques terre cuite	33 cm
Enduit plâtre	2 cm
U = 0,33 W/m <sup>2</sup> K	47 cm

Plancher rez-de-chaussée sur cave - gîtage

Plancher bois	2 cm
Isolation flocage cellulose (+ structure bois)	18 cm
Planches bois	2 cm
Enduit plâtre	1 cm
U = 0,24 W/m <sup>2</sup> K	23 cm

Plancher rez-de-chaussée sur cave - voussettes

Carrelage	1,5 cm
Chape	6 cm
Briques voussettes (entre poutrelles acier)	15 cm
Isolation flocage cellulose (+ structure bois)	18 cm
Panneaux fibres de bois ac paraffine	2,2 cm
U = 0,18 W/m <sup>2</sup> K	42,7 cm

#### × Fenêtres

Les fenêtres de la façade avant ont été refaites à l'identique. Les châssis sont en chêne local avec triple vitrage. Le coefficient de transmission thermique moyen des fenêtres est de 1,36 W/m<sup>2</sup>K.

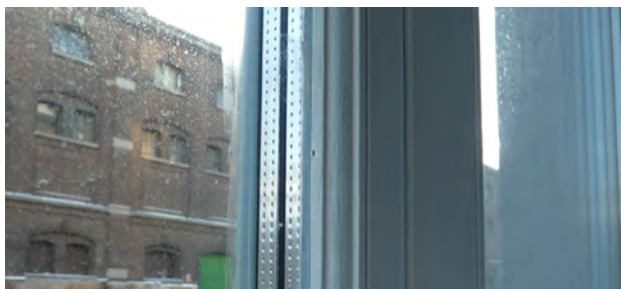
- Châssis : U = 1,6 W/m<sup>2</sup>K
- Triple vitrage : U = 0,8 W/m<sup>2</sup>K

Le facteur solaire « g » du vitrage est de 0,49, ce qui permet de limiter les gains solaires et d'éviter les surchauffes. La porte-fenêtre de la salle à manger est constituée d'un châssis aluminium (U = 2,6 W/m<sup>2</sup>K) avec double vitrage (U = 1,1 W/m<sup>2</sup>K).

Les fenêtres de toitures sont en pin avec du double vitrage (U châssis = 1,6 W/m<sup>2</sup>K, U vitrage = 1,1 W/m<sup>2</sup>K).

Le placement de châssis plus performants permet de diminuer fortement les déperditions thermiques. Toutefois, on constate que les fenêtres restent la cause de près de 50 % des pertes de chaleur de la maison.

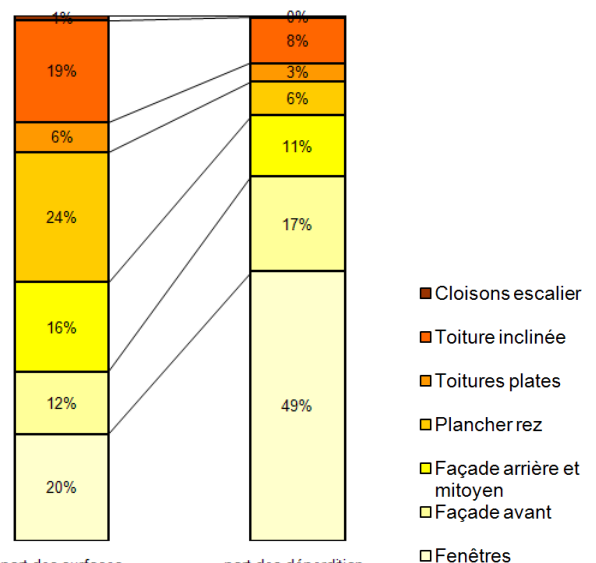
Avec des châssis encore plus performants (U = 1,1 au lieu de 1,6 W/m<sup>2</sup>K), les déperditions auraient pu être davantage diminuées et le besoin de chauffage en aurait été réduit. Cependant, les maîtres de l'ouvrage ont trouvé le prix de ces châssis excessif.



Châssis en chêne avec triple vitrage.



Isolation et finition des allèges de la façade à rue.



Surfaces et déperditions estimées après rénovation.



Remplissage des caissons à volets par de l'isolant.



Bandes d'étanchéité autour des châssis. Raccord à l'isolant intérieur ou au plafonnage.



Etanchéité à l'air des baies et de la toiture.

### ✘ Traitement des ponts thermiques

Différentes actions ont été entreprises pour éviter les ponts thermiques :

- Démolition des cheminées,
- Remplacement des seuils de fenêtre en pierre par des plaques minces en aluminium,
- Remplissage des caissons à volets et des trous de bou-lins par de l'isolant,
- Placement d'un isolant afin de créer une coupure ther-mique entre le plancher de la salle à manger et le seuil donnant accès à la terrasse,
- Rénovation de la porte d'entrée avec joint d'étanchéi-té,
- Retour de l'isolation extérieure de la façade arrière sur les joues des baies jusqu'au châssis,
- Raccordement de l'isolation extérieure de la façade ar-rrière à l'isolation des toitures,
- Isolation des raccords entre la véranda et le toit plat et entre la véranda et la façade arrière.

Ces interventions permettent d'apporter des améliorations à divers points faibles de l'isolation de l'enveloppe. Au niveau de la façade avant, l'isolation n'est pas du tout continue puisque seules des petites parties de celle-ci ont été isolées par l'intérieur. Cependant, l'absence d'isolation n'étant pas ciblée sur des points précis, il ne devrait pas y avoir de problèmes de condensation importants.

### ✘ Etanchéité à l'air

Différentes mesures ont été prises pour améliorer l'étan-chéité à l'air du bâtiment.

Un freine-vapeur intelligent a été placé du côté intérieur de chaque toiture. La façade arrière et les parties isolées de la façade avant sont recouvertes du côté intérieur d'un enduit en plâtre garantissant l'étanchéité à l'air des murs. L'étanchéité au niveau des fenêtres a été soignée. Un joint étanche a été ajouté au niveau de la porte d'entrée.

Pour l'étude PHPP, la valeur standard d'étanchéité à l'air de 7,8 h<sup>-1</sup> a été encodée. Cependant, grâce aux précau-tions mises en place, l'étanchéité à l'air réelle du bâtiment devrait être inférieure.

## 2.3 STRATEGIES THERMIQUES

### ✘ Stratégie d'hiver

L'air de ventilation entrant est préchauffé dans un échan-geur grâce à l'air sortant.

Les besoins de chaleur résiduels sont fournis par une chaudière gaz à condensation. Des radiateurs surdimen-sionnés fonctionnant à basse température permettent de distribuer la chaleur produite.

Un poêle à bois apporte un petit complément de chaleur dans le séjour.

### ✘ Stratégie d'été

La maison offre une inertie assez importante grâce aux différents murs en briques qui la composent. Seule une

partie de ces murs n'est plus accessible de par l'isolation par l'intérieur.

Les baies les plus grandes sont situées dans la façade arrière. Celle-ci étant orientée Nord Nord-Ouest, le risque de surchauffe est limité. La façade avant est orientée Sud Sud-Est et reçoit donc davantage de rayonnement solaire. Les bâtiments de l'autre côté de la rue créent toutefois un masque solaire, au moins pour les fenêtres du rez-de-chaussée. Des films protecteurs ont été placés sur toutes les fenêtres de toiture.

En cas de surchauffe, une ventilation intensive transversale peut être réalisée la nuit en ouvrant les fenêtres de part et d'autre de la maison.

## 2.4 ENERGIE

### ✕ Ventilation

Un appareil de ventilation mécanique contrôlée (VMC) double flux a été installé. L'air neuf est pulsé dans les séjours et les chambres et l'air vicié est extrait dans les sanitaires, les cuisines et le grenier. L'air frais et sec venant de l'extérieur est réchauffé en croisant l'air extrait humide et chaud dans un échangeur.

Les tuyaux ont tous été placés dans trois cheminées existantes. Les canalisations d'arrivée d'air frais et les extractions ont été isolées avec de la vermiculite. Les tuyaux situés dans la cheminée côté rue passent le long du poêle à bois du salon. L'air récupère ainsi une partie de la chaleur avant d'être pulsé dans les chambres. Les bouches de pulsion situées sur cette cheminée sont orientées vers les parties non isolées de la façade à rue.

Le débit moyen d'air pulsé est de 225 m<sup>3</sup>/h pour l'ensemble de la maison qui a un volume de 795 m<sup>3</sup>.

En été, un by-pass permet de ne plus utiliser l'échangeur de chaleur et de pulser directement l'air frais.

### ✕ Chauffage

Une nouvelle chaudière gaz à condensation, d'une puissance calorifique nominale allant de 3,5 à 17,2 kW, a été installée. Les anciens radiateurs ont été préservés et deux nouveaux radiateurs ont été ajoutés dans la cuisine et dans la salle de bain.

La chaudière peut fonctionner à basse température vu que les anciens radiateurs sont surdimensionnés par rapport aux besoins de chauffage après rénovation.

La régulation du système est réalisée à l'aide d'un thermostat, d'une sonde de température extérieure et des vannes thermostatiques présentes sur les radiateurs. Cette optimisation des températures garantit un confort optimal tout en réduisant les pertes, celles-ci étant moins importantes à plus faible température.

Un poêle à bois d'agrément a aussi été installé dans le séjour.



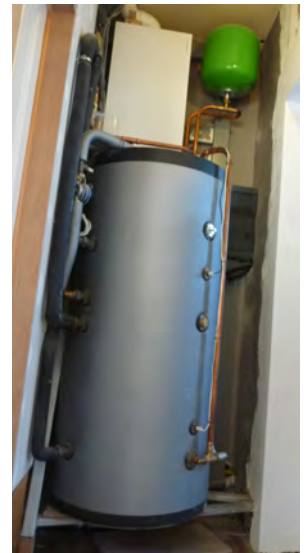
Tuyaux de ventilation dans les cheminées.



Poêle à bois dans le séjour.



Arrivée d'air hygiénique (bouche de pulsion à placer).



Chaudière et ballon d'eau chaude sanitaire.



Panneaux solaires thermiques.

### ✕ Eau chaude sanitaire

5,4 m<sup>2</sup> de panneaux solaires thermiques ont été placés en toiture. Un ballon de 300 litres a été installé. Dans le bas du ballon, un serpentin transmet la chaleur captée par les ballons solaires. Dans le haut du ballon, un serpentin venant de la chaudière fournit un appoint de chaleur si la température de consigne n'est pas atteinte.

En été, lorsque la chaudière est éteinte, une résistance électrique prend en charge cet appoint de chaleur.

### ✕ Electricité

La surface du pan de toiture orienté au Sud étant assez faible, les maîtres de l'ouvrage n'ont pas voulu placer de panneaux photovoltaïques. Par contre, ils ont choisi un fournisseur d'électricité 100 % verte.

## 2.5 COÛTS DES TRAVAUX

Le montant total des travaux de rénovation, hors tva et bureau d'étude, s'élève à 145 200 €. La maison disposant d'une surface de 239 m<sup>2</sup>, cela revient environ à 608 €/m<sup>2</sup>. Les maîtres de l'ouvrage ayant réalisé eux-mêmes beaucoup de travaux, les coûts ont pu être nettement réduits. De plus, le prix final sera encore diminué grâce à la prime rénovation basse énergie de Bruxelles Environnement et à la récompense attribuée par le même organisme dans le cadre du concours des bâtiments exemplaires à Bruxelles.

## 3. ENVIRONNEMENT

### 3.1 EAU

Une citerne de 8000 litres était déjà présente lorsque les maîtres de l'ouvrage ont acheté la maison. Tout l'intérieur de celle-ci était enduit de goudron. Les propriétaires sont en train d'enlever cette couche et souhaitent ensuite recimenter la citerne.

Cette citerne permet de récupérer les eaux de toutes les toitures. Celles-ci sont filtrées et utilisées pour les toilettes et le lave-linge. Un robinet est également prévu dans la cuisine et dans chaque salle de bain afin de pouvoir également utiliser l'eau récupérée pour le nettoyage des sols.

### 3.2 MATERIAUX ET PROCÉDES CONSTRUCTIFS

Les maîtres de l'ouvrage ont été assez attentifs au choix des matériaux utilisés. La plupart des matériaux mis en oeuvre sont d'origine naturelle, renouvelables, sains et/ou avec un faible écobilan : cellulose, matériaux dérivés du bois avec colles (et imperméabilisant) écologiques, châssis en bois, linoléum, peintures naturelles, ...

### 3.3 MOBILITE

La maison est située à Schaerbeek, près du centre de Bruxelles. De nombreux commerces et services existent à proximité immédiate et le quartier est desservi par plusieurs transports en commun (tram et bus).

Les propriétaires se déplacent essentiellement en vélo et en transports en commun. Des crochets vont être prévus dans le hall d'entrée afin de pouvoir ranger facilement les vélos à l'abri. La famille dispose d'une voiture mais pense peut-être s'en séparer un jour et utiliser à la place un système de voitures partagées.

### 3.4 BIODIVERSITE

Une toiture verte extensive va être réalisée sur la toiture plate de la salle de bain à l'arrière de la maison. Dans leur jardin, Ann De Nys et Stéphane Filleul souhaitent planter uniquement des espèces locales. Ils pensent également créer un potager et un compost.

## 4. VECU

### 4.1 CONFORT THERMIQUE

Les occupants ne peuvent pas encore juger des qualités thermiques de leur maison rénovée avec un recul suffisant. D'après les calculs effectués à l'aide du logiciel PHPP, on constate toutefois que les besoins de chauffage seront faibles et qu'il ne devrait pas y avoir de surchauffe.

### 4.2 GESTION ET MAINTENANCE

Le bâtiment ne disposant pas de technologies très sophistiquées, la maintenance devrait s'avérer légère. Les filtres du système de ventilation doivent être nettoyés régulièrement et les occupants doivent faire basculer le système en mode by-pass en été.

### 4.3 CONSOMMATIONS

Les consommations de la maison après rénovation ne sont pas encore connues.

À l'aide du logiciel PHPP, certaines estimations ont pu être réalisées.

- Volume chauffé : 795 m<sup>3</sup>
- Surface de déperditions : 373 m<sup>2</sup>
- Compacité : 2,13
- Surface de plancher chauffée : 239,2 m<sup>2</sup>

BESOINS SELON PHPP	kWh/m <sup>2</sup> an	kWh/an
Chauffage	32	7 654
Energie primaire	71	16 983

## 5. CONCLUSIONS

Ce type de maison est très répandu dans de nombreuses villes belges. Les façades sont souvent classées, ce qui réduit les possibilités au niveau des travaux de rénovation. De nombreux ponts thermiques existent : au niveau des seuils de fenêtres, des linteaux, des caissons à volets, des balcons, etc. Les baies sont parfois cintrées et les châssis plus difficiles à reproduire à l'identique. Le réseau de tuyaux de ventilation est parfois difficile à intégrer au bâtiment existant.

Il est intéressant de constater que, malgré ces divers points critiques auxquels il n'est pas toujours possible d'apporter une solution juste, la performance énergétique de ce type de maison peut être très fortement améliorée (besoin de chauffe divisé par 3 ou 4).

Par ailleurs, ces maisons urbaines présentent aussi de nombreux atouts : mitoyenneté, compacité, situation propice à une mobilité douce, etc. Si à ces qualités, on ajoute un faible besoin d'énergie, on arrive à un projet globalement durable.

Il est également important de respecter le caractère esthétique de ces maisons qui donne une identité à l'architecture de nos villes. Diminuer le besoin de chauffage de ce patrimoine construit tout en conservant son cachet est un grand défi. Ce projet montre qu'il est réalisable.



Façade avant : les châssis du premier étage doivent encore être remplacés par des nouveaux châssis triple vitrage. Cela n'a pas été fait dans un premier temps puisque ces châssis disposaient déjà d'un double vitrage, contrairement aux autres qui n'étaient qu'en simple vitrage.



Façade arrière : Les blocs sanitaires annexés ont été démolis. Les châssis ont été remplacés. L'isolation extérieure doit encore être réalisée.





## ECO'HOM

LIEU : Liège

TYPOLOGIE : Maison de maître divisée

DATE DE CONSTRUCTION : 1905

DATE DE RENOVATION : 2005 - 2009

SURFACE CHAUFFEE : 297 m<sup>2</sup>

BESOIN DE CHAUFFAGE : 40 - 60 kwh/m<sup>2</sup>.an  
(voir consommations)

MAÎTRE D'OUVRAGE : Asbl Eco'Hom

ARCHITECTE : Yves Piron, Asbl Eco'Hom

BUREAU D'ETUDES : écoRce

## 1. INTRODUCTION

### 1.1 CONTEXTE <sup>1</sup>

En 2005, Bernadette Leemans (éco-conseillère) et Yves Piron (architecte) décident de créer une asbl, baptisée Eco'Hom, afin de promouvoir l'éco-rénovation du patrimoine urbain ainsi que la mobilité douce. En parallèle, ils se lancent dans la rénovation d'un grand immeuble situé dans le quartier Saint-Léonard, à Liège, dans le but d'en faire leur bâtiment pilote, un lieu didactique de sensibilisation aux techniques de rénovation durable.

Le quartier Saint-Léonard est intégré dans un projet de rénovation urbaine depuis déjà plus de dix ans. Au début de cette année 2009, il a également été choisi par la Ville de Liège pour participer au projet européen SUN (Sustainable Urban Neighbourhoods) qui vise à améliorer la qualité de vie et la durabilité de 5 quartiers, situés dans le réseau de villes de l'Eurégio Meuse-Rhin. La Ville de Liège et l'asbl Eco'Hom sont les partenaires privilégiés de ce projet pour le quartier Saint-Léonard.

Le bâtiment rénové par l'asbl Eco'Hom consiste en une maison bourgeoise datant du début du XX<sup>e</sup> siècle. Avant la rénovation, celle-ci était occupée par deux logements. La partie située au-dessus du porche et l'annexe semblent avoir été construites par après. La façade à rue est classée; les techniques utilisées au niveau de l'isolation du bâtiment sont choisies en conséquence.



Le bâtiment pilote de l'asbl Eco'Hom s'inscrit dans le projet de rénovation urbaine du quartier Saint-Léonard à Liège.



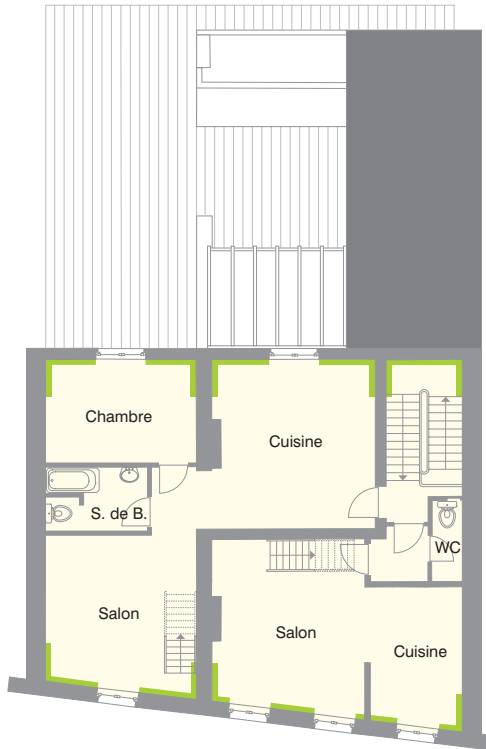
Façade avant et annexe avant rénovation.

<sup>1</sup> Les maisons existantes divisées en appartements sont reprises comme typologie 7 au chapitre 4 analyse du bâti pp. 173-175

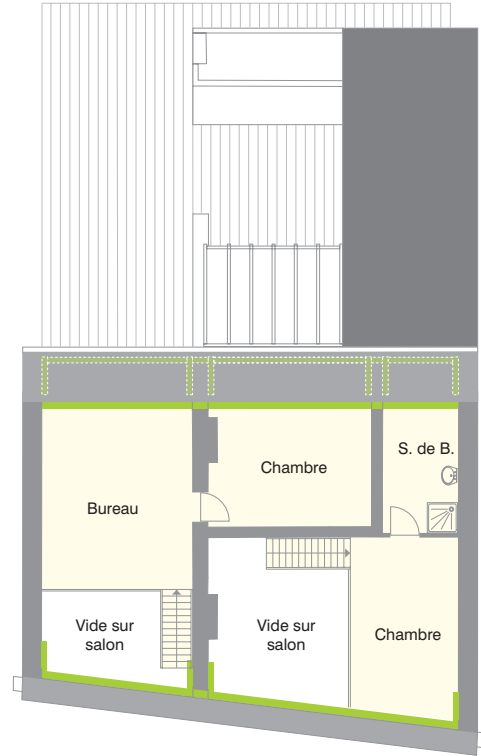
## 1.2 PROGRAMME

Le bâtiment compte aujourd'hui quatre logements et le bureau de l'association Eco'Hom. Situés dans un quartier d'une grande diversité culturelle et sociale, les propriétaires ont souhaité également proposer des logements favorisant la mixité. L'appartement au rez-de-chaussée

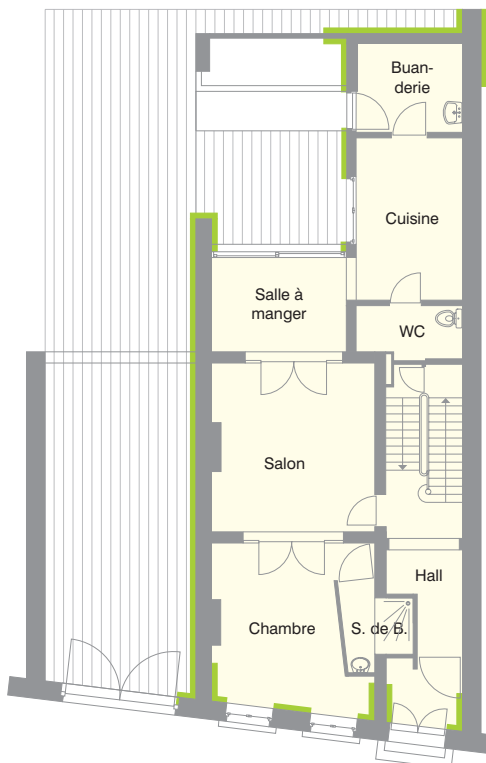
est entièrement aménagé pour des personnes à mobilité réduite. A l'entresol, l'asbl Eco'Hom a installé ses bureaux. Au premier étage, se trouve un logement pour étudiants. Le deuxième étage et ses mezzanines sont occupés par un studio et un appartement deux chambres.



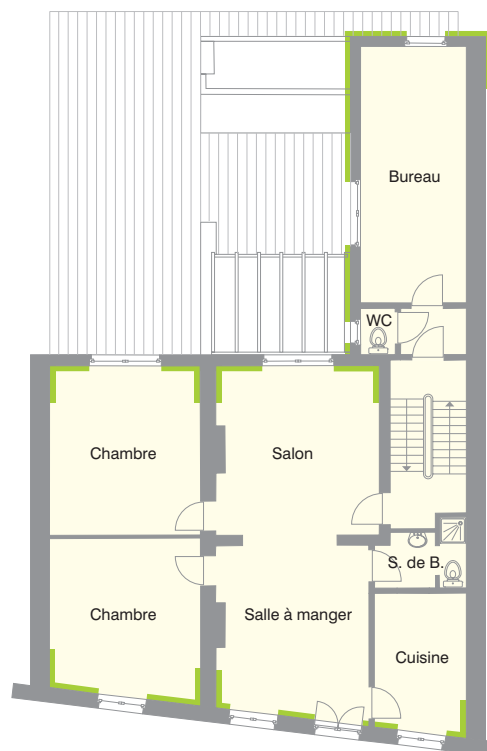
Plan deuxième étage



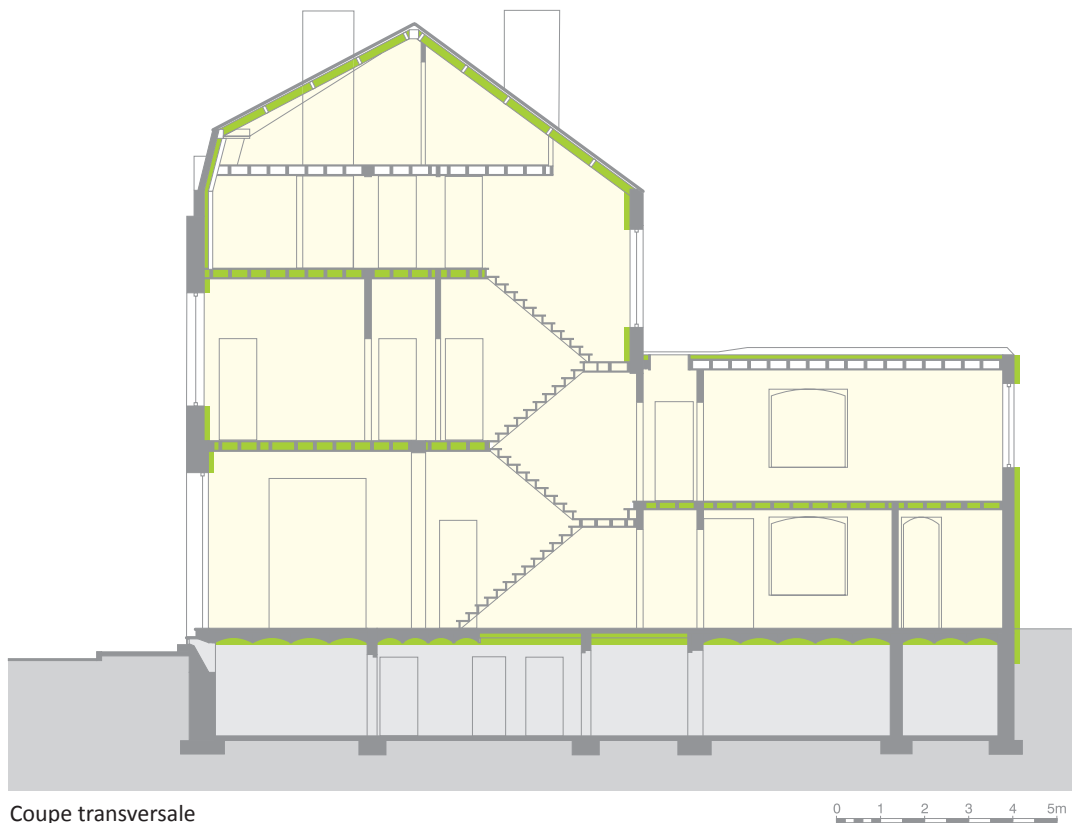
Plan mezzanine



Plan rez-de-chaussée



Plan entresol et premier étage



Coupe transversale

### 1.3 RESUME DE LA RENOVATION

- Rénovation de la toiture
- Isolation des façades du bâtiment principal par l'intérieur
- Isolation des façades de l'annexe par l'extérieur + bardage bois
- Isolation des planchers
- Remplacement des châssis par des châssis double vitrage
- Ventilation double-flux + échangeur de chaleur
- Chaudière gaz à condensation + radiateurs
- Panneaux solaires thermiques
- Matériaux écologiques
- Récupération des eaux de pluie

### 1.4 ARCHITECTURE

L'objectif de l'architecte était de ne pas dénaturer la qualité architecturale du bâtiment. Le défi est réussi puisque le projet respecte l'existant autant que possible. Le bâtiment principal a été rénové pratiquement à l'identique. Davantage de libertés ont été prises au niveau de la rénovation de l'annexe.

Les baies du bâtiment principal ont été maintenues. Seuls quelques fenêtres de toiture ont été ajoutées. Les baies de l'annexe ont subi quelques modifications.

Le système d'isolation a été choisi en fonction de chaque situation : par l'intérieur pour le bâtiment principal et par l'extérieur pour l'annexe. Toutes ces mesures ont permis de préserver l'esthétique du bâtiment ancien .



Façade avant après rénovation.



Façade arrière et annexe après rénovation.





Mezzanine en structure bois.



Toiture du bâtiment principal : étanchéité à l'extérieur et freine-vapeur à l'intérieur.



Isolation par l'intérieur du bâtiment principal - façade arrière.

## 2. CONSTRUCTION ET TECHNIQUES

### 2.1 STRUCTURE

Aucune intervention majeure n'a été réalisée au niveau de la structure du bâtiment.

Seules quelques baies ont été percées dans le mur de refend central.

Le plancher du grenier a été démolit et reconstruit plus bas de façon à créer des mezzanines dans l'espace sous toiture.

La structure de la toiture a été maintenue. Des planches ont été fixées aux chevrons de manière à les allonger et à pouvoir placer une épaisseur suffisante d'isolant.

### 2.2 ENVELOPPE

× **Composition des parois et valeurs U (existant - neuf)**

#### BÂTIMENT PRINCIPAL

##### Toiture à versants

Tuiles terre cuite	3 cm
Lame d'air + lattage	4 cm
Panneaux fibres de bois bitumé	2,2 cm
Isolation flochage cellulose (+ structure bois)	23 cm
Freine-vapeur intelligent	0,1 cm
Lame d'air ventilée	2 cm
Plaque fibro-plâtre	1 cm
Enduit plâtre	0,3 cm
<b>U = 0,17 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>35,6 cm</b>

##### Façade avant

Briques terre cuite	6 cm
Lame d'air non ventilée	4 cm
Briques terre cuite	29 cm
Plâtre	2 cm
Isolation matelas cellulose (+ structure métal)	10 cm
Freine-vapeur intelligent (façade arrière)	0,1 cm
Plaque fibro-plâtre	1,2 cm
Enduit plâtre	0,3 cm
<b>U = 0,29 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>52,6 cm</b>

##### Façade arrière

Briques terre cuite	39 cm
Plâtre	2 cm
Isolation matelas cellulose (+ structure métal)	10 cm
Freine-vapeur intelligent (façade arrière)	0,1 cm
Plaque fibro-plâtre	1 cm
Enduit plâtre	0,3 cm
<b>U = 0,31 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>52,3 cm</b>

En ce qui concerne les façades, les ponts thermiques au niveau des structures métalliques placées entre les isolants n'ont pas été pris en compte dans le calcul du U de la paroi. Ces éléments induisent une augmentation des déperditions de l'ordre de 50%. Une autre solution aurait donc été plus judicieuse, par exemple une structure bois.

#### Plancher rez (sur cave)

Plancher en bois	2 cm
Isolation flocage cellulose (+ structure bois)	12 cm
Briques voussettes (entre poutrelles acier)	16 cm
U = 0,32 W/m <sup>2</sup> K	30 cm

#### ANNEXE

##### Toiture plate

Roofing	2 cm
Panneau de bois	2,5 cm
Lame d'air ventilée (+ structure bois)	30 cm
Laine de roche	16 cm
Plaque fibro-plâtre	1 cm
Enduit plâtre	0,3 cm
U = 0,20 W/m <sup>2</sup> K	35,8 cm

##### Façades

Bardage bois	2,8 cm
Lame d'air ventilée	2 cm
Étanchéité	0,1 cm
Isolation laine de roche (+ structure bois)	8 cm
Briques terre cuite	26 cm
Enduit argile	4 cm
U = 0,33 W/m <sup>2</sup> K	44,4 cm

##### Plancher rez annexe (sur cave)

Chape isolante	7 cm
Panneaux isolation mousse de polyuréthane	8 cm
Briques voussettes (entre poutrelles acier)	16 cm
U = 0,26 W/m <sup>2</sup> K	31 cm

#### ✕ Fenêtres

Les fenêtres ont toutes été remplacées par des châssis en bois afzélia avec double vitrage. Le coefficient de transmission thermique moyen des fenêtres est de 1,4 W/m<sup>2</sup>K.

- Châssis : U = 1,6 W/m<sup>2</sup>K
- Double vitrage : U = 1,1 W/m<sup>2</sup>K

#### ✕ Traitement des ponts thermiques

L'isolation par l'intérieur demande certaines interventions particulières pour éviter ou diminuer les ponts thermiques.

Les murs de refend, accrochés aux murs de façades, ont été isolés sur une longueur d'un mètre vers l'intérieur.

Les planchers ont tous été coupés à 5 cm des murs extérieurs afin d'obtenir une continuité au niveau de l'isolation de façade. De plus, pour obtenir une bonne isolation thermique et acoustique entre les espaces, les planchers entre les différents étages ont tous été isolés à l'aide de cellulose insufflée entre les structures.

#### ✕ Étanchéité à l'air

Différentes mesures ont été prises pour rendre le bâtiment étanche à l'air. Les freine-vapeurs à diffusion variable placés en toiture et en façade arrière permettent de garantir une bonne étanchéité à l'air tout en s'ouvrant et en se fermant au passage de la vapeur d'eau présente



Isolation par l'extérieur et étanchéité de l'annexe.



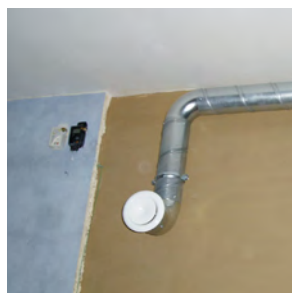
Isolation des planchers intermédiaires en cellulose.



Freine-vapeur et étanchéité à l'air.



Ventilation double flux avec échangeur de chaleur.



Bouche d'arrivée d'air.



Chaudière gaz à condensation.



Radiateurs surdimensionnés, à basse température.

dans la maison en fonction des conditions d'humidité. Les raccords entre les lés ont été recouverts de bandes adhésives assurant la continuité du freine-vapeur. Les raccords au niveau des baies ont aussi été soignés. Quelques lacunes subsistent au niveau de l'étanchéité à l'air du bâtiment.

Au niveau de la façade avant, aucun freine-vapeur n'a été mis en place. Cela n'était pas indispensable car le risque de condensation est très faible vu que cette façade, orientée au Nord, n'est pas battue par la pluie et est constituée de briques peu poreuses. A posteriori, l'architecte regrette de ne pas y avoir également placé un freine-vapeur, vu que cela aurait nettement amélioré le niveau d'étanchéité à l'air global du bâtiment.

D'autre part, la porte d'entrée ancienne ayant été préservée, l'étanchéité à l'air est assez mauvaise à ce niveau. Un sas doit encore être créé pour remédier à ce problème. Le plancher de la cave et les parois séparant celle-ci du hall d'entrée doivent encore être isolées. L'architecte signale également que toutes les portes d'entrées des appartements sont coupe-feu, conformément à la norme, mais que ces portes ne sont pas très étanches à l'air.

### 2.3 STRATEGIES THERMIQUES

#### × Stratégie d'hiver

L'architecte a estimé que 30% des besoins de chauffage peuvent être fournis par les panneaux solaires. Les 70% restants sont couverts par une chaudière gaz à conden-

sation. Des radiateurs surdimensionnés fonctionnant à basse température permettent de distribuer cette chaleur.

L'air de ventilation entrant est préchauffé dans un échangeur grâce à l'air sortant.

#### × Stratégie d'été

L'inertie des murs de façade est fortement diminuée du fait de l'isolation par l'intérieur de ceux-ci. Cependant, l'inertie des murs intérieurs est préservée autant que possible. En effet, les murs de maçonnerie sont simplement peints ou recouverts d'enduits naturels à la chaux ou à l'argile.

Les fenêtres de toiture disposent d'un film de protection extérieur pour éviter les surchauffes. Des pare-soleil en casquettes seront peut-être réalisées plus tard au-dessus des grandes baies situées en façade sud.

### 2.4 ENERGIE

#### × Ventilation

Deux appareils de ventilation mécanique contrôlée (VMC) double flux ont été installés. L'air neuf est pulsé dans les séjours et les chambres et l'air vicié est extrait dans les salles de bain et les cuisines. L'air frais et sec venant de l'extérieur est réchauffé en croisant l'air extrait humide et chaud dans un échangeur.

Le premier appareil est destiné au rez-de-chaussée et au bureau de l'entresol ; il pulse 300 m<sup>3</sup> d'air neuf par heure. Le deuxième appareil permet la ventilation du premier et du deuxième étage ; le débit pour celui-ci est de 400 m<sup>3</sup> par heure.

Le système est réglé de manière à ce que les locataires ne doivent pas intervenir dans sa gestion. La régulation de la ventilation est opérée à l'aide de sondes hygrométriques au niveau de l'air extrait, de sondes de température extérieure et d'une programmation horaire. Dès que la température extérieure dépasse les 18°C, le débit de ventilation diminue. Si l'humidité de l'air extrait est élevée, la vitesse des ventilateurs augmente. Et la programmation horaire est établie de façon à ce que le débit d'air hygiénique pulsé soit plus important aux moments où le plus d'occupants sont présents.

#### × Chauffage

Le bâtiment étant relativement bien isolé, le besoin de chauffage n'est pas très élevé.

18 m<sup>2</sup> de capteurs solaires thermiques plans ont été installés en toiture. Un système de réservoir stratifié avec ballon échangeur permet une utilisation optimale de l'énergie solaire pour l'eau chaude et le chauffage. Le réservoir de 1 000 litres est rempli d'eau morte de chauffage. Dans un petit ballon échangeur, l'eau morte est chauffée par l'énergie captée au niveau des panneaux solaires thermiques. Quatre sorties situées à des hauteurs différentes



relient le ballon échangeur au réservoir. Des clapets d'admission assurent un maintien optimal de la stratification des températures dans le réservoir tampon.

Si la température de l'eau dans le tiers supérieur du réservoir n'est pas suffisante, la chaudière gaz à condensation se met en route pour apporter l'appoint de chaleur nécessaire. La chaleur est distribuée dans les différentes pièces via de l'eau à basse température (40°C) et des radiateurs surdimensionnés. Chaque logement dispose d'un compteur intégrateur et d'un thermostat et les radiateurs sont munis de vannes thermostatiques pour permettre aux occupants de régler la température intérieure selon leurs besoins.

#### ✕ Eau chaude sanitaire

L'eau sanitaire est chauffée grâce à un serpentin ondulé en acier inoxydable situé dans le ballon de 1 000 litres et permettant le chauffage instantané de l'eau sanitaire, évitant les pertes de chaleur et la formation de bactéries (légiionella). L'architecte a estimé que l'énergie solaire devrait permettre le chauffage de 60% de l'eau chaude sanitaire consommée dans le bâtiment, le reste étant fourni par la chaudière.



Panneaux solaires thermiques et ballons de préparation et de stockage de l'eau chaude sanitaire.

## 2.5 COÛTS DES TRAVAUX

Les travaux de rénovation ont représenté un coût s'élevant entre 950 et 1000 € par m<sup>2</sup> de surface habitable, hors tva et architecte.

- Surface habitable : 297 m<sup>2</sup>, dont 65 m<sup>2</sup> en mezzanine.
- Surface espaces communs non chauffés : 31 m<sup>2</sup>

Les maîtres d'ouvrage ont fait beaucoup de travaux eux-même afin de limiter les coûts. Le prix reste relativement élevé du fait que la création de quatre logements implique un nombre important d'équipements (salles de bain, cuisines, compteurs, ...).



Enduit à base d'argile.

## 3. ENVIRONNEMENT

### 3.1 MATERIAUX ET PROCEDES CONSTRUCTIFS

L'architecte a été assez attentif au choix des matériaux mis en oeuvre. Pour des raisons financières, des matériaux écologiques n'ont pas pu être utilisés partout. Il a donc été décidé de privilégier les matériaux écologiques au moins à l'intérieur du bâtiment.

Les isolants utilisés dans la maison sont la cellulose et le chanvre. Ces matériaux écologiques présentent de nombreuses qualités par rapport aux matériaux traditionnels. Ils ont une plus grande capacité thermique, sont plus ouverts au passage de la vapeur d'eau et ont un impact plus faible sur la santé des occupants.

Au niveau des finitions, une grande diversité de produits ont été mis en oeuvre mais il s'agit toujours de matériaux les plus écologiques et sains possibles : enduits à base d'argile, de chaux, de chaux et de chanvre, de plâtre naturel, de coton, peintures naturelles à la chaux, ...

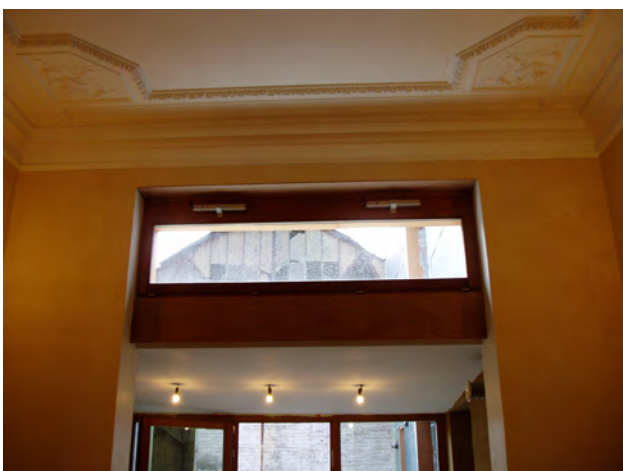
D'autre part, Yves Piron ne cesse d'expérimenter. Il étudie avec le centre de recherche Architecture et Climat de l'UCL différents aspects : la migration de la vapeur d'eau des parois isolées par l'intérieur, les enduits chaux-chanvre, ... Des capteurs mesurant le degré d'hygrométrie et la température ont été placés en différents points des parois.



Enduit à base de coton.



Parking vélos.



Finitions, textures et couleurs très variées d'une pièce à l'autre.  
 En haut : enduit coton.  
 Au centre à gauche : enduit à l'argile, mur en brique peint et finition plâtre pour le retour d'isolation sur le mur de refend.  
 Au centre à droite : enduit à l'argile et enduit à la chaux.  
 En bas : peinture naturelle à la chaux.



Compteurs d'électricité pour chaque logement.



Compteurs intégrateurs pour les consommations de chauffage de chaque logement.

### 3.2 MOBILITE

Un parking de 24 places a été créé à l'arrière du bâtiment, cela étant obligatoire suite à la division de la maison en plusieurs appartements. Un parking vélos a aussi été créé. La maison est assez proche du centre de Liège. Deux bus passent dans la rue et s'arrêtent juste devant la maison. L'un de ces bus permet d'aller dans le centre, à la gare TGV, ...

## 4. VECU

### 4.1 CONFORT THERMIQUE

Les occupants du bâtiment sont très satisfaits du confort thermique intérieur, tant en hiver qu'en été.

L'isolation permet de réduire notablement les besoins de chauffage tandis que les efforts opérés au niveau des baies et de l'étanchéité à l'air permettent de supprimer toute sensation de courant d'air.

L'utilisation de matériaux naturels permet d'atteindre de très bonnes conditions hygrothermiques malgré le fait que l'isolation soit appliquée par l'intérieur.

L'utilisation de la cellulose pour l'isolation de la toiture permet, en été, d'atténuer l'augmentation de la température intérieure au niveau des espaces en mezzanine.

### 4.2 UTILISATION

La maison étant occupée par différents locataires, il est important de les sensibiliser aux questions d'économie d'énergie pour arriver à des résultats intéressants.

Les fondateurs de l'asbl Eco'Hom ont créé un règlement d'ordre intérieur, reprenant les différents principes à respecter pour une bonne gestion et une utilisation rationnelle de l'énergie au niveau du chauffage, de la ventilation, de l'électricité, de l'eau, ... Une séance d'information a également lieu une fois par an afin d'intéresser les locataires à cette problématique.

La ventilation est réglée pour tout le bâtiment via des sondes et une programmation automatique mais, pour le chauffage, chaque logement dispose d'un thermostat que les locataires peuvent programmer comme ils le souhaitent.

Bien sûr, certains occupants sont plus attentifs que d'autres. L'architecte nous explique aussi qu'il est assez difficile de faire comprendre aux locataires qu'il vaut mieux garder les fenêtres fermées vu qu'un système de ventilation mécanique est installé. En effet, l'ouverture des fenêtres peut déséquilibrer le système.

### 4.3 GESTION ET MAINTENANCE

La programmation de la chaudière, en relation avec les panneaux solaire, n'a pas été optimale dès la première configuration. Le réglage de la ventilation a également nécessité quelques ajustements.

Les filtres des appareils de ventilation sont nettoyés tous les deux mois et remplacés deux fois par an.

Dans le passage commun couvert au rez-de-chaussée, différents compteurs permettent de visualiser les consommations en électricité de chaque logement.

Des compteurs intégrateurs permettent de calculer la consommation de chauffage de chaque appartement.

Il aurait pu être intéressant de faciliter l'accès à ces compteurs de manière à sensibiliser davantage l'occupant à sa consommation.

#### 4.4 CONSOMMATIONS

La surface chauffée est de 297 m<sup>2</sup> et les plafonds étant relativement hauts, le volume chauffé est assez important. Il s'élève à 977 m<sup>3</sup>.

La première année d'occupation après rénovation a demandé une consommation de chauffage de 18 297 kWh, soit 61,6 kWh par m<sup>2</sup> de surface habitable par an.

Les besoins de chauffage sont bien sûr plus importants vu qu'une partie de ceux-ci sont assurés par les panneaux solaires thermiques. Il a été estimé que ceux-ci pouvaient couvrir 30% des besoins de chauffage mais les réglages entre les panneaux solaires et la chaudière n'ont pas été optimaux dès leur mise en service et, pour le moment, les maîtres de l'ouvrage ne disposent pas encore de chiffres précis indiquant la part apportée par le solaire.

Les propriétaires prévoient que cette consommation baisse encore à l'avenir étant donné que des réglages plus fins ont été faits au niveau de la programmation du chauffage et de la ventilation.

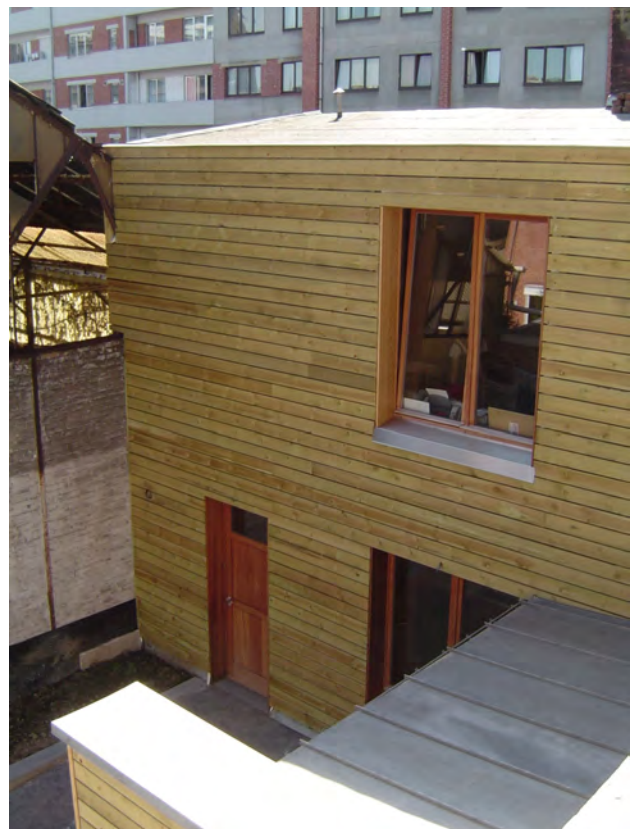
Les espaces communs non chauffés doivent encore être isolés en certains points. Les parois séparant le hall d'entrée de la cave vont être isolées et un sas d'entrée va être créé. Ces mesures permettront de diminuer encore les déperditions et les besoins de chauffage.

D'autre part, il est important de souligner qu'environ 50% de la consommation de chauffage du bâtiment est liée à l'appartement situé au rez-de-chaussée. Celui-ci est occupé par un couple comprenant une personne à mobilité réduite. Celle-ci est très souvent présente dans l'appartement et nécessite une température intérieure supérieure à la moyenne demandée. Cela explique que les consommations soient plus élevées.

Les maîtres de l'ouvrage pensent pouvoir arriver à une consommation de chauffage d'environ 40 kWh/m<sup>2</sup>.an, soit à peu près l'équivalent de 1 200 litres de mazout par an pour l'entièreté de la maison.

Ils ont estimé que le bâtiment avant rénovation devait consommer environ l'équivalent de 10 000 litres de mazout par an.

Le résultat obtenu à l'heure actuelle est donc déjà très intéressant. Les derniers travaux à effectuer combinés au suivi poussé des réglages et des consommations permettront d'aller encore plus loin.



## 5. CONCLUSIONS

Ce projet montre qu'il est possible de réaliser une rénovation énergétique performante, même dans un bâtiment ayant une façade classée. Bien que des améliorations puissent encore être apportées, le résultat est déjà très performants.

L'asbl Eco'Hom a fait de cette maison son bâtiment témoin. Des visites guidées sont organisées régulièrement. Cette initiative permet d'informer concrètement le public sur l'éco-rénovation.

Dans la même optique, les démarches des maîtres de l'ouvrage pour sensibiliser les locataires aux économies d'énergie sont très intéressantes. Il apparaît clairement que, dans le cas de locations, ces interventions sont essentielles pour que le bâtiment soit utilisé de façon optimale et qu'une baisse conséquente des consommations d'énergie soit obtenue.





La rénovation énergétique du parc de logements existant représente un enjeu important dans notre capacité à gérer les questions environnementales et la dépendance aux combustibles fossiles.

***Les objectifs 20/20/20 de l'Union Européenne à l'horizon 2020<sup>1</sup> ne pourront être atteints sans une mise à jour énergétique de milliers de logements existants.***

Les autorités de la Région wallonne en sont bien conscientes et orientent leur politique d'information et d'aide au logement vers des programmes visant la rénovation des logements anciens tout en maintenant l'attention accordée aux performances des logements neufs.

Différentes études montrent que le parc de logements wallon est globalement plus ancien et en moins bon état que dans d'autres régions du pays ou d'Europe. La grande proportion de bâtiments construits avant 1945 explique aussi leur faible performance énergétique.

***La relative ancienneté du bâti n'est pas forcément un handicap.***

L'urbanisation diffuse de l'après guerre s'est développée dans une moindre mesure en Wallonie qu'en Flandre. Les grandes vagues d'urbanisation en Wallonie datent de son développement industriel au 19<sup>e</sup> siècle. Les zones densément bâties sont plus nombreuses et permettent une plus grande efficacité énergétique par la présence d'un bâti mitoyen ainsi qu'une mobilité moins énergivore par la viabilité de réseaux de transports en commun.

D'un point de vue architectural, les maisons construites avant la première guerre mondiale, le plus souvent mitoyennes, avec leurs toitures à versants et leurs gîtages en bois s'avèrent fréquemment plus faciles à isoler de manière performante et continue que celles construites après la seconde guerre mondiale dont les planchers, linteaux et balcons en béton armé fortement liaisonnés aux façades, forment autant de ponts thermiques difficiles à résoudre. Pour les logements beaucoup plus récents construits à partir des années 1980, lors de l'entrée en vigueur des premières réglementations thermiques, se pose la question de la pertinence d'une surisolation et de la conservation ou non des isolations déjà mises en œuvre.

***Accorder une importance primordiale à l'énergétique dans le cadre de la rénovation des bâtiments anciens.***

Dans bien des cas et jusqu'à présent, lors de travaux de rénovation, les mesures prises pour améliorer la performance énergétique se limitent au remplacement partiel ou total des châssis et vitrages et à la mise en place, voire au renforcement d'une isolation de toiture.

En complément de ces travaux, les maîtres de l'ouvrage choisissent le plus souvent de remplacer la chaudière et son système de régulation. Certains se tournent vers les énergies renouvelables qui dans une approche raisonnée de la performance énergétique globale ne sont pas toujours très pertinentes. Songeons aux succès du placement des capteurs photovoltaïques sur des logements dont les performances d'enveloppe n'ont pas été améliorées.

Ce type de démarche n'est pas étonnante, puisque ces travaux sont les plus simples à réaliser; les combles sont facilement accessibles puisque dans la plupart des cas non aménagés, les châssis peuvent être remplacés à l'identique en une seule journée, la nouvelle chaudière prend la place de l'ancienne et l'installation photovoltaïque ne nécessite que le passage de quelques câbles électriques. L'ensemble de ces travaux ne nécessitent que très peu de démolitions et de ragréage de parachevements. Ils permettent le plus souvent de continuer à habiter les lieux pendant la durée des interventions.

1 20 % de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) d'ici 2020 (objectif 2012 : 8 % dans le cadre des accords de Kyoto par rapport à 1990 ; et 30 % à la condition que, lors des négociations internationales, d'autres pays acceptent de fournir un effort suffisant ;

20 % de réduction de la consommation énergétique de l'UE par rapport aux projections pour l'année 2020, telles qu'elles ont été estimées dans le Livre vert de la Commission européenne sur l'efficacité énergétique ;

20 % d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique finale de l'UE d'ici 2020 (en 2009 : 8,5 %)

Voici présenté de manière un peu caricaturale la place réservée à l'aspect énergétique dans le cadre d'une rénovation standard. Ces travaux sont pourtant conforme aux exigences de la PEB en matière de rénovation et sont éligibles pour l'octroi de primes. Ils sont par contre totalement insuffisants pour rejoindre les objectifs que s'est fixée la communauté européenne en matière de performance énergétique globale à atteindre par l'ensemble du parc de logements en 2020.

***La rénovation de bâtiments anciens doit tendre vers la performance énergétique la plus élevée possible.***

Avec un taux de mise en chantier du parc de logements de 1 à 2% par an en Wallonie, il importe que les travaux d'amélioration énergétique soient les plus ambitieux possibles. Statistiquement, un logement rénové aujourd'hui ne bénéficiera d'une nouvelle intervention que dans 50 ans. Il faut aussi tenir compte des logements qui ne seront jamais rénovés et de ceux qui pour des raisons patrimoniales ne pourront atteindre des standards énergétiques élevés. Les logements qui seront effectivement rénovés dans les 10 prochaines années devront parvenir à diviser leur consommation énergétique par 2, voire par 3, si l'on veut pouvoir rencontrer les objectifs que s'est fixée la communauté européenne en la matière.

Il est donc primordial de fixer des objectifs d'améliorations énergétiques importants et réalisables en ayant à l'esprit l'ordre des priorités.

***La rénovation de bâtiments anciens est plus intéressante environnementalement parlant que la construction neuve à performance énergétique égale.***

Qu'elle soit réalisée avec des matériaux à faible émission de gaz à effet de serre ou avec des matériaux plus conventionnels, la dépense en énergie et le bilan des émissions de polluants des travaux de rénovation est toujours inférieure à ceux d'une construction neuve de surface habitable et de performance énergétique équivalente. En outre, les logements neufs sont rarement mitoyens et pour la plupart construits dans des zones périurbaines ou rurales où elles grignotent les zones agricoles ou forestières et allongent les déplacements en voiture.

***La rénovation énergétique et durable d'un logement est un projet qui doit être pensé de manière globale et cohérente.***

- La performance énergétique à atteindre doit être déterminée avant de commencer les travaux, elle doit être traduite en performances, épaisseurs, types et quantités de matériaux isolants à mettre en œuvre. La réalisation d'un audit énergétique (Procédure d'Avis Énergétique) permet de fixer ces objectifs et de détailler les moyens de les réaliser. Cette PAE est d'ailleurs rendue obligatoire pour pouvoir toucher certaines primes à l'isolation (murs et sols).
- Les mesures d'amélioration de l'enveloppe du logement comme l'isolation et l'amélioration de l'étanchéité à l'air doivent toujours être privilégiées par rapport au placement ou au remplacement d'équipements techniques comme les chaudières, le placement d'un chauffe-eau solaire ou d'une installation photovoltaïque.
- L'enveloppe du logement doit être isolée dans son ensemble, toiture, murs, sols et châssis-portes, et de manière cohérente, surisolé de manière très importante une partie de l'enveloppe au détriment d'une autre n'est pas une bonne pratique.
- Des objectifs en matière d'étanchéité à l'air doivent être établis et respectés en fonction du type de ventilation préconisée et de la performance énergétique à atteindre.
- Les ponts thermiques seront supprimés ou fortement atténués suivant leur impact sur la performance globale.
- Les matériaux ne présentant pas de danger pour la santé humaine et dont le processus de production ne nécessite que peu d'énergie et entraîne une faible émission de gaz à effet de serre seront privilégiés.
- Les équipements techniques seront adaptés à la performance de l'enveloppe.

- En rénovation, les travaux peuvent être exécutés par phases, ce qui permet d'étaler les investissements dans le temps. L'isolation de la toiture et la mise en place du système de ventilation peuvent être réalisées la première année, le changement des châssis et l'isolation des murs la seconde, l'isolation des sols et le remplacement de la chaudière la troisième et l'installation d'un chauffe-eau solaire après cinq ans par exemple. L'étalement des travaux, qui est beaucoup plus difficile à réaliser en construction neuve, permet au particulier d'attendre le paiement des subventions de la région avant de se lancer dans une nouvelle phase de travaux. Lors de l'étalement des travaux dans le temps, il faut cependant rester vigilant pour assurer leur cohérence et le bon raccord entre éléments mis en œuvre.

***Le choix des systèmes de techniques spéciales qu'ils soient renouvelables ou conventionnels dépend principalement de la performance de l'enveloppe du bâtiment après rénovation.***

Dans les approches renouvelables

- Les systèmes de pompes à chaleur aérothermiques et géothermiques dans l'état actuel de développement de cette technologie, sont les plus rentables et efficaces environnementalement parlant quand les besoins de chauffe du bâtiment sont encore relativement élevés et que la performance de l'enveloppe du bâtiment rénové est proche de l'obligation légale en construction neuve. L'installation d'une PAC est intéressante dans un bâtiment dont la demande de chauffe et de production d'eau sanitaire ne pourra être ramenée en dessous de 100 kWh/m<sup>2</sup>.an.
- Les poêles et les chaudières utilisant le bois-énergie sous forme de bûches ou de pellets sont les plus efficaces quand l'enveloppe du bâtiment nécessite un besoin de chauffe résiduel aux environs de 60 kWh/m<sup>2</sup>.an. On soulignera la bonne complémentarité entre poêle/chaudière et capteurs solaires thermiques pour la production d'eau sanitaire et un éventuel soutien de chauffe en demi-saison.
- Les logements rénovés ayant des besoins de chauffages inférieurs à 30 kWh/m<sup>2</sup>.an présentent des enveloppes très étanches à l'air et doivent nécessairement être équipés de systèmes de ventilations double flux à récupération de chaleur. Les besoins de chauffe s'en trouvent tellement réduits que les poêles/chaudières et les capteurs solaires pour le soutien chauffage perdent de leur pertinence. Des systèmes d'appoint électriques ou des PAC dites «compacts» y trouvent leur place, leur consommation pouvant éventuellement être couverte par la mise en place d'une installation photovoltaïque.

***En 2012, les abattements fiscaux au niveau fédéral seront supprimés, mais la région Wallonne maintient le cap.***

Les primes régionales à l'énergie sont maintenues et même augmentées en cas d'isolation thermique renforcée en toiture, d'isolation des murs par l'intérieur et des sols dans la structure du plancher, ce qui est particulièrement important en rénovation.

Ainsi ce guide doit permettre aux différents acteurs de la construction de faire les bons choix et d'établir des priorités en matière de rénovation énergétique et durable du logement individuel.

# ANNEXE

## sites internet Table des matières

## Sites internet

### Sites Institutionnels

<http://energie.wallonie.be/>  
<http://www.environnement.wallonie.be>  
<http://wallex.wallonie.be>  
<http://www.minfin.fgov.be/portail2/fr/themes/dwelling/energysaving/index.htm>  
<http://www-climat.arch.ucl.ac.be/>  
<http://www2.ademe.fr>

### Sites PEB

<http://www.epbd.be>

### Sites orientés énergie dans bâtiment

<http://www.energieplus-lesite.be>  
<http://www.maisonpassive.be>  
<http://www.lamaisonpassive.be>  
<http://www.curbain.be/>  
<http://www.ibgebim.be/index.htm>  
<http://www.lehr.be>  
<http://www.anah.fr>

### Sites confort et simulation d'éclairage

<http://www.dialux.com>  
[http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ie/lighting/daylight/daysim\\_f.html](http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ie/lighting/daylight/daysim_f.html)  
<http://www.archenergy.com/SPOT/index.html>

### Sites construction et construction durable

<http://www.cstc.be/homepage/>  
<http://www.cstb.fr>  
<http://clusters.wallonie.be/ecoconstruction/fr/>  
<http://www.minergie.ch/>  
<http://www.ecobau.ch>  
<http://www.ecobat.ch>  
<http://www.catalogueconstruction.ch/11.asp?lng=FR>  
<http://www.ibo.at/de/index.htm>  
<http://www.bio-nosmaisons.be>  
<http://www.cr3e.com>  
<http://www.cd2e.com>

### Sites santé lié à l'environnement

<http://www.sante-environnement.be>  
<http://www.bbemg.ulg.ac.be/FR/00/accueil.html>

### Sites santé lié au bâtiment

<http://www.sante-habitat.be>  
<http://www.air-interieur.org>

### Sites énergie renouvelable

<http://www.apere.org/fr/epingle/epingle.php>  
<http://www.belsolar.be/>  
<http://www.edora.be/>  
<http://www.estif.org/>

#### **Sites labels matériaux**

<http://www.infolabel.be>  
<http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/>  
<http://www.ecolabel.be>  
<http://www.natureplus.org>  
<http://www.marque-nf.com>  
<http://www.blauer-engel.de>  
<http://www.milieukeur.nl>  
<http://www.svanen.nu/eng>  
<http://www.oekoplus.de>  
<http://www.fsc.org>  
<http://www.pefc.org>  
<http://www.gut-ev.de>

#### **Sites base de données de matériaux**

<http://www.ubatc.be>  
<http://www.inies.fr>  
<http://www.mrpi.nl>  
<http://www.bre.co.uk>  
<http://www.sia.ch>  
<http://www.ecoinvent.ch>  
<http://www.nibe.org>  
<http://www.eco-bau.ch>  
<http://www.bbl.admin.ch/kbob>  
<http://www.ecobat.ch>  
<http://www.ibo.at/de/oekokennzahlen.htm>  
<http://www.catalogueconstruction.ch>  
<http://www.crtib.lu>

#### **Sites en lien avec la consommation et la gestion de l'eau**

<http://www.belgaqua.be/>  
<http://www.vivaqua.be/>

#### **Sites traitements des déchets**

<http://www.environnement.wallonie.be>  
<http://www.tradecowall.be/>  
<http://www.recywall.be/>  
<http://www.bruxelles-proprete.be>  
<http://www.fostplus.be/Pages/default.aspx>  
<http://www.bebat.be>  
<http://www.ivcie.be>  
<http://www.compost.be>

#### **Sites généraliste consommation durable**

<http://www.ecoconso.be/>

# Table des matières

<b>CHAPITRE 1</b>	<b>CADRE GÉNÉRAL DE L'ÉTUDE</b>	<b>7</b>
1.	Contexte	8
1.1	Enjeux	8
1.2	Objectifs	9
1.3	Potentiels	9
2.	Définition des activités de rénovation énergétiques et durable	11
2.1	La rénovation	11
2.2	L'énergie	11
2.3	Le durable	11
3.	Pourquoi la rénovation	13
3.1	Le parc de logements en région wallonne est avant tout un parc existant	13
3.2	L'immense majorité des logements sont déjà construits	13
4.	Performances énergétiques des logements en Belgique	15
4.1	Standards actuels	15
4.2	Standards à atteindre sur base volontaire	15
4.3	Conclusions	16
5.	Ailleurs en Europe	18
5.1	Émergence de trois référentiels énergétiques pour le bâtiment en Europe	18
5.2	En Allemagne	19
5.3	En Suisse	19
5.4	En France	20
6.	Objectifs et limites de l'étude	21
7.	Organisation du document	22
<b>CHAPITRE 2</b>	<b>CONFORT</b>	<b>27</b>
1.	Confort thermique	28
1.1	Préambule	28
1.2	Théorie	28
1.3	La stratégie du chaud (stratégies en hiver)	30
1.4	La stratégie du froid (stratégies en été)	31
1.5	Ventilation et étanchéité à l'air	33
2.	Confort visuel	36
2.1	Privilégier la lumière naturelle	36
2.2	Approche globale	37
3.	Qualité de l'air	39
3.1	Limiter les sources de pollution intérieure	40
4.	Confort acoustique	43
4.1	Le son et le bruit	43
4.2	Perception du bruit	43
4.3	Type de bruit	43
4.4	Propagation du bruit	44
4.5	Cadre légal en région wallonne	45
5.	Qualité du cadre de vie	51

5.1	Un monde en mutation	51
5.2	La ville, réponse écologique	52
6.	Motivations du Public	57
6.1	Le facteur humain	57
6.2	les différentes consommations	58
6.3	La représentation sociale	60
6.4	Évaluation du niveau de connaissance	60
6.5	Choix résidentiels et acceptabilité des mesures	61
6.6	Conclusions	61
<b>CHAPITRE 3</b>	<b>IMPACT ENVIRONNEMENTAL</b>	<b>65</b>
1.	Préserver les ressources en matière	66
1.1	Enjeux	66
1.2	Le choix des matériaux de construction	66
1.3	Outils existants en termes d'évaluation environnementale des matériaux	70
1.4	Dans la pratique de la rénovation	76
2.	L'eau	82
2.1	Contexte : la directive-cadre 2000/60/CE	82
2.2	Cycle de l'eau en Région wallonne	83
2.3	Gestion de l'eau dans un projet de rénovation	88
5.	Déchets	105
<b>CHAPITRE 4</b>	<b>ANALYSE DU BÂTI</b>	<b>111</b>
1.	Introduction : contexte, objectifs et évaluation des besoins de réhabilitation	112
1.1	Contexte	112
1.2	Objectifs	113
1.3	Évaluer les besoins de réhabilitation : trois « indicateurs synthétiques »	114
2.	Caractéristiques générales des logements wallons	119
2.1	Le parc de logements wallons : localisation, évolution	119
2.2	Configurations ou types de logements	127
2.3	Taille des logements	130
2.4	Âge des logements et transformations	133
2.5	Environnement, mobilité, cadre de vie	137
3.	Caractéristiques énergétiques et qualité environnementale	141
3.1	L'énergie en Wallonie	142
3.2	Consommations énergétiques du secteur résidentiel	144
3.3	Les choix en matière de vecteurs énergétiques pour le chauffage	149
3.4	Qualité thermique des logements : enveloppe et équipements	153
3.5	Politique énergétique concernant les logements en Wallonie	160
3.6	Impact environnemental des logements/ménages	164
4.	Éléments de contexte socio-économique	166
4.1	Les ménages wallons	166
4.2	Les logements sociaux	170
5.	Conclusions	172

<b>CHAPITRE 5</b>	<b>EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE</b>	<b>181</b>
1.	Réflexion architecturale Globale	182
1.1	Stratégies d'habitation et d'occupation	182
2.	Enveloppe des logements	184
2.1	Quelques repères utiles pour pouvoir suivre	184
2.2	Conception	185
2.3	Châssis	185
2.4	Les toitures	188
2.5	Les murs de façades	194
2.6	Les planchers	209
2.7	Les raccords entre les parois	214
2.8	Les ponts thermiques	223
2.9	L'étanchéité à l'air	225
3.	Systèmes	231
3.1	La ventilation	231
3.2	Chauffage et production d'eau sanitaire par système conventionnel	235
3.3	Consommations électriques	239
4.	Énergies Renouvelables	243
4.1	Contexte global	243
4.2	Enjeux	243
4.3	Pertinence des énergies renouvelables dans le cadre de la rénovation	244
4.4	L'approche orientée biomasse avec le bois-énergie	244
4.5	L'approche orientée pompe à chaleur	250
4.6	L'approche orientée solaire thermique	254
4.7	L'approche orientée solaire photovoltaïque	259
4.8	Performances comparées des systèmes et performances économiques	264
4.9	Analyse des différentes variantes avec et sans appui solaire	266
<b>CHAPITRE 6</b>	<b>PROJETS ILLUSTRATIFS ET FICHES RÉALISATIONS</b>	<b>278</b>
	Maison ouvrière en contexte urbain	279
	Maison de lotissement	297
	Appartement dans un grand ensemble	303
	Maison Cruyt	311
	Maison De Nys	321
	Maison Eco Hom	331
<b>CONCLUSIONS</b>		<b>341</b>