

GUIDE DE LA RENOVATION BASSE ENERGIE DES LOGEMENTS EN BELGIQUE

LEHR
Low Energy Housing Retrofit
RENOVATION BASSE ENERGIE DES LOGEMENTS



POLITIQUE SCIENTIFIQUE
FEDERALE
FEDERAAL
WETENSCHAPSBELEID



CSTC - WTCB - BBRI



Ce guide a été réalisé dans le cadre du projet LEHR - Low Energy Housing Renovation, rassemblant trois équipes de recherches (PHP/PMP, Architecture et Climat - UCL, CSTC) pour le compte de l'Etat belge - SPP Politique Scientifique, en exécution du «Programme de stimulation au transfert de connaissance dans des domaines d'importance stratégique».

LEHR - Low Energy Housing Renovation

Ce projet a pour but de mettre en avant le potentiel du stock de logements belges offrant des possibilités d'importantes économies d'énergie. Ces économies sont l'aboutissement d'un processus de rénovation en basse énergie engendrant de substantielle économie d'énergie primaire tout en créant un confort de vie supérieure. Les objectifs sont doubles, d'une part, atteindre une performance énergétique intéressante et motiver le propriétaire à réaliser ces rénovation. Pour cela, projet s'élabore en trois phases :

- Un guide général principalement adressé à un public non initié avec des questions générales au sujet de la rénovation et de l'efficacité énergétique,
- Un manuel technique répondant aux questions techniques destinées aux professionnels de la construction,
- Des fiches d'informations présentant des exemples de réalisations concrètes.

<http://www.lehr.be/>

La Politique scientifique fédérale

Ce département a un champ d'action très vaste. Cette administration fédérale a pour mission: la préparation, l'exécution et l'évaluation de la politique scientifique et de ses prolongements. Dans les programmes de recherche, sa mission est d'établir la mise en œuvre de programmes, actions et réseaux de recherche au niveau belge ou dans le cadre international.

Politique scientifique fédérale

Rue de la Science 8

B-1000 Bruxelles

<http://www.belspo.be/>

CSTC - Centre Scientifique et Technique de la Construction

WTCB - Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf

Cet institut privé de recherche, fondé en 1960, mène des recherches scientifiques et techniques, fournit des informations, une assistance et des conseils techniques au profit de ses membres et enfin, il contribue en général à l'innovation et au développement dans le secteur de la construction, en particulier en effectuant des recherches sous contrat, à la demande du secteur et des pouvoirs publics.

<http://www.cstc.be/>

<http://www.wtcb.be/>

PHP - Passiefhuis Platform vzw

PMP - Plate-forme Maison Passive

Fondée en 2002, cette plateforme a pour but de stimuler le marché des maisons passives en Belgique, et ce, en jouant un rôle actif dans le développement et la distribution d'informations pertinentes à travers tout ce que les processus de construction impliquent.

<http://www.passiefhuisplatform.be/>

<http://www.maisonpassive.be/>

UCL – Architecture et Climat

Cette cellule de recherche de l'UCL - Université catholique de Louvain poursuit comme objectifs depuis 1980, la recherche, la conception, la modélisation et la construction en vue de la meilleure adéquation entre le bâtiment, le climat et l'occupant, dans le but d'élaborer et de développer, dans le cadre du développement durable, la théorie de l'architecture climatique et de l'architecture durable.

<http://www-climat.arch.ucl.ac.be/>

Table des matières

0. Introduction : pourquoi rénover ?	8
Le confort	9
Perspectives	9
1. Du bioclimatisme au développement durable d'aujourd'hui	10
Définition du bioclimatisme	10
L'évolution des grands principes du bioclimatisme	10
Les facteurs d'évolution	11
La mise en pratique du bioclimatisme	11
Rénovation durable : trois sphères	12
Vers la rénovation basse énergie	13
La rénovation basse énergie	14
2. Analyse du parc de logement existant en Belgique	15
Caractéristiques générales du parc de logements	15
Caractéristiques énergétiques et équipements	16
Type d'occupation, type d'occupant (propriétaire ou locataire)	17
Identification des groupes différenciés de logements avec un haut potentiel de gains énergétiques	17
3. Comment aborder la rénovation	18
4. Energie	20
Conception	20
Systèmes	35
Potentiel des énergies renouvelables	41
Gestion, régulation	46
5. Environnement	47
Eau	47
Matériaux	51
Déchets	52
Flexibilité fonctionnelle et volumétrie des espaces	54
6. Développement durable	55
Environnement	55
Contextes	55
Programme	55
Mobilité	56
Glossaire	57
Bibliographie	58

PREAMBULE

Ce guide se veut d'informer et de permettre de trouver des conseils et surtout, une ligne de conduite pour la rénovation de bâtiments en bâtiments basse énergie. D'avance, il n'existe pas une manière type de rénover en basse énergie mais une multitude qui dépendent de nombreux paramètres : type de bâtiment, qualité du bâtiment existant, budget accordé à cette rénovation,...

Ce guide permet de mettre au point, de dégager et de définir les enjeux du développement durable dans la rénovation basse énergie à travers ses trois sphères : l'énergie, l'environnement et le développement durable. C'est en commençant par l'analyse du parc de logements belges qu'il sera possible de comprendre comment la rénovation basse énergie trouve sa place dans une politique de développement durable. Ce guide offre un large aperçu des différentes techniques et possibilités d'amélioration du bâtiment tant au niveau de la conception, que des systèmes le composant ou encore au niveau de l'environnement car la rénovation implique une stratégie globale et de ce fait, un regard sera porté sur l'environnement où a été implanté le bâtiment, le site,...

Il est important de réaliser qu'une rénovation basse énergie n'a rien d'inaccessible. Il s'agit d'atteindre un certain niveau de performance tout à fait réalisable en rénovation qui permettra un meilleur confort et des économies d'énergies. Si rénover vous semble indispensable, oser rénover en basse énergie est un pas en plus à faire.

DEFINITIONS DES STANDARDS ET DES EXIGENCES A ATTEINDRE POUR LE RÉSIDENTIEL

Standard actuel :

Exigences thermiques à respecter		Région de Bruxelles-Capitale	Région flamande	Région wallonne
Bâtiment neuf	Isolation thermique	Max K40 $U_{\max}$ ou $R_{\min}$	Max K45 $U_{\max}$ ou $R_{\min}$	Max K45 $U_{\max}$ ou $R_{\min}$
	Performance à atteindre	max. E 90 (à partir du 02/07/2009) max. E 70 (à partir du 02/07/2011)	max. E 100 max. E 80 (à partir du 01/01/2010)	max. E_w 100 et max. E_{spec} 170 kWh/m ² (à partir du 01/09/2009) max. E_w 80 et max. E_{spec} 130 kWh/m ² (à partir du 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 m³ 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 m³, 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 remplacés.

(Source : Réglementation sur la performance énergétique des bâtiments : du nouveau à Bruxelles et en Wallonie, Les Dossiers du CSTC, N° 4, Cahier n° 1, DELMOTTE C., 2008)

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 durable.

Le niveau E_w = en Région wallonne, les méthodes 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 (sans nom officiel et appelé ici consommation spécifique) est pris en compte : cette seconde expression correspond à l'exigence relative à la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire (consommation à diviser par la surface totale de plancher chauffé).

Standard basse énergie¹ : (+/- K 30)

besoin de chauffage annuel ≤ 60 kWh/(m².an)

Standard très basse énergie¹ :

besoin de chauffage annuel ≤ 30 kWh/(m².an)

Standard passif : (+/- K10 - K12)

besoin spécifique de chauffage < 15 kWh/m².an

l'étanchéité du bâtiment doit être très performante ($n_{50} < 0,6$ h⁻¹ sous 50 Pa (test Blower Door))

le pourcentage de surchauffe dans le bâtiment ($> 25^\circ\text{C}$) doit être inférieur ou égal à 5%

1. Il n'existe pas de définition clairement établie des standards basse et très basse énergie.

Le confort

La rénovation est souvent rendue nécessaire par un manque de confort général. Les objectifs fréquemment poursuivis à travers une rénovation sont : la recherche d'un plus grand confort, ne pas gaspiller (les ressources, l'énergie), faire des économies (financières), la réduction des nuisances sonores (nouveau vitrage, amélioration de l'isolation des murs), adaptation des fonctions, adaptation des techniques, problèmes constructifs ou structure dégradée, préserver l'environnement,... La rénovation est donc l'occasion d'augmenter l'efficacité énergétique du bâtiment. Les conseils, principes et raisonnements qui suivent, décrivent cette rénovation énergétique, et la complètent par d'autres considérations qui en font une réflexion globale durable, énergétique et écologique.

1. LE CONFORT THERMIQUE

La rénovation basse énergie permet d'améliorer considérablement le confort thermique de l'habitation. Ce confort thermique d'un bâtiment est déterminé en partie par les échanges par convection et rayonnement entre un local et l'individu (Figure 0.1). Ces échanges sont importants dans le bilan thermique du bâtiment. 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}).

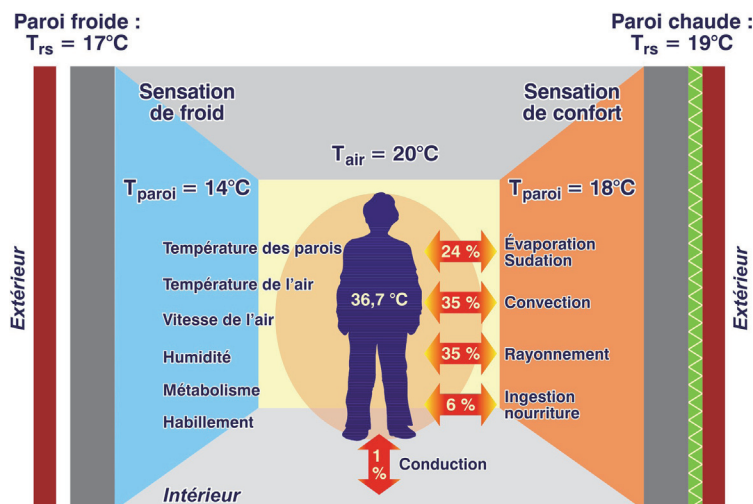


Figure 0.1 : Echanges thermiques entre l'homme et son environnement

La température de confort T_c est définie par une fourchette qui varie en fonction des saisons, de l'individu, de l'activité,... :

$$\begin{aligned} \text{en hiver :} \quad 19,8^{\circ}\text{C} \leq T_{op} = \frac{T_{parois} + T_{air}}{2} &\leq 24,2^{\circ}\text{C} \\ \text{en été :} \quad 22^{\circ}\text{C} \leq T_{op} = \frac{T_{parois} + T_{air}}{2} &\leq 26^{\circ}\text{C} \end{aligned} \quad (\text{En admettant 10 \% d'insatisfaits})$$

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. Ou autrement dit, au plus les murs sont isolés, au plus la température des parois sera élevée et au moins la consommation sera importante. D'ailleurs, l'homogénéité des températures des parois du local est un autre facteur de confort.

Isoler thermiquement une paroi, c'est la rendre moins conductrice de la chaleur et donc augmenter sa résistance thermique. En effet, la chaleur ne « pensant » qu'à s'échapper en hiver (ou à entrer, en été), il y a intérêt à l'empêcher de traverser la paroi extérieure soumise, en général, à la plus grande différence de température entre les deux faces. Ceci permet de garder les températures intérieures et des parois élevées et donc d'épargner l'énergie nécessaire à chauffer l'air ambiant intérieur.

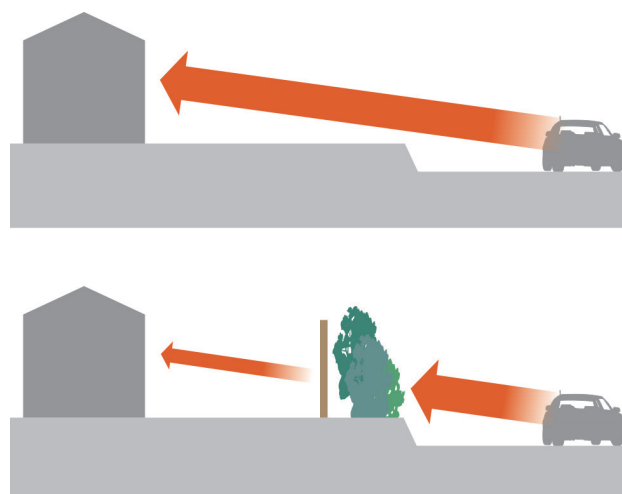
0. INTRODUCTION : POURQUOI RÉNOVER ?

2. LE CONFORT ACOUSTIQUE

Une rénovation est l'occasion d'améliorer le confort acoustique. Les habitants considèrent le bruit comme la première nuisance. Or 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 (moins de stress, de fatigues,...). Optimiser ou améliorer l'isolation acoustique de logements lors de sa rénovation est essentiel surtout dans les immeubles de logements collectifs, dans les zones de forte densité comme les centres-villes ainsi que dans les zones à forte nuisance sonore (zones aux alentours d'un aéroport, d'une gare, d'une autoroute,...).

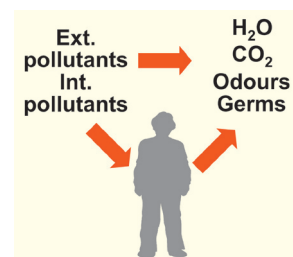
Pour cela, il faut veiller à :

- 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



3. LE CONFORT RESPIRATOIRE

La qualité de l'air est essentielle pour assurer le bon fonctionnement des processus métaboliques et l'hygiène de chaque individu. Maintenir une bonne qualité d'air permet de préserver l'individu des risques de contaminants et de polluants atmosphériques tels les germes pathogènes, les molécules organiques, les matières odorantes, gaz carbonique, etc. Si son renouvellement n'est pas suffisant, l'air, rapidement vicié, entraîne une respiration moins active et l'apparition d'une fatigue prématurée.



4. LE CONFORT VISUEL

Pour atteindre le confort visuel, il faut fournir un éclairage adapté à l'activité exercée et ce, dans tout le champ visuel de la personne car il faut éviter les contrastes trop marqués ou encore les éblouissements. Les éclairages naturels sont essentiels pour le confort visuel et lorsque leur intensité est bien contrôlée, ils sont sensiblement bien plus appréciable que l'éclairage artificiel !

Perspectives

La Belgique se trouve actuellement dans un tournant stratégique concernant l'utilisation rationnelle de l'énergie : la directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments (PEB) va l'obliger à remédier à certains de ses manques en la matière. Ainsi, les caractéristiques du parc immobilier devraient peu à peu être mieux connues via les audits énergétiques. La certification peut également amener une prise de conscience plus aiguë des ménages à propos de leur impact en terme d'utilisation d'énergie.

Cette amélioration semble bien nécessaire : 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. Une prise de conscience semble maintenant avérée au sein des corps de métiers, mais en retard sur certains de nos voisins. Et les habitants sont davantage prêts à faire des investissements qu'à changer leur comportement. Or lorsqu'on aborde la rénovation basse énergie, si un investissement est fait, il faudra également que le comportement de l'habitant évolue.

Cependant, pour saisir cette opportunité, il est nécessaire que les pouvoirs publics prennent des mesures fortes et surtout, cohérentes entre elles. Les nouvelles réglementations devront être accompagnées pour être « intégrées » par les professionnels. L'information sera également nécessaire pour faire connaître les instruments mis à la disposition des ménages pour mieux maîtriser leur consommation d'énergie.

Il est essentiel que l'architecte comprenne à quel point il est impliqué dans ce processus de rénovation et pour quelles raisons il devra s'y engager. Ces rénovations en basse énergie concernent plus de la moitié voire la majorité du parc de logement belge existant. Celui-ci ne répond pas, en effet, aux critères actuels et il faudra l'adapter aux nouvelles exigences non seulement de la construction mais aussi de ses occupants. Cette renaissance du bâtiment demande l'intervention d'un architecte pour concevoir avec un regard critique comment intégrer cette rénovation tout en respectant le bâtiment existant et son site d'implantation.

Définition du bioclimatisme

Concevoir bioclimatique, c'est renouer avec l'art de bâtir en symbiose avec l'environnement, la nature, le site d'implantation de la maison, la course du soleil. C'est retrouver quelques règles de bon sens.

L'évolution des 7 grands principes du bioclimatisme

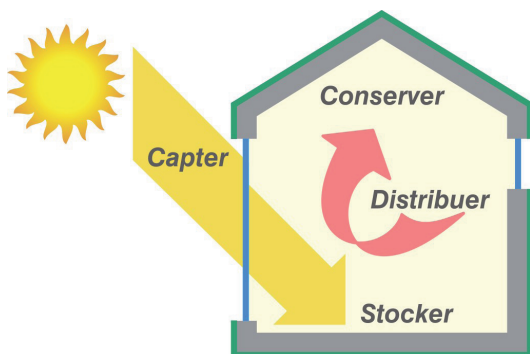
Construire ou rénover en ayant ces principes comme ligne de conduite, peut demander un travail de conception plus important.

1. CAPTER

Il faut pouvoir profiter de l'énergie solaire 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).

2. 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, sans ponts thermiques, et une bonne étanchéité. La conservation de la chaleur concerne tant la chaleur qui découle de l'ensoleillement, d'apports internes ou du système de chauffage. Cela révèle l'intérêt d'orienter les pièces selon leur fonction et de créer des zones d'ambiances thermiques différenciées.



3. STOCKER

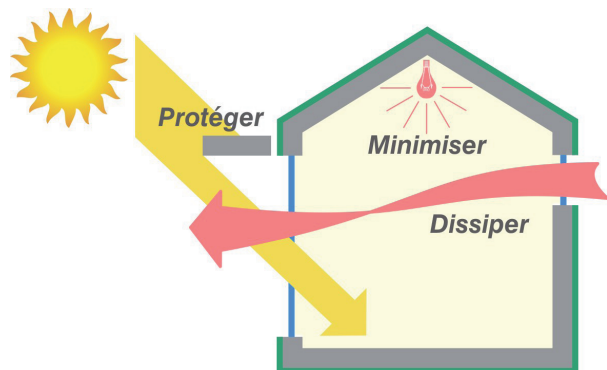
La capacité d'accumulation des matériaux du bâtiment permet de stocker en plus ou moins grande quantité la chaleur captée lorsqu'elle n'est pas nécessaire, dans le but de la restituer à un moment plus propice (cela reflète l'intérêt d'avoir de l'inertie). Stocker participe à minimiser les écarts de température 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, etc. qui permet ce stockage.

4. 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 joue un grand 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 fonction des pièces et de leur occupation.

5. PROTÉGER

La stratégie de « se protéger » se décline envers tous les extrêmes du climat, vents, précipitations, grands froids et canicules. Parmi ces extrêmes, seule la réponse aux canicules est plus complexe, et doit être nuancée. Il faut se protéger des surchauffes en été tout en gardant une luminosité et visibilité suffisante. (Voir plus loin, au point Protections solaires.)



6. 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 unilatérale, 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 d'assurer un refroidissement naturel efficace durant la nuit

7. 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.

Les facteurs d'évolution

L'évolution de la conception bioclimatique est due à différents facteurs. Les facteurs d'évolution majeurs et constants sont dus à l'augmentation des performances d'isolation, et donc des châssis, de l'étanchéité à l'air,... Cela a impliqué un développement nécessaire des systèmes de ventilation, une complexité des matériaux et de leur mise en œuvre, et des risques accrus de surchauffe.

Cette évolution est également liée à une conscientisation accrue des problèmes environnementaux, suite aux hausses conjointes des émissions de gaz à effet de serre et du prix de l'énergie.

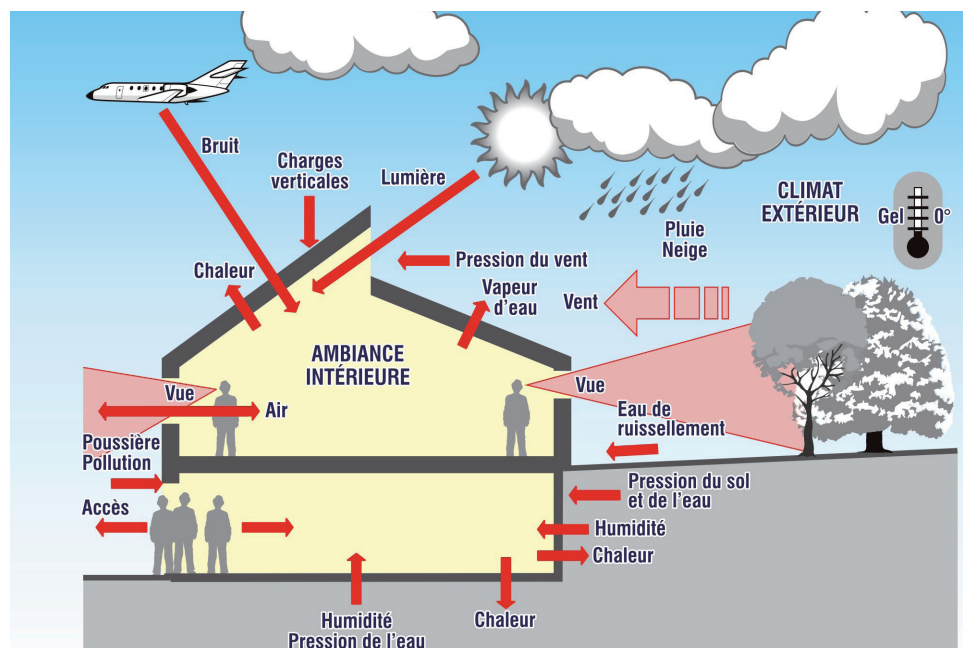


La mise en pratique du bioclimatisme

Le bioclimatisme peut être défini en pratique par une suite d'étapes de conception :

- > Mettre en évidence les **potentiels du terrain**, l'environnement proche, le microclimat c'est-à-dire qu'il faut concevoir une architecture qui :
 - bénéficie des avantages de son milieu
 - se protège des agressions du milieu
 - fait bénéficier d'améliorations durables l'environnement dans lequel le projet s'insère
 - protège le milieu de ses propres nuisances
- > Concevoir et dessiner le plan général de l'habitation, la position de chaque pièce, et les liens qu'elle entretient avec les autres, il s'agit du **programme**. Ce programme doit présenter une bonne **compacité**, et tenir compte des **orientations** des façades et de leurs particularités de manière à profiter des apports du soleil, de savoir s'en prémunir (éviter les surchauffes et le recours à la climatisation),...
- > Soigner l'**isolation continue** de l'enveloppe, autant d'un point de vue de la conception, que du point de vue de la réalisation. L'isolation permet de conserver la chaleur en hiver, et de se protéger des surchauffes en été.
- > Amortir les variations de température extérieure grâce à l'**inertie**.
- > Permettre une possibilité de **ventilation naturelle** grâce à une bonne implantation et conception du bâtiment (pour l'air hygiénique ou encore pour le refroidissement en été).
- > Optimiser l'**éclairage naturel** sans pour autant subir un éblouissement
- > Concevoir un **appoint de chauffage** permettant de s'adapter au mieux aux besoins du bâtiment, en fonction de son programme, de son orientation, de son exposition,...

Tous ces principes ont un effet plus ou moins important sur l'ambiance intérieure, la température du bâtiment et surtout sur son confort.



Rénovation durable : trois sphères

La rénovation durable arrive en droite ligne des principes du bioclimatisme. Dans le domaine de la rénovation des logements en Belgique, elle se définit, aujourd'hui, au travers trois sphères concentriques : l'énergie, l'environnement et le développement durable.

1. LE CONCEPT DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

La dégradation du milieu naturel et les modifications climatiques actuelles sont directement liées aux activités de l'homme.

Le maintien et le développement des activités humaines sur notre planète reposent sur l'existence des énergies disponibles mais il est important d'utiliser ces énergies de façon rationnelle et durable.

Apparu en mars 1987, dans le Rapport Brundtland de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement, le concept de développement durable donne des pistes de réflexion pour un « *développement qui réponde aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs* ».

2. LE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET LA CONSTRUCTION

Le concept de « construction durable » est apparu comme une problématique émergente du secteur de la construction. En effet, durant sa vie, le bâtiment est responsable, en Europe, de :

- 50 % du total des ressources naturelles exploitées
- 40 % des déchets produits
- 42 % des consommations d'énergie
- 30 % des émissions de CO₂
- 16 % des consommations d'eau

Pour répondre aux principes du développement durable, la construction durable doit intégrer trois exigences fondamentales : l'efficacité économique, l'équité sociale et le bien-être, et la préservation de l'environnement.

Ce concept repose sur les principes suivants :

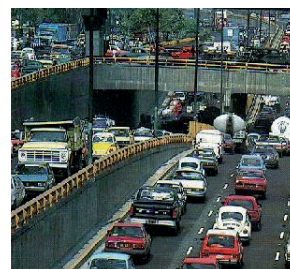
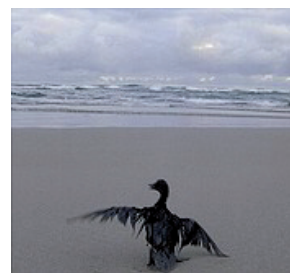
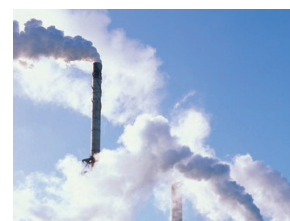
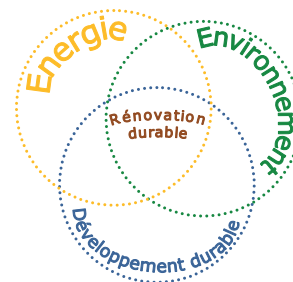
- la prise en considération de l'ensemble du cycle de vie des matériaux
- l'utilisation rationnelle et durable des ressources et le développement des énergies renouvelables
- la réduction des quantités de matière et d'énergie utilisées lors de l'extraction des ressources naturelles, de l'exploitation des produits et de la destruction ou du recyclage des déchets
- la limitation des nuisances sur l'environnement (bruit, déchets, pollution des sols, ...)

Et la rénovation de logements existants va dans ce sens : une forte économie est faite par rapport à la construction de logements neufs. Elle permet :

- de conserver au minimum la structure du bâtiment
- de profiter des réseaux existants (électricité, gaz, transports,...)
- de limiter la quantité de déchets (par rapport à une démolition complète)
- de limiter l'impact sur le paysage, et donc sur la ressource «sols» et sur son imperméabilisation, ...

Il est important de se rendre compte qu'un bâtiment durable n'est pas un bâtiment qui nécessite de recourir à des technologies très sophistiquées et chères. Au contraire, ce bâtiment met à profit une architecture de bon sens répondant au milieu local (site, climat, etc.), aux besoins présents et futurs. C'est donc un bâtiment qui pourra s'adapter à la constante évolution.

Le développement durable vise à prendre en compte les impacts du logement dans son environnement en observant toute une série d'autres critères tels que la situation du logement, les facteurs de mixité sociale, la connexion avec les transports en commun, la densité du bâti, l'utilisation des énergies renouvelables, la politique de gestion des eaux de pluies, d'épuration des eaux usées, le maintien de la biodiversité, l'utilisation de matériaux et de systèmes non-polluants, le recyclage, la santé, le confort, la sécurité, etc... La participation des occupants au processus de rénovation du ou des logements est essentielle pour les conscientiser et les responsabiliser. Il s'agit d'une approche intégrale.



Vers la rénovation basse énergie

Une rénovation peut être lourde ou succincte. Elle vise à récupérer la structure et à réhabiliter le bâtiment. Un changement de fonction peut être envisagé.

Lors du choix des travaux à effectuer, il est préférable de cibler et phaser les travaux, afin d'atteindre une qualité et une performance élevée plutôt que de disperser l'argent investi dans des demi-mesures. Une des mesures les plus importantes consiste en l'amélioration de l'isolation des parois, mesure qui n'est, hélas, pas beaucoup privilégiée lors des travaux. Ce peu d'engouement pour les travaux d'isolation peut se comprendre, du moins en partie, par la surestimation des performances d'isolation des habitations existantes. En effet, lorsqu'on a l'impression d'habiter un logement bien isolé, quelle utilité y aurait-il à investir davantage ? L'isolation des parois, techniquement plus lourde, a aussi été moins encouragée (pas de primes). Et, pour l'isolation par l'extérieur, il y a des obstacles urbanistiques. Différentes techniques d'isolation sont développées plus loin dans le texte comme la technique de l'isolation par l'extérieur, celle de l'isolation par l'intérieur ou encore celle du remplissage du creux entre les briques de façade et les briques porteuses (technique moins lourde à réaliser).

Il faut savoir que depuis les années quatre-vingt, les maisons basse énergie ($60 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ an})$) étaient déjà le standard des constructions nouvelles au Danemark et en Suède ! Et notons que le concept de « maison passive » ($15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ an})$ et $0,6 \text{ h}^{-1}$ sous 50 Pa (forte étanchéité du bâtiment)) est réellement apparu en Allemagne en 1988 ce qui fait déjà 20 ans ! Les premières maisons expérimentales de type « passif » ont été réalisées en 1991, à Darmstadt et, maintenant, en Allemagne et Autriche, ce concept est aussi appliqué intensivement pour la rénovation.

Actuellement la construction passive est devenue une réalité en Belgique pour la construction de nouveau bâtiment. Elle reste cependant, en rénovation et selon le type du bâtiment, parfois à coût élevé et difficile à réaliser. C'est pourquoi l'étape « intermédiaire » de la rénovation basse énergie sera développée au long de cet ouvrage.

En effet, le concept de maison passive permet de réduire radicalement la consommation de chauffage (Figure 1.1), mais un certain nombre de questions se pose en terme de techniques de chauffage et de production d'eau chaude, non conventionnelles, ainsi que pour le confort d'été. La conception du bâtiment reste un peu différente des « bâtiments traditionnels » et par une volonté d'isolation très nettement supérieure au standard actuel, la maison passive en arrive à devoir se protéger des gains solaires passifs, même l'hiver. Les notions de « capter, stocker, protéger, distribuer » doivent être très bien étudiées.

En rénovation, il est très difficile d'atteindre le standard passif (besoin spécifique de chauffage $< 15 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{an}$) suite en partie aux quantités d'isolant à mettre en œuvre. Pour atteindre un standard passif, une ventilation mécanique est d'ailleurs nécessaire, ce qui n'est pas intégrable sur tout type de bâtiment à rénover et qui plus est, l'étanchéité du bâtiment doit être très performante ($< 0,6 \text{ h}^{-1}$ sous 50 Pa (test Blower Door)) ce qui semble cependant réalisable. C'est pourquoi le standard basse à très basse énergie (besoin de chauffage annuel $\leq 30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{an})$ à $60 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{an})$), situé, juste avant le passif, est envisageable. S'il pourra paraître exigeant, il est tout à fait réalisable. Des exemples sous forme de fiche se trouvent sur le site www.lehr.be.

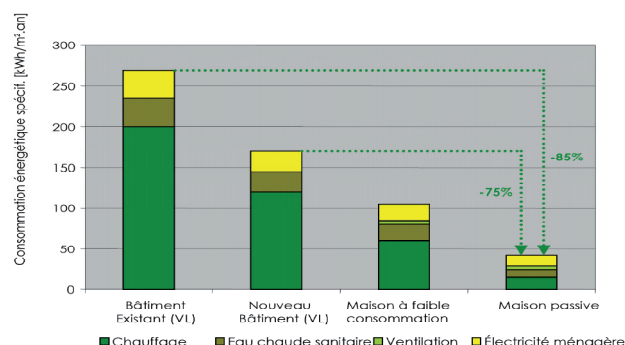


Figure 1.1 : Variation des consommations énergétiques de différents bâtiments en fonction de ses performances.

La rénovation basse énergie

Les principes de la rénovation basse consommation d'énergie sont quasi identiques à ceux d'une rénovation relativement importante ce qui fait que ce terme est souvent employé à « l'excès ». La rénovation basse énergie a la particularité de chercher à atteindre une certaine performance énergétique. Le niveau de cette performance est intermédiaire entre le standard belge actuel pour les nouvelles constructions (K45 pour le résidentiel) et le standard passif (standard international, certifié en Belgique par la Plateforme Maison Passive).

La construction tout comme la rénovation « basse énergie » ne sont pas définies en un standard, comme peut l'être la construction passive, car ici, il s'agit uniquement d'atteindre une certaine performance énergétique. Il est recommandé que le besoin de chauffage annuel (c'est-à-dire, évalué sans tenir compte du rendement de l'installation) soit inférieur ou égal à **60 kWh/(m².an)** soit 4x plus que pour le standard passif. Cette performance a été choisie sur base des définitions les plus souvent utilisées dans les différents pays européens. Elle doit être calculée et attestée suivant un Certificat PHPP version 2007.

Dans la région de Bruxelles-Capitale, pour bénéficier de la prime de rénovation basse énergie, il faut atteindre cette exigence des 60 kWh/(m².an).

Remarque : les m² correspondent aux m² de la surface énergétique du bâtiment (surface totale – les murs intérieurs et extérieurs = surface nette du plancher du volume protégé).

Cette unique restriction sur le besoin de chauffage s'explique par l'importance de cette consommation d'énergie au sein d'un ménage, comme le montre l'image Figure 1.2 (et notons l'impact de l'énergie primaire Figure 1.3). Les bilans énergétiques belges mettent en avant l'importance du chauffage : environ 75 % de l'énergie résidentielle utilisée par les ménages sert à chauffer leur logement. Le mazout et le gaz restent les deux principales sources d'énergie à égalité en Belgique. Un chauffage central équipe 70 % des logements : 69 % pour les maisons unifamiliales et 75 % pour les appartements.

Pour atteindre la performance basse énergie, voici les principes de bases à respecter :

- Enveloppe très isolée, double vitrage basse émissivité ($U < 1,1$ pour les vitres + menuiseries)
- Enveloppe étanche : une valeur n50 de 2 est recommandée depuis plus de 10 ans par les standards standards SIA (en Suisse) pour une ventilation naturelle et une valeur de 1 l'est pour une ventilation mécanique. Notons qu'une enveloppe moyennement étanche va jusqu'à $n50 = 7,8$ renouvellements d'air par heure sous 50 Pa (valeur par défaut facile à atteindre, test d'étanchéité Blower Door, pas obligatoire mais vivement conseillé car la valeur par défaut est « défavorable »), soit un taux d'infiltration de l'ordre de 0,3 renouvellement du volume d'air de la pièce en une heure.
- Système de chauffage (autre que la ventilation double flux)
- La ventilation naturelle avec extraction mécanique (système C) est possible jusqu'à +/- un K 30 sous certaines conditions. Elle n'est plus recommandée au-delà de ce niveau de performance.
- Certains ponts thermiques sont encore admissibles

Ces principes sont tout à fait adaptables à une rénovation.

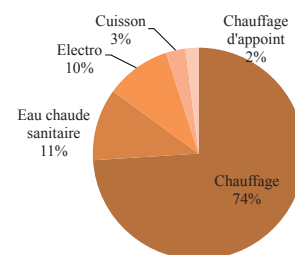


Figure 1.2 : Répartition des consommations des logements en fonctions du type d'occupation en Wallonie (Source ICEDD Bilan énergétique wallon 2005)

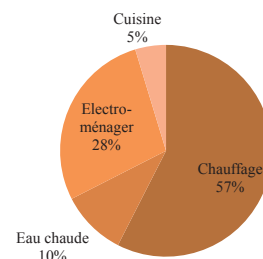


Figure 1.3 : Proportion d'énergie primaire utilisée par le résidentiel où en terme d'énergie primaire, l'électroménager pèse nettement plus lourd, réduisant l'importance du chauffage (qui reste cependant le plus gros poste). (Source : Test-Achats, 2007)



2. ANALYSE DU PARC DE LOGEMENT EXISTANT EN BELGIQUE

Ce chapitre est inspiré de l'ouvrage « La rénovation énergétique et durable des logements wallons : Analyse du bâti existant et mise en évidence de typologies de logements prioritaires », étude réalisée dans le cadre de l'IEA-SHC-Task 37, Architecture et Climat, Septembre 2008 et de «Le logement en Belgique, Enquête socio-économique 2001, Monographie» sous la direction du D. Vanneste, 2007.

Caractéristiques générales du parc de logements

Le parc immobilier belge est caractérisé par une structure centre-périphérie forte et récurrente autour des (grandes) villes. Du centre vers la périphérie, l'âge moyen des logements diminue, le nombre de maisons à quatre façades et de jardins augmente, le nombre d'appartements diminue et, en moyenne, le prix de l'immobilier (location, achat) se réduit. C'est principalement après la Deuxième Guerre mondiale, que cette structure a vu le jour, à la suite du développement de la mobilité due à la possession d'une voiture, induite par l'accroissement de la prospérité, les développements technologiques et le développement des infrastructures de transport.

En 2001, la Région flamande comprend 57,5% des logements en Belgique soit 2 348 025 (avec une évolution de 9,6 % par rapport à 1991), puis vient la Région wallonne avec 32,5 % des logements soit 1 327 084 (évolution de 9,5 % par rapport à 1991) et la Région de Bruxelles-Capitale, 10 % de logements avec 408 882 (évolution de 3,7 % par rapport à 1991). En Belgique, 44 % des logements sont situés dans les agglomérations.

Tableau 2.1 : Nombre et proportion de logements particuliers occupés, en fonction de leur différent degré d'urbanisation évolution 1991-2001

	Logements 1991		Logements 2001		Evolution (%)
	absolu	relatif	absolu	relatif	
Agglomération	1 712 473	45,7	1 794 454	43,9	4,8
Banlieue	476 402	12,7	545 455	13,4	14,5
Zone résidentielle des migrants alternants	726 035	19,4	810 007	19,8	11,6
Petite ville en zone rurale	438 413	11,7	487 484	11,9	11,2
Zone rurale	394 841	10,5	446 591	10,9	13,1
Total	3 748 164	100	4 083 991	100	9,0

Total = 100% = nombre de logements particuliers occupés – (les non-réponses et les caravanes)

Source: INS - ESE 2001. Analyse: Géographie KULeuven & UCL cité dans Enquête socio-économique 2001

La proportion de personnes isolées (célibataires, divorcés, veufs), généralement concentrés dans les agglomérations, croît. Cela entraîne une modification des préférences du mode d'habiter, qui se traduit notamment par un intérêt croissant pour les appartements. Les familles avec enfants semblent moins enclines à opter pour les agglomérations urbaines et préfèrent les banlieues vertes plus tranquilles et moins denses. Les familles monoparentales sont, elles plus présentes dans les agglomérations étant donné que souvent, elles ne peuvent assumer seules le coût financier d'une maison en banlieue.

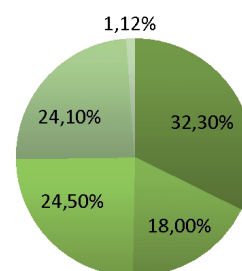
La Belgique possède un parc immobilier relativement vieux par comparaison avec d'autres pays européens. En effet chez nous, 15 % du parc immobilier date d'avant 1919 et 17 % remonte à entre 1919 et 1945, ces pourcentages sont respectivement de 11 % et 12 % en moyenne, en Europe.

1/3 du parc de logements belge, date d'avant 1945 et 2/3 date d'avant 1970 (Voir Tableau 2.2). La Wallonie compte, par rapport à 1991, toujours une proportion plus élevée de logements anciens : plus d'un quart de tous les logements wallons actuels ont été construits avant 1919. La proportion la plus importante de nouvelles constructions se situe en Flandre. Cette constatation issue de l'histoire régionale, met en avant un certain potentiel de rénovation en Belgique. La Wallonie a davantage l'habitude de rénover aussi bien au cours de la période 1981-1990 que 1991-2000 et la proportion de travaux de rénovation y est toujours la plus élevée. En termes relatifs, la proportion de travaux de rénovation a augmenté le plus fortement à Bruxelles et en Flandre, de 1991 à 2001. En tout pour cette période, 353 587 logements ont été rénovés en Belgique.

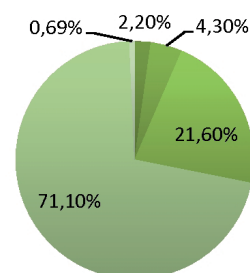
En 2001, ce sont les logements construits après 1961 qui font davantage l'objet de transformations qu'auparavant. Cette tendance va de pair avec l'accroissement de l'achat de logements existants au détriment de la construction de nouveaux logements, avec l'augmentation des prix et enfin avec l'intérêt pour l'investissement immobilier.

En Belgique, la maison unifamiliale avec jardin est le type de logement le plus courant (Figure 2.1). Entre 1991 et 2001, cette tendance s'est encore accrue. La Flandre et la Wallonie diffèrent relativement peu sur ce point. Par contre, Bruxelles présente une structure urbaine plus marquée et enregistre donc une part importante de logements collectifs avec ou surtout sans jardin.

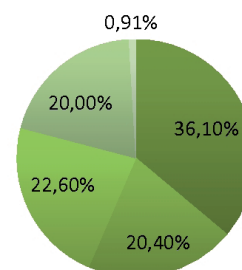
Belgique



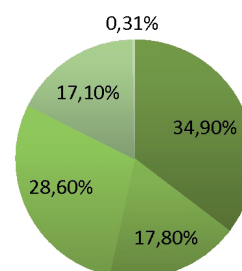
Bruxelles-Capitale



Région flamande



Région wallonne



■ Maison unifamiliale 4 façades
■ Maison unifamiliale 3 façades
■ Maison unifamiliale mitoyenne
■ Appartements
■ Autre type

Figure 2.1 : Répartition des types de logements

2. ANALYSE DU PARC DE LOGEMENT EXISTANT EN BELGIQUE

Tableau 2.2 : Logements selon l'année de construction et la région (en %)

Année de création	Région flamande		Région wallonne		Région de Bruxelles- Capitale		Belgique	
	1991	2001	1991	2001	1991	2001	1991	2001
Avant 1919	12,6	9,3	33,2	27,1	17,3	15,9	19,5	15,4
1919 – 1945	16,8	15,1	17,3	18,1	25,2	26,3	17,7	17,0
1946 – 1970	37,7	31,9	27,1	23,7	41,1	37,7	34,7	29,8
1971 – 1980	20,7	17,2	15,7	14,0	12,7	11,2	18,4	15,7
1981 – 1990	12,2	11,2	6,7	7,0	3,7	3,5	9,7	9,3
1991 – 2000	-	15,3	-	10,1	-	5,4	-	12,9
Transformations de 1991 à 2001	6,4	9,8	9,2	10,8	5,6	9,4	7,2	10,1

(Source: INS - RPL 1991 et ESE 2001, calculs OASes cité dans Enquête socio-économique 2001)

Caractéristiques énergétiques et équipements

Le Tableau 2.3 montre que les plus anciens bâtiments, en général, ont été rénovés pour s'adapter à l'évolution du confort (à quelques exceptions près). Par contre, leur évolution au niveau énergétique, elle, n'a pas suivi : peu de logements anciens présentent une isolation équivalente à celle des nouveaux logements.

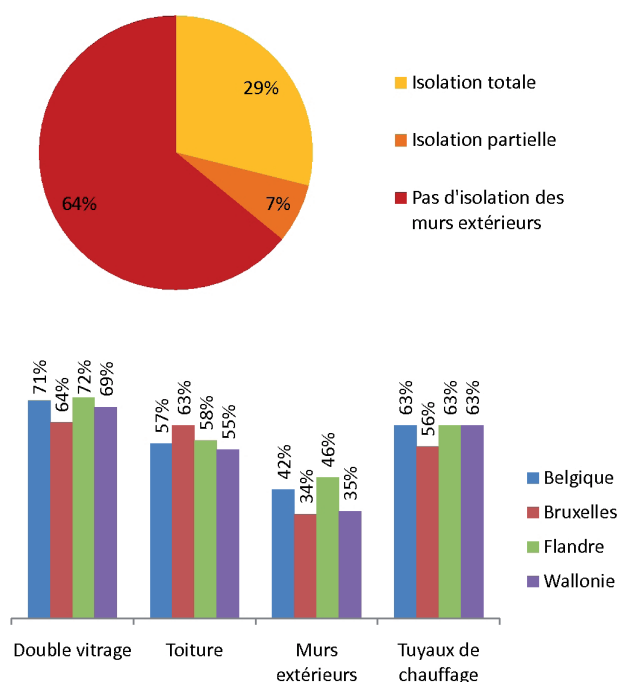
Tableau 2.3 : Equipement des logements selon la période de construction (en %)

Equipement	Avant 1919	1919 - 1945	1946 - 1970	1971 - 1990	Après 1990
Toilettes *	94,3	95,6	96,6	98,1	98,7
Salle de bain *	90,7	92,7	97,4	99,3	99,3
Chauffage central	58,7	60,4	78,6	85,6	87,0
Charbon	6,2	4,7	2,1	0,7	0,2
Ligne téléphonique	85,5	84,8	89,8	92,1	87,1
Connexion à Internet	26,4	25,9	23,5	39,1	41,1
Isolation :					
Double vitrage	61,4	63,7	65,1	85,5	98,5
Toit	42,7	45,7	47,7	75,2	91,4
Murs intérieurs	15,1	17,3	26,8	71,1	92,9
Tuyaux de chauffage	50,9	51,4	63,1	76,3	79,7

* Présence d'au moins 1 exemplaire.

(Source: INS - ESE 2001 - Population, Calculs OASes cité dans Enquête socio-économique 2001)

Or, si l'on vise un niveau «basse énergie» (qui reste encore à définir en Wallonie), à l'exception de quelques rares logements récents (et encore ...), il s'avère que la qualité énergétique de la toute grosse majorité des logements belge est médiocre, voire mauvaise. Si un logement neuf répond à la norme K45, il n'atteint pas le niveau basse énergie de 60 kWh/(m² an), le K45 est plutôt aux environs de 90-100 kWh/(m² an).



Cependant, l'isolation thermique de l'enveloppe (murs extérieurs, toitures, fenêtres, sols) est le plus souvent très faible, voire absente. Pourtant, l'isolation permet une bonne amélioration du confort et une économie substantielle. Ainsi, l'enveloppe de 64% des logements wallons n'est pas isolée contre seulement 29% qui ont leurs murs extérieurs totalement isolés. Et les épaisseurs mises en œuvre sont plutôt faibles (seulement 16% > 6 cm). Notons que les matériaux isolants les plus fréquents sont les panneaux synthétiques et la laine minérale.

Exemple dans la Région de Bruxelles-Capitale où les bâtiments existants ont un impact très lourd sur la facture énergétique de la Région, du fait de leur nombre et de leur faible rythme de rénovation. Le taux de rénovation est d'environ 1% du parc existant par an. Actuellement, 9% des logements de cette région sont postérieurs au premier choc pétrolier ce qui veut dire que la présence d'une isolation thermique lors de la construction est probable uniquement pour ceux-là.

Figure 2.2 : Isolation des murs extérieurs : % des logements ayant des murs isolés (Source : Enquête-qualité 2007 - DGAT-LP, MRW)

Figure 2.3 : Part des logements équipés d'un système d'isolation en 2001 (Source DGSIE - Enquête socio-économique 2001)

Type d'occupation, type d'occupant (propriétaire ou locataire)

En 2001, les propriétaires occupaient 2 709 868 logements et les locataires 1 188 255. Le nombre de propriétaires est passé d'environ 65% à près de 70% en 10 ans. Dans toutes les régions, le nombre de logements loués diminue au profit de la propriété.

Pour ces logements en location, généralement moins confortables, on peut compter quatre catégories de propriétaire en Belgique (en 2001) : les propriétaires privés (67,4 %), les sociétés de logements sociaux (20,7 %), les sociétés privée (8,9 %) et les institutions publiques (3 %).

La Belgique enregistre un taux de propriété de près de 70 %. Les locations sont également réparties entre les maisons unifamiliales et les appartements. C'est la situation économique et sociale qui dicte le choix d'un logement locatif. Quatre profils de locataires ressortent :

- les personnes et familles à faibles revenus
- les locataires temporaires (ex.: cadres étrangers)
- les personnes qui attendent une stabilisation de leur vie familiale (ex: jeunes professionnels, etc.).
- les isolés, des couples sans enfants et des jeunes ménages

Tableau 2.4 : Indicateurs de logement selon le mode d'occupation (propriétaires et locataires) par région (en %)

		Région flamande		Région wallonne		Région de Bruxelles-Capitale		Belgique	
		1991	2001	1991	2001	1991	2001	1991	2001
Propriétaires	Type de logement n =	27 993	31 111	14 955	15 792	2 476	2 544	45 424	49 447
	Maison unifamiliale	94	93	97	97	51	49	93	92
	Logement collectif	6	7	3	3	49	51	7	8
	Transformations n =	29 316	31 167	16 060	16 397	3 060	2 978	48 436	50 542
		7	10	11	11	6	10	9	11
Locataires	Type de logement n =	11 025	9 949	6 385	6 073	3 648	3 414	21 058	19 436
	Maison unifamiliale	55	50	65	57	9	9	50	45
	Logement collectif	45	50	35	43	91	91	50	55
	Transformations n =	12 268	8 942	7 297	5 402	4 470	2 840	24 035	17 184
		4	8	6	11	5	9	5	9

(Source: INS – RPL 1991 et ESE 2001: échantillon 2%: VUB, Calculs OASes.)

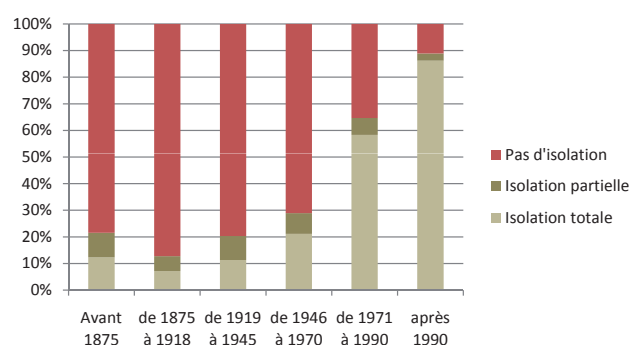
Plus de huit propriétaires sur dix vivent dans une maison unifamiliale avec jardin. Dans la catégorie des locataires, ce sont les maisons unifamiliales avec jardin et les logements collectifs sans jardin qui dominent (excepté à Bruxelles). La proportion de maisons unifamiliales avec jardin diminue toutefois au profit des logements collectifs sans jardin.

Il apparaît aussi globalement et en toute logique que les propriétaires rénovent davantage que les locataires. Cependant, la proportion de rénovations effectuées par les locataires est toutefois celle qui, proportionnellement, a augmenté le plus.

Identification des groupes différenciés de logements avec un haut potentiel de gains énergétiques

La Figure 2.4 confirme qu'il y a un potentiel énorme de gains énergétiques sur les plus anciens bâtiments qui sont extrêmement mal isolés. Elle révèle que c'est à partir des crises énergétiques des années 70 que l'isolation des murs commence lentement à se généraliser. Mais il en ressort que lors de rénovations ou transformations, si l'isolation des toitures et le remplacement des fenêtres sont des pratiques courantes, la post-isolation des murs reste cependant très rare.

Figure 2.4 : % logements ayant des murs isolés en fonction de leur époque de construction (Chiffres < Enquête-qualité 2007 - DGATLP, MRW)



3. COMMENT ABORDER LA RENOVATION

L'analyse du parc de logements a révélé l'importance du bâti existant et de son ancienneté vu que par exemple, 90% du parc de logements bruxellois est antérieur à 1980. Cela implique l'intérêt de la rénovation. En effet, il n'est pas nécessaire de se tourner directement vers de nouvelles constructions, les bâtiments existant ont un avenir grâce aux techniques de rénovation. Selon les types de bâtiment, la nature des travaux à réaliser et les méthodes à développer seront différentes. Il n'y a pas une seule manière de faire mais une multitude. Ceci reflète l'intérêt de développer une stratégie.

Il faut se fixer certains objectifs énergétiques et durables, et ce, avant même d'entreprendre la conception d'un projet de rénovation de logement. Les objectifs dépendront du type de bâtiment à rénover et détermineront l'ampleur des travaux de rénovation. La volonté du concepteur est primordiale car cela permettra ou non :

- de travailler de manière globale en intégrant d'autres priorités que l'énergie
- de travailler en prenant en compte le contexte existant (environnement, social, économique)
- de rendre acteur les (futurs) occupants du ou des logements au processus de la rénovation afin de la conscientiser et de les responsabiliser.

Une rénovation énergétique aura un impact direct sur :

- les consommations de chauffage
- la sensation de confort

Et peut s'étendre à une diminution de :

- la consommation de l'eau-chaude-sanitaire
- la consommation d'électricité
- la puissance de l'installation de chauffage

Il est fréquent que les mesures ayant fait leurs preuves pour des bâtiments neufs, notamment celles touchant à l'architecture, ne puissent pas être mises en œuvre dans le cadre des rénovations.

La plupart des mesures sont cependant transposables, mais leur impact est différent (souvent plus élevé) car la situation initiale n'est pas la même : plus l'état du bâtiment est mauvais, plus l'impact des rénovations sera significatif.

De nouvelles mesures viennent s'ajouter comme celle concernant les ponts thermiques que l'on rencontre fréquemment dans les anciens bâtiments et qu'il faudra solutionner.

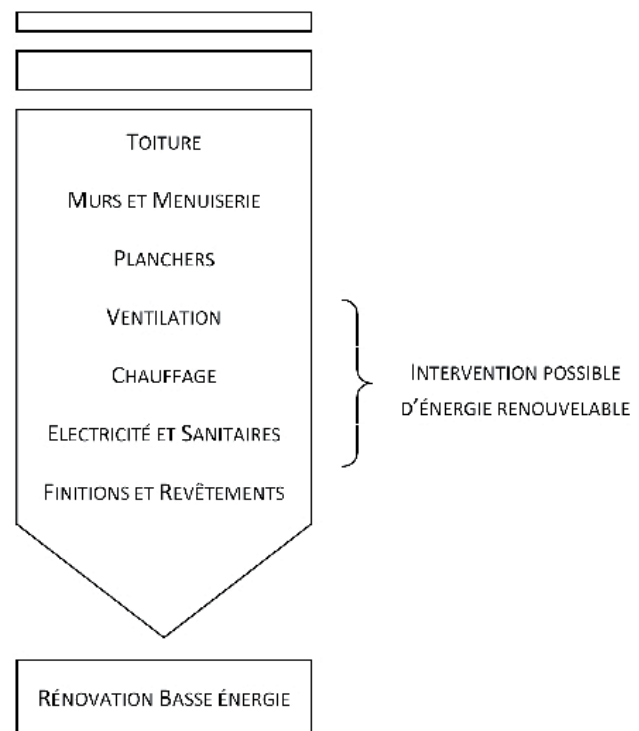
Les indications relatives à l'efficacité des mesures de rénovation, notamment celles touchant à la construction, doivent être établies par un calcul détaillé au cas par cas vu le nombre de paramètres pouvant influencer les résultats. Les indications fournies ici ne seront qu'à titre indicatif.

Le tableau ci-contre reprend les mesures destinées aux bâtiments neufs qui sont applicables en rénovation.

Le programme clef établi pour atteindre le niveau basse énergie peut être important dans certains cas. Le schéma complet est repris ci-contre.

Applicabilité des mesures destinées aux nouveaux bâtiments pour la rénovation d'anciens bâtiments	
Applicable avec peu ou pas de modification	Châssis de fenêtre Part des châssis de fenêtres Installation de renouvellement d'air Photovoltaïque Préparation eau chaude sanitaire
Non applicable	Forme du bâtiment Orientation du bâtiment Orientation des fenêtres
Applicable, effets différents	Toutes les autres mesures destinées aux nouveaux bâtiments
Mesures supplémentaires	Joints d'étanchéité au vent Nouveaux balcons Vitrages de balcons Rénovations ou modification de fenêtres ou création de nouvelles baies Isolations des tuyaux

(Source : Fiche thématique Projet RELOSO, Matriciel)



3. COMMENT ABORDER LA RENOVATION

Si dans un premier moment, il faut s'appliquer à l'aspect de la conception, après ce sont les systèmes qu'il faut bien souvent développer. Les énergies renouvelables sont alors envisageables vu que les besoins énergétiques ont diminué. Et, tout au long du projet, pour compléter cette rénovation basse énergie, il y a l'aspect de l'environnement à prendre en compte.

Pour cibler au mieux les investissements à réaliser lors de la rénovation, il est intéressant d'effectuer un audit énergétique. Ceci permettra de mettre en évidence les performances thermiques des différentes parois du logement et la pertinence d'amélioration de celles-ci.

Pour plus de renseignements sur les primes :

Région de Bruxelles-Capital : <http://www.ibgebim.be/>

Région flamande :

<http://www.energiesparen.be/subsidies>

Région wallonne :

<http://energie.wallonie.be/fr/>

Les différentes étapes de la réalisation d'une rénovation basse énergie

1^{ère} étape : mise sur pied des intervenants et définition du projet

2^{ème} étape : établir le programme des besoins et prise de décision du client

3^{ème} étape :

- avant projet et prise des décisions finales
- plan d'exécution
- contrat
- livraison et qualité assurance
- suivi de la maintenance énergétique

Illustration de l'investissement et du temps de retour à prévoir pour l'isolation d'une rénovation basse énergie :

Prenons l'exemple d'une ancienne maison de 250 m²

	Avant rénovation	Après rénovation basse énergie
Coefficient global d'isolation thermique	180 kWh/m ² an	60 kWh/m ² an
Consommations	250 x 180 = 45 000 kWh/an	250 x 60 = 15 000 kWh/an
Consommation de gaz	4 500 m ³ de gaz/an	1 500 m ³ de gaz/an
Coût du chauffage	2 250 €/an	750 €/an
Gain	-	1 500 €/an

Prix de la prime pour la Région de Bruxelles-Capital en fonction des m² au sol concerné par la rénovation basse énergie :

La performance à atteindre ne précise pas comment le faire car seul le résultat compte. Les m² pris en compte seront donc les m² plancher concerné par la rénovation (par adresse et par appartement).

- 100 €/m² pour les 150 premiers m²
- 50 €/m² pour la suite

$$\begin{array}{rcl} 250 \text{ m}^2 : & 15\,000 \text{ €} & \\ + & 5\,000 \text{ €} & \\ \hline = & 20\,000 \text{ €} & \end{array}$$

La prime pour un bâtiment basse énergie à Bruxelles est de maximum 200 000 € par demandeur, par chantier ou par site).

Isoler une maison de 250 m² coûtera plus ou moins le double du prix obtenu grâce à la prime (soit +/- 40 000 € (dépend de beaucoup de paramètres). Actuellement (début 2009), l'isolation est complètement « remboursée » à partir de 13 ans. Ceci est calculé en considérant un chauffage au gaz naturel (5 c€/kWh = 0.05 €/kWh) mais il ne tient pas compte de l'évolution du prix du carburant. En tenant compte de l'évolution du prix du carburant avec un taux d'augmentation de 4,3% par an, l'isolation est complètement « remboursée » à partir de 11 ans.

Ces deux calculs de rentabilité ne tiennent pas compte du rabattement fiscal de 40%, plafonnée à 3250 €.

Les coûts de la rénovation peuvent être réduits en faisant un maximum soi-même et en employant des éléments préfabriqués.

Conception

La rénovation énergétique et durable parfaite n'existe pas, elle est toujours une suite de compromis. C'est ce que nous allons découvrir au long des différents thèmes abordés dans ce chapitre : la conception, les systèmes, les énergies renouvelables et la gestion de l'ensemble de ces nouvelles données.

Le but premier d'une rénovation est le plus souvent d'augmenter le confort intérieur et la relation avec l'environnement extérieur. Elle peut impliquer un changement de fonctions et permettre des économies d'énergie. La rénovation peut donc être profonde et modifier le bâtiment mais la base restera inchangée.

Il faut avant tout se focaliser sur un travail de conception c'est-à-dire, avant de penser aux systèmes dynamiques (systèmes de ventilations performants, de production d'énergie ou de production d'énergies renouvelables), il faut favoriser les caractéristiques fixes ou passives de l'ordre de la conception qui sont :

- Généralement plus durables car il est rare de refaire des travaux sur l'enveloppe dans les décennies qui suivent la rénovation.
- Moins coûteuses, car mise en œuvre simple, matériaux simples, ...
- A contrario, les technologies associées aux systèmes dynamiques demandent un entretien, une gestion, de l'énergie et elles peuvent « tomber en panne ».



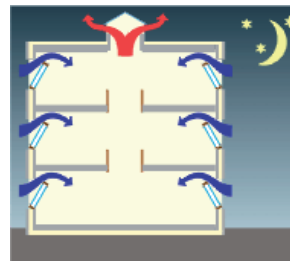
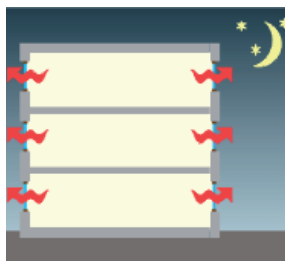
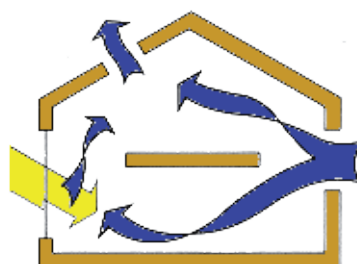
1. L'ORGANIGRAMME

La distribution et l'organisation du programme doivent être repensées en fonction de l'orientation et de l'environnement du bâtiment, en privilégiant par exemple les pièces de vie au sud et les services au nord. Il faut cependant observer que, pour les pièces de service telles les cuisines, salle de bain, ... où la température est généralement plus élevée que celle des autres pièces, plus ces pièces se trouvent en contact avec des façades, plus leurs déperditions thermiques seront importantes. La chaleur de ces pièces profitera donc moins aux pièces voisines. Il faut donc trouver un équilibre entre le confort (entre autre visuel) et les économies d'énergie envisageables.

Ce principe n'est pas toujours si simple à appliquer. En effet, si le jardin est orienté au nord, faut-il choisir de grouper les pièces de vie au sud ou bien privilégier une ouverture vers le jardin ?

La réponse à cette question ne pourra être tranchée judicieusement qu'au cas par cas, en fonction de la situation particulière, et des souhaits des occupants. Une solution envisageable est de grouper les pièces de vie dans un grand espace ouvert, de la façade nord à la façade sud, permettant ainsi de profiter du rayonnement solaire au sud, et du contact avec le jardin, au nord, tout en étant dans la même pièce. Notons que ce dernier système facilite la ventilation transversale en été.

Dans les habitats collectifs, il faut en tout cas éviter si possible les logements n'ayant qu'une seule façade, surtout en cas d'orientation nord ! Les logements traversants, ayant deux façades opposées, présentent en effet plusieurs avantages : la présence du soleil de manière différente, et à des moments différents de la journée, une possibilité de ventilation intensive par courant d'air d'une façade à l'autre, pour le rafraîchissement estival.



2. LES SYSTÈMES CONSTRUCTIFS ET MATÉRIAUX

Le choix d'un système constructif et des matériaux de construction constitue souvent une des premières préoccupations lors de la conception d'un bâtiment. En rénovation, la construction existante est déjà définie par ces caractéristiques. Il est important de pouvoir les identifier, afin de préserver, accentuer ou minimiser certaines propriétés physiques et dynamiques, comme l'inertie, l'étanchéité, l'isolation, la ventilation, la présence de ponts thermiques.

Au cours du siècle dernier, la composition des murs extérieurs a fortement évolué : les murs «traditionnels» sont souvent constitués de matériaux massifs, épais et c'est après 1945, que ce fera la généralisation des «murs creux». Ceux-ci dissocient les fonctions porteuses et de protection contre les intempéries. L'isolation de la coulisse de ces murs creux se généralisera suite aux premières crises énergétiques.

A une période de construction d'un logement, une composition de mur peut y être associée. Les matériaux de parement sont quant à eux plus diversifiés : la terre cuite, la pierre, le crépi ou enduit, le béton, le bois,...

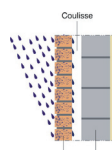
Mur massif souvent très épais : correspond à une construction de type vernaculaire (18^e, 19^e, début 20^e). Les matériaux sont liés aux ressources locales : bois, terre crue ou cuite, pierre, torchis...



Mur plein en briques : il est fréquent jusqu'aux années 50. Matériaux «traditionnels» (bois, terre cuite, pierre) et/ou de matériaux industriels (fonte, acier, béton, terre cuite hourdée...).



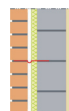
Mur creux «première génération» : il apparaît dans l'entre-deux guerres et présente des liens fréquents entre le mur porteur et le parement, en maçonnerie ou béton (ponts thermiques, risques d'infiltration).



Mur creux de la «2^{ème} génération» : il va se généraliser au cours des années 70. Il consiste en une solidarisation du mur porteur et du mur de parement par des ancrages ponctuels en acier.



Mur creux isolé : il devient fréquent à partir des années 80 et comporte une isolation partielle puis totale de la coulisse.



Les performances visées pour atteindre un niveau de rénovation basse énergie (1) :

Coefficient de transmission thermique (U maximum)	Niveau Basse Energie	Epaisseur approximative d'isolant pour le niveau basse énergie (2)	Niveau Maison Passive
Mur extérieur	0,3 W/m²K	10-12-14 cm	0,15 W/m²K
Fenêtres (U maximum ensemble vitrage-châssis)	1,5-1,8 W/m²K	double vitrage basse émissivité	0,8 W/m²K
Toitures	0,2 W/m²K	18-20 cm	0,15 W/m²K
Dalle de sol	0,3 W/m²K	10-12 cm	0,15 W/m²K

(1) Ce tableau donne une idée des performances des parois à atteindre mais ces performances varieront selon que le bâtiment se trouve à Oostende ou à Arlon. De plus, et surtout pour le niveau passif, ces valeurs restent théoriques voir indicatives car elles sont calculées et interviennent dans un ensemble lors du calcul du PHPP.

(2) Les épaisseurs d'isolant proposées dépendent de la composition initiale de la paroi considérée. Les valeurs avancées permettent donc d'avoir une idée de l'épaisseur à envisager mais elles restent non représentatives de toutes les situations ! Elles doivent être calculées pour chaque cas. (Calculé avec de la laine de roche (matériaux recyclables) $\lambda = 0,045 \text{ W/(mK)}$)

3. LES OUVERTURES

Une répartition inégale des surfaces vitrées selon les différentes orientations exerce une influence considérable sur les gains solaires. L'orientation des fenêtres vers le sud est thermiquement plus intéressante en raison des gains solaires importants réalisés pendant la saison de chauffe.

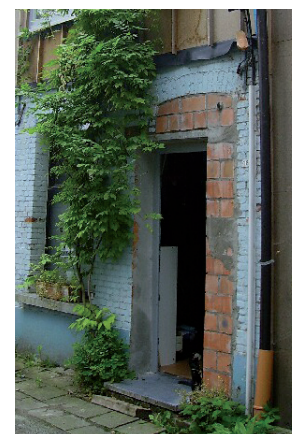
Typiquement, une répartition de 50 % des fenêtres vers le sud, de 20 % vers l'ouest et l'est et de 10% vers le nord offre une économie d'énergie supplémentaire moyenne de 1500 kWh par an (soit 150 litres de fuel), par rapport à une répartition égale du vitrage sur les 4 façades. Globalement, les orientations entre le sud-est et le sud-ouest sont les plus avantageuses. Les grandes surfaces vitrées vers l'est ou l'ouest peuvent entraîner des problèmes de surchauffe des locaux en raison de la position basse du soleil le matin et le soir.

En principe, les grandes surfaces vitrées, orientées vers le soleil, sont intéressantes pour récupérer des gains solaires. Dans la pratique, il convient toutefois d'y apporter quelques nuances, car en dépit des progrès technologiques récents, le vitrage présente toujours un pouvoir d'isolation nettement inférieur à celui des parties opaques et les pertes par transmission augmentent considérablement lorsqu'on étend la surface vitrée. En ce qui concerne les problèmes éventuels de surchauffe en été et de confort thermique en hiver, il convient d'éviter les trop grandes surfaces vitrées, même lorsqu'elles sont orientées au sud (voir Tableau 4.1). La pénétration de la lumière du jour sera souvent décisive pour déterminer la dimension des surfaces vitrées. Ici aussi, la modération s'impose : trop de lumière provoque l'éblouissement et un inconfort visuel.

Tableau 4.1 : Pourcentage de surface vitrée recommandé en fonction de l'orientation

Orientation	Pourcentage de surface vitrée recommandé par rapport à la surface du local
Sud	> 15% Les protections solaires deviennent nécessaires lorsqu'on dépasse les 18%
Ouest	entre 10% et 18%
Est	entre 10% et 18%
Nord	entre 10% et 18%

(Source : Advanced housing renovation with solar and conservation, IEA SHC TASK 37)



3.1 Modification de baies existantes

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.

Ces règles générales sont souvent **plus difficilement applicables en rénovation** car les modifications de baies sont coûteuses, mais peuvent s'avérer intéressantes du point de vue thermiques et même indispensables dans certains cas. Il est possible également de rendre opaque une partie de l'ouverture avec un châssis adapté.

Ce dimensionnement énergétique doit cependant « composer » avec d'autres considérations : composition esthétique des façades, relation avec le jardin, s'il existe, proximité à la rue, au domaine public.

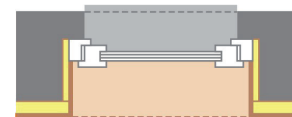
Il faut un éclairage naturel suffisant, tout en évitant l'éblouissement. Un plafond lisse et clair augmente la luminosité, des surfaces claires bordant la fenêtre limitent le contraste entre la luminosité intérieure et extérieure.

Cependant, pour réaliser une isolation performante, que ce soit à l'extérieur ou à l'intérieur, il importe de parfaire la continuité de l'isolation. Pour ce faire, il faut soit élargir la baie, pour permettre les retours d'isolants, soit réduire la dimension des châssis (selon l'épaisseur de l'isolant rajouté). Comme c'est la modification du linteau qui est le plus coûteux, on peut envisager de conserver le haut tel quel, de descendre le seuil et l'appui de fenêtre intérieur, et de descendre le châssis pour, par exemple, agrandir la baie.

Pour rejoindre le principe de répartition inégale des fenêtres sur les différentes façades, on peut développer le raisonnement suivant :

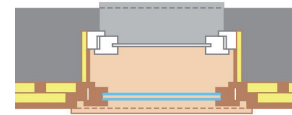
- en façade nord ne pas modifier la maçonnerie des baies existantes, et réduire la dimension du châssis de l'épaisseur de l'isolant
- au sud, tant qu'à devoir agir sur la structure portante du mur, autant en profiter pour agrandir les baies en suffisance

Ext.



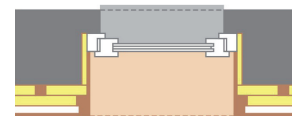
Int.

Ext.



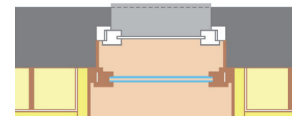
Int.

Ext.



Int.

Ext.



Int.

3.2 Conservation de la baie existante

Comme pour la plupart des paramètres de la rénovation, l'utilité et la rentabilité du remplacement d'un châssis, dépend du gain de confort et d'énergie que l'on veut atteindre, et de l'état du châssis : entretien des cadres, bon fonctionnement des charnières, étanchéité des joints.

S'il présente d'importantes fuites d'air inconfortables, il sera certainement utile de le changer. Par contre s'il est encore bien étanche, mais avec du simple vitrage, il est envisageable de remplacer seulement le vitrage.

Si un châssis double vitrage première génération (vitre, air, verre, $U = 2,8 \text{ (W/(m}^2\text{K))}$) a été bien entretenu, il ne sera pas très rentable de le remplacer, seul le vitrage pourrait être remplacé. Cependant, si l'isolation générale du bâtiment est fortement augmentée, il sera préférable de conserver la continuité de performance de l'isolation et donc de placer aussi des châssis plus performant.

L'« avantage » des vitrages peu isolants était de montrer par la condensation sur leur surface le besoin d'aérer le local. Suite à leur remplacement par un vitrage efficace, cette condensation se fera sur les murs, où elle est moins visible et pourra provoquer des moisissures, surtout s'il y a une mauvaise ventilation. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre une ventilation hygiénique de qualité lors d'une rénovation des menuiseries. Des grilles de ventilation peuvent être intégrés pour permettre une ventilation hygiénique. Il est essentiel d'avoir une bonne hygiène de vie et d'aérer régulièrement les pièces.

L'amélioration des châssis va dépendre du contexte existant : leur état, les possibilités techniques disponibles, si ce sont des châssis sur façade classée, le type d'implantation, l'orientation, la hauteur du châssis par rapport au sol (exposition aux intempéries, vandalisme, ...).

De manière générale, le châssis doit être posé dans le plan de l'isolation ou au plus près. Mais on peut relever trois manières de rénover les châssis.

Conserver les châssis existants en les modifiant éventuellement, et intervenir sur le vitrage

Si le châssis est isolant (bois, PVC, polyuréthane, alu à coupure thermique), en bon état et adaptable, il peut être conservé. L'intervention consistera soit :

- au **remplacement** d'un vitrage par un vitrage plus isolant (Figure 4.1 et Figure 4.2, illustrant la pose d'un profil d'adaptation en bois ou en aluminium, en fonction du type de châssis)

Les modifications nécessaires pour pouvoir incorporer un double vitrage n'est pas faisable sur certains châssis (profils en bois trop faibles, profils en PVC ou Alu impossibles à modifier). Dans ce cas, seule la pose d'un survitrage est alors possible.

- au 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 ne représentent pas un double vitrage au sens « double vitrage isolant » car le coefficient de transmission thermique est de $U = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ au lieu de $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ pour un nouveau double vitrage.

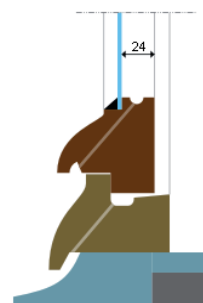


Figure 4.1 : Châssis en bois avec vitrage simple existant

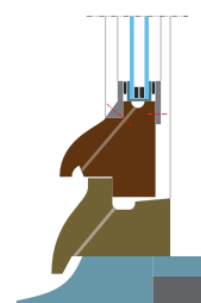
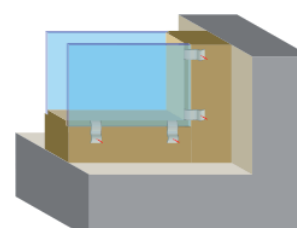
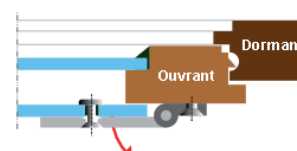


Figure 4.2 : Nouveau double vitrage avec profil d'adaptation



Avantage	Inconvénients
Caractéristiques architecturales du châssis conservées (esthétique, courbes compliquées, petits vitrages, nombreuses subdivisions, profilés trop fins ou impossibles à modifier, etc.)	Performances thermiques limitées
Moins cher	Risque de condensation périodique entre la vitre et le survitrage
	Entretien plus important pour le survitrage, puisque le nombre de face est doublé

(Source : Energie+)

4. ENERGIE

Remplacer le châssis avec le vitrage

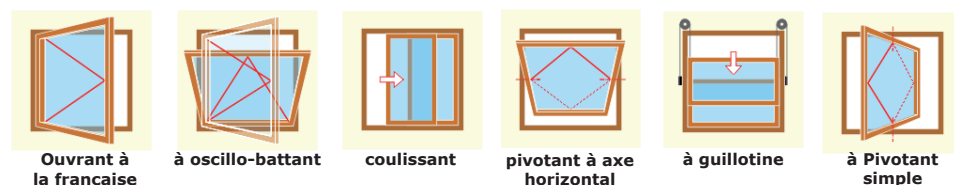
Si le châssis est en mauvais état ou qu'il ne peut être amélioré, il faudra procéder au changement du châssis existant. Beaucoup de paramètres doivent rentrer en compte dans le choix du châssis dont les matériaux peuvent être en bois, PVC, aluminium, acier ... en double ou triple vitrage :

- Paramètres relatifs au bâtiment : implantation, orientation, hauteur du châssis par rapport au sol, présence d'éléments de protection,...
- Les caractéristiques thermiques désirées
- L'étanchéité à l'eau et à l'air recommandée
- L'effet esthétique recherché, formes et dimensions
- La facilité d'entretien et de traitement
- Le degré de sécurité souhaité
- La résistance mécanique et la longévité en cas d'usage intensif
- Le coût

De plus, le choix du vitrage est rendu complexe par la technologie des vitrages variée : vitrage isolant thermique, vitrage isolant acoustique, vitrage réfléchissant, vitrage absorbant, vitrage renforcé mécaniquement, ...

Pour le choix du châssis, il vaut mieux éviter le châssis en acier ou en aluminium même s'il présente des coupures thermiques car il est moins performant thermiquement et plus sensible à l'apparition de la condensation... Si pour des raisons esthétiques de façade 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.

Remarques : A part dans des cas de restauration, il est difficilement pensable de remettre du simple vitrage.

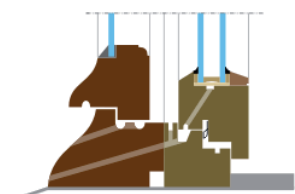


Doubler le châssis existant par un double vitrage ce qui permet une amélioration tant énergétique qu'acoustique

Cette technique de doubler le châssis existant par un second châssis permet d'obtenir des performances thermiques et acoustiques très élevées. Celle-ci 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). (Pour le choix des châssis et vitrage voir ci-dessus).

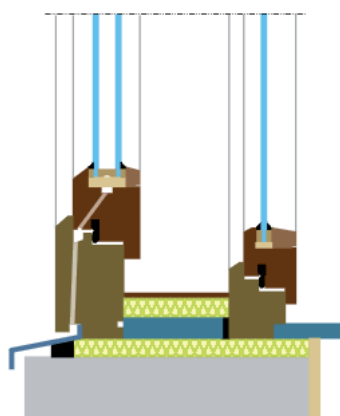
Avantage	Inconvénients
Performances thermiques et acoustiques très élevées Conservation du caractère de la façade Coût : environ le même prix que le remplacement du châssis	Charge d'entretien des fenêtres doublées

(Source : Energie+)

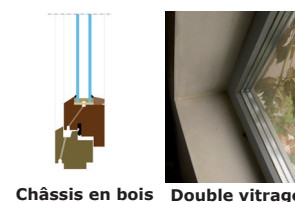
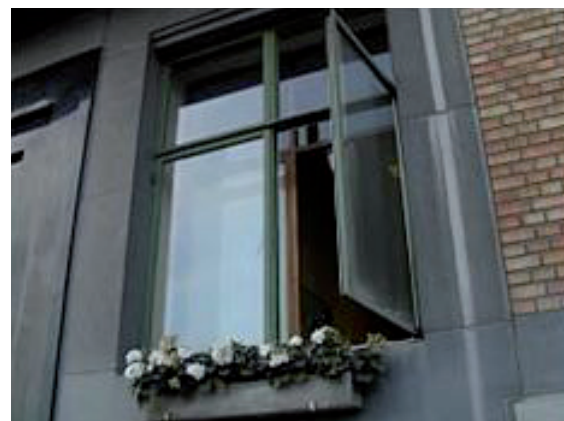


Ci-dessous : Doublage du châssis existant par un nouveau châssis pourvu de vitrage isolant

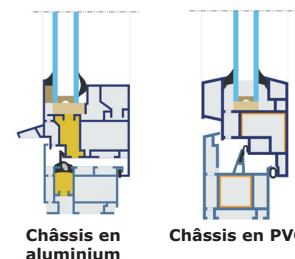
A droite : châssis double en bois (existe aussi en matière plastique)



Ci-contre et ci-dessous : Double châssis

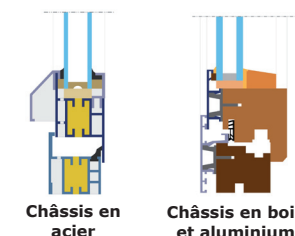


Châssis en bois Double vitrage



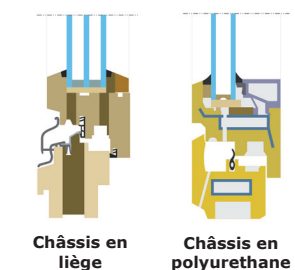
Châssis en aluminium

Châssis en PVC



Châssis en acier

Châssis en bois et aluminium



Châssis en liège

Châssis en polyuréthane



4. ENERGIE

4. L'ECLAIRAGE

4.1. L'éclairage naturel

Pour garantir un niveau d'éclairement naturel intéressant dans une chambre, il faut une surface nette éclairante équivalente à 15-20 % de la superficie nette de la pièce, si la fenêtre est idéalement orientée.

Augmenter la surface de vitrage peut être intéressant lorsque l'accès à la lumière naturelle se trouve limité par la présence d'un obstacle fixe. Pour cela, un rapport de 20-25% entre la surface nette éclairante et la superficie de la pièce est proposé.

Cependant, pour limiter les déperditions et limiter le risque de surchauffe en été, il apparaît indispensable de limiter la superficie de fenêtre ou d'installer des écrans extérieurs..

La création de deuxième jours peut se révéler avantageuse. Il s'agit de pièces aveugles éclairées indirectement par des fenêtres hautes ou des fenêtres opalines via d'autres pièces. Cela permet à des cuisines et des salles de bains d'appartements, des couloirs,... d'être utilisés en journée sans éclairage artificiel.

C'est pour cela qu'une réflexion relative à la réduction des surfaces vitrées, au choix du vitrage ou au type de protection solaire doit être bien développée lors du remplacement des châssis.

4.2. L'éclairage artificiel

Complément indispensable à l'éclairage naturel, et au bon dimensionnement des fenêtres qui en résulte, une étude adéquate des besoins en éclairage artificiel permettra de mettre en place les appareils nécessaires à un confort visuel bien défini, tout en permettant de faire des économies d'énergie. Les lampes dites «à usage domestique» (les lampes à incandescence, les lampes fluocompactes à ballast intégré ou séparé et les tubes fluorescents émettant moins de 6 500 lm), qui assurent l'éclairage fonctionnel, disposeront d'un label « Energie A » défini par la directive 98/11/CE.

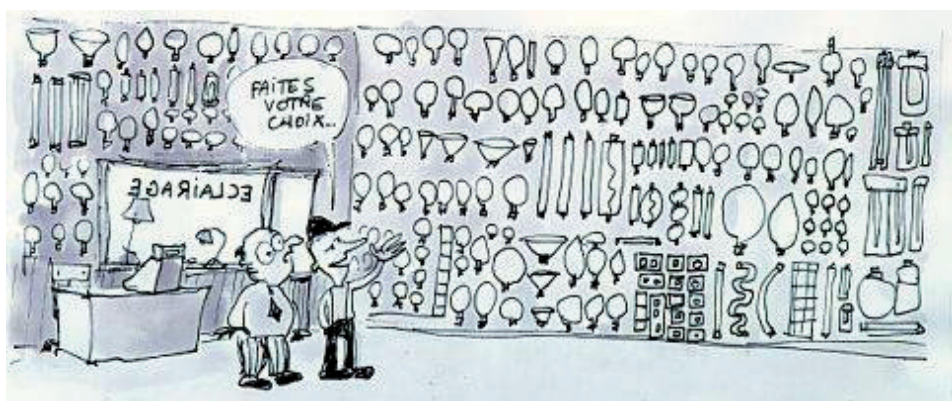
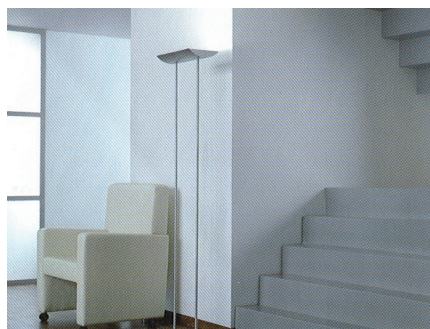
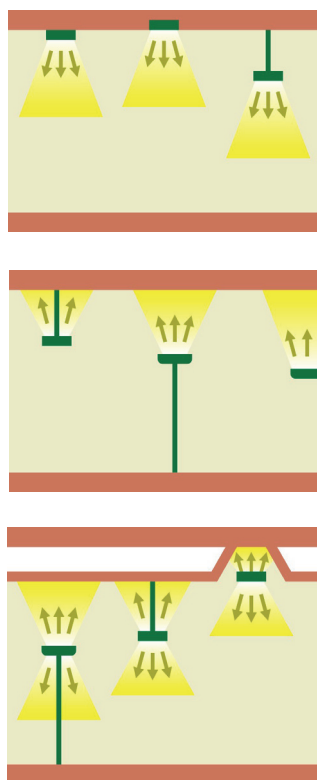


Illustration : Bénédicte Beeckmans

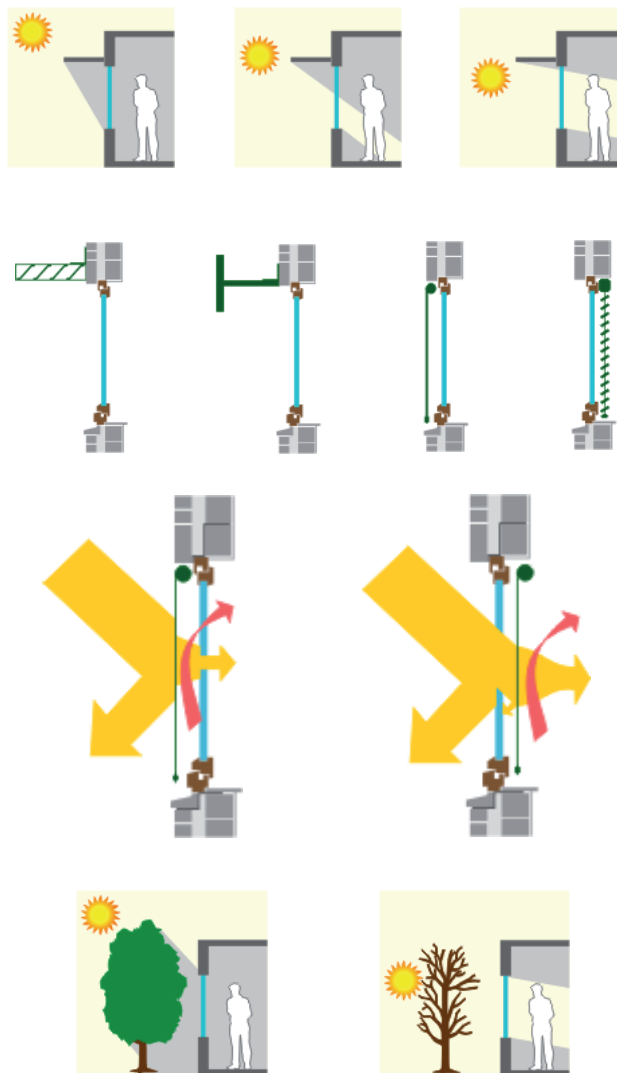
5. LES PROTECTIONS SOLAIRES

Les protections solaires permettent de lutter contre les surchauffes en été et contre d'éventuels éblouissements. Permettant de maîtriser en partie le confort de l'habitation (thermique et visuel), les protections solaires sont toujours utiles. Et elles peuvent également avoir un rôle esthétique.

Cependant, la rénovation basse énergie n'entraîne pas systématiquement des problèmes de surchauffe ou même d'inconfort en été. Il n'est donc pas forcément nécessaire d'ajouter des protections solaires dans un cas de rénovation basse énergie tout dépend des gains internes, du vitrage, de l'exposition,...

Il existe de nombreux types de protections solaires :

- Les **systèmes mobiles** : volets roulants ou coulissants, stores, lames orientables, de préférence extérieurs. Ceux-ci sont utilisés en fonction des besoins et ils peuvent être automatisés pour une meilleur gestion lorsque l'occupant est absent, et que le temps est variable.
- Les **protections solaires externes fixes ou permanentes** :
 - Auvents, avancées architecturales destinés uniquement au sud. C'est une question de composition de façade, de réglementations urbanistiques, mais aussi de dimensionnement (compromis entre gains l'hiver et protection l'été). La protection sera différente selon la position du soleil.
 - Vitrages spéciaux, films autocollants sur les vitrages. Ils limitent les gains solaires aussi bien en hiver qu'en été, et certains réduisent les niveaux de lumière naturelle à l'intérieur. Certains vitrages, dits sélectifs, permettent un compromis en filtrant l'infrarouge du soleil, tout en conservant une transmission lumineuse proche de celle des vitrages « normaux ».
- Les **protections solaires placées à l'intérieur** : rideaux, tentures, etc. Elles sont moins efficaces ! Elles laissent pénétrer le soleil dans la pièce et de ce fait, le rayonnement est transformé en chaleur. Mais elles permettent d'éviter le rayonnement direct sur une personne.
- Les **protections végétales** : végétation environnante caduque, qui doit préexister. Elle permet de moduler les apports solaires en fonction des saisons car en période estivale, l'ombre portée est rafraîchissante et en période hivernale, l'absence de feuilles permet au rayonnement solaire d'atteindre la façade (sauf en automne car les feuilles tombent tard et les besoins thermiques sont déjà appréciables). La végétation caduque, en orientation sud, a l'avantage de renforcer le confort visuel et le confort global de l'occupant mais aussi d'apporter de l'ombrage aux façades, de filtrer les poussières, de rafraîchir l'air par évapotranspiration,...



Une stratégie double est également possible en combinant une protection extérieure qui contrôle les gains solaires (hiver versus été) et une protection intérieure qui protège contre l'éblouissement. Cette combinaison offre une flexibilité et une maîtrise performante.

Le choix d'une protection solaire doit se faire en fonction de l'orientation de la fenêtre. La possibilité de bénéficier d'une lumière naturelle suffisante doit être maintenue si possible.

Orientationsud	Confort d'été	Gains solaires Hiver et mi-saison	Pérennité
Protection fixe type auvent	oui si la fenêtre n'est pas trop haute	oui	oui
Protection mobile extérieure	oui	oui	oui
Protection mobile intérieure	non	oui	oui
OrientationsEst et Ouest			
Protection fixe type auvent	non	oui	oui
Protection mobile extérieure	oui	oui	oui
Protection mobile intérieure	non	oui	oui

(Source : Advanced housing renovation with solar and conservation, IEA SHC TASK 37)

6. L'INERTIE

L'inertie thermique d'un bâtiment est sa capacité à garder une variation faible de sa température intérieure, lorsque la température extérieure et l'ensoleillement varient fortement. Pour bénéficier de cette qualité, il faut des matériaux de construction qui ont la faculté de pouvoir emmagasiner de la chaleur ou à faible diffusion thermique (c'est-à-dire, des matériaux possédant une faible conductibilité thermique (λ [W/mK]) et une forte capacité thermique (produit de la densité, ρ [kg/m³], et de la capacité thermique spécifique [J/Kkg]) comme le béton, la pierre, le carrelage,...). Lorsque la température de l'air est plus haute que celle de la paroi, un transfert de chaleur se produit vers la paroi.

L'inertie thermique permet d'éviter ou de limiter les surchauffes car elle valorise les apports solaires, en emmagasinant la chaleur dans les parois de stockage pour la restituer dès que la température de l'air est inférieure à celle du mur ou du sol. L'inertie crée un déphasage au niveau du temps et amortit les températures. Ce phénomène ralentit le refroidissement de nuit ainsi que le réchauffement le jour. On sera donc particulièrement attentif à maximiser l'inertie de la dalle de sol qui reçoit l'ensoleillement direct. Il faut pour cela éviter les revêtements de sol isolants tels que parquets, moquettes, tapis, et travailler avec des matériaux à haute inertie s'il y a remplacement des planchers et de la dalle de sol.

En rénovation basse énergie, comme la structure de base est conservée, la présence d'inertie est garantie. Lorsque l'isolation se fait par l'intérieur, les avantages de l'inertie ne sont perdus que sur les faces isolées intérieurement.

7. L'ISOLATION

L'isolation va jouer un rôle primordial pour atteindre la performance relative à la rénovation basse énergie. Elle va permettre d'augmenter le confort thermique de l'occupant, été comme hiver, de limiter les déperditions thermiques des parois du logement et de limiter la demande en énergie (chauffage ou climatisation).

Le idée est de mettre en place une isolation suffisante (+/- d'un niveau K30) en veillant à une continuité de la performance d'isolation (sol, mur, toiture) et en veillant à supprimer ou minimiser les ponts thermiques.

Il semble que la majorité des personnes ignorent que leur toiture est mal isolée, et, de même, peu de gens connaissent les bénéfices d'une isolation du sol, avec un retour sur investissement d'environ 5 ans. L'intérêt est autant dans les **économies d'énergie** et donc aussi financière que dans l'**accroissement du confort intérieur**, en évitant une importante sensation de rayonnement froid.

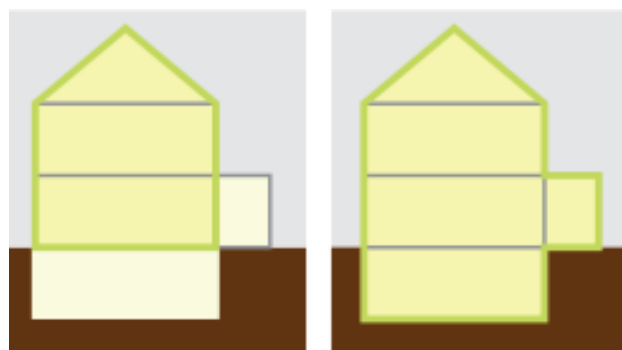
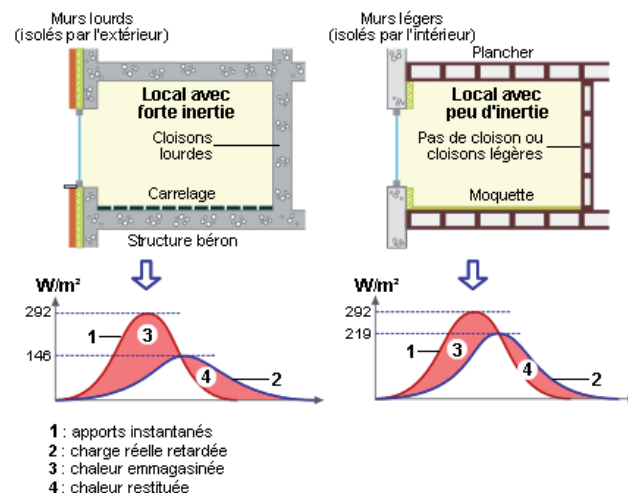
L'isolation du bâtiment peut être envisagée de deux manières différentes :

- **De l'enveloppe du bâtiment**

Il s'agit de la solution la plus logique : de la même manière que l'on isole par l'extérieur tout le bâtiment, il y a moyen de le faire par l'intérieur.

- **De pièces plus en particulier**

Il est parfois très coûteux d'isoler l'ensemble du volume de la maison. Après tout, les différentes pièces sont occupées par intermittence et ont des besoins de chaleur différents. De ce fait, il est envisageable, au cours de la rénovation, de s'en tenir à isoler les pièces de vie les plus importantes et les plus chauffées. Car ce serait ces pièces qui accueillent le plus de gens et le plus longtemps. Ceci permet d'éviter de devoir isoler tout le volume de la maison. Attention toute fois aux ponts thermiques...



4. ENERGIE

L'isolation des parois extérieures (sols, murs, fenêtres, toitures) est devenue une préoccupation courante, et plutôt bien assimilée. Par contre les déperditions entre le volume chauffé et les espaces non chauffés sont très souvent ignorées, alors qu'elles peuvent représenter jusqu'à 30% des déperditions d'une maison moyennement isolée. On isole le plafond de la cave, mais on oublie les parois de l'escalier, et la porte vers la cave, de même que les murs et portes entre les pièces de vie et un garage, une réserve ou un grenier non chauffée.

Il existe trois techniques pour procéder à l'isolation en rénovation :

- L'isolation de l'enveloppe par l'extérieur
- L'isolation de l'enveloppe par l'intérieur
- L'isolation de l'enveloppe par le remplissage de la coulisserie, dans le cas de murs creux

Les avantages et inconvénients de chacune de ces méthodes sont relevés dans le Tableau 4.2 ci-dessous.

Tableau 4.2 : Les différents modes d'isolation

Mode d'isolation	Avantages	Inconvénients
Par l'extérieur	Suppression des risques de ponts thermiques locaux Protection du mur contre le gel et les fissurations Protection du mur contre la pénétration de la pluie battante Amélioration de l'aspect extérieur en cas de revêtement extérieur dégradé Conservation de l'inertie thermique Conservation des volumes et des finitions intérieures, pas de désagrément, si les locaux restent habités	Modification de l'aspect extérieur (demande de permis d'urbanisme) Solution coûteuse puisqu'elle implique un nouveau parement. Sur-épaisseur, parfois problématique en façade avant, sur le domaine public, et par rapport à l'alignement Isolations du retour de la baie, seuils remplacés, déplacement des descentes d'eau, parfois adaptation des fondations etc. Risque de ponts thermiques à la jonction mur-sol
Par l'intérieur	L'aspect extérieur est conservé (pas de demande de permis d'urbanisme) Le coût est généralement moins élevé que pour isolation par l'extérieur (pas toujours vrai car cela dépend du bâtiment...)	Ponts thermiques délicats à résoudre Dégradation possible du mur extérieur suite à son refroidissement et son humidification Risque de pourriture de structures en bois portant dans le mur isolé Risque de fissuration à la suite des variations thermiques du mur extérieur Nouvelles finitions intérieures et volumes intérieurs diminués (selon l'épaisseur d'isolant). Difficile à réaliser si les locaux restent occupés. Révision des installations de chauffage car risque de gel des conduites dans les murs. Perte d'une partie de l'inertie thermique Continuité du pare-vapeur difficile à assurer (risque de condensation interne) Adaptation des tablettes de fenêtre, des huisseries de fenêtres (s'il y en a...), déplacement des radiateurs, etc
Par remplissage de la coulisserie (mur creux)	Inertie thermique conservée Technique simple et moins coûteuse que l'isolation par l'extérieur Ne modifie ni l'aspect extérieur (pas de demande de permis d'urbanisme) ni l'aspect intérieur	Limite de la valeur isolante possible à obtenir en fonction de l'épaisseur de la coulisserie Risque de ponts thermiques aux interruptions de la coulisserie (principalement au niveau des linteaux par exemple) Refroidissement du mur de parement (dépend de la qualité du parement) Examen préalable de la coulisserie indispensable Faculté d'assèchement de la paroi extérieure du mur amoindrie

Source : F.Simon, JM Hauglustaine, « La rénovation et l'Énergie » et Fiche thématique Projet RELOSO, Matriciel)

7.1. Isolation de l'enveloppe par l'extérieur

Dans ce cas, soit l'isolant est appliqué sur la façade existante, soit le parement de la façade est retiré (gain de place en épaisseur surtout s'il existait un faible vide (mur creux)). Il est beaucoup plus facile d'assurer la continuité de l'isolation avec cette technique. Avec cette solution, il ne faut pas trop hésiter quant à l'épaisseur de l'isolant. Généralement, l'isolant est recouvert d'un enduit servant de nouveau parement. Il est toujours possible de remettre un parement en brique ou autre mais les coûts deviennent plus importants.

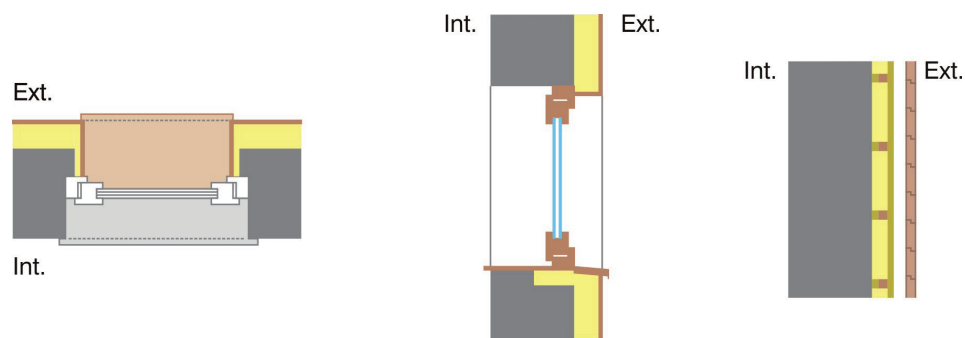
Cette technique d'isolation vaudra pour les façades non liées à la conservation du patrimoine ni à celles sujettes aux alignements (sauf si la commune est sensible aux aspects énergétiques ou si la zone de recul est dans le domaine privé (jardinnet à rue)), ...

Lorsque cette isolation par l'extérieur est faite sous enduit, il est nécessaire de vérifier la compatibilité entre le panneau isolant et l'enduit. Il est préférable de s'adresser directement au fournisseur de l'enduit afin de s'orienter vers des « systèmes » plutôt que vers différents composants indépendamment.

Remarquons qu'il est essentiel de traiter tout les problème d'humidité avant tout renfort de l'isolation !

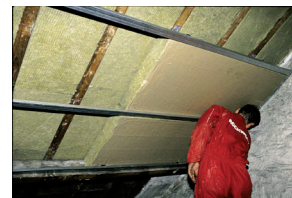


4. ENERGIE



Ci-contre, isolation par l'extérieur : enduit sur isolant et finition en bardage bois.

Ci-dessous, différents types d'isolation par l'intérieur



7.2. Isolation de l'enveloppe par l'intérieur

Il faut privilégier une isolation par l'extérieur. L'isolation par l'intérieur n'est à envisager que lorsqu'un autre choix n'est pas possible. Dans certains cas, la conservation de certaines caractéristiques architecturales existantes (dessin de façades, matériaux, frises, moulures) demanderont une isolation par l'intérieur vu les possibles difficultés à être traitée par l'extérieur.

L'isolation par l'intérieur est souvent la seule solution lorsqu'un alignement de façade est exigé. Or en isolant par l'intérieur, le mur n'est plus réchauffé par l'intérieur et par ce fait, si la vapeur d'eau n'est pas stoppée par un pare-vapeur, elle va condenser sur le mur froid. La résolution des ponts thermiques au droit des planchers et des murs de refend devient alors complexe. Car l'isolation par l'intérieur ne garantit plus une continuité de l'isolant, créant de ce fait des ponts thermiques. Tous les endroits de jonctions devront être très étudiés.

Les matériaux les plus étanches à la vapeur doivent être disposés du côté « chaud » de l'isolant. C'est pourquoi, afin d'éviter une condensation d'eau dans le mur, un pare-vapeur pourra être nécessaire lors de l'isolation d'un mur par l'intérieur. Tout dépend des matériaux mis en oeuvre.

Lorsque la peau extérieure du parement est imperméable à la vapeur, l'isolation par l'intérieur ou par remplissage d'une coulisse sera toujours évitée. Exemple : parement en briques émaillées, ou pour une toiture plate, lorsque son revêtement extérieur est en bitume ou epdm car elle est alors complètement imperméable à la vapeur. Une solution serait l'emploi d'un freine-vapeur autorégulant mais de nouveau, tout dépend des matériaux mis en oeuvre.

Les matériaux utilisés en isolation par l'intérieur sont ceux qui sont habituellement utilisés en construction, que ce soit en vrac, en panneaux ou en rouleaux. On compte de 5 à 18 €/m² HTVA pour des isolants minéraux (rouleaux de 40 à 180 mm) et de 5 à 30 €/m² pour des laines végétales d'épaisseur équivalente.

Les mortiers isolants (chaux-chanvre, ou à base de perlite), utilisés en isolation par l'intérieur, ne se trouvent pas à l'heure actuelle en mélanges prêts à l'emploi. Le mélange devra être réalisé sur place par un entrepreneur. Ces techniques étant peu répandues, les professionnels sont rares et ces solutions sont plutôt réservées à des auto-constructeurs. On peut cependant s'attendre à voir de plus en plus de ces matériaux disponibles chez les détaillants spécialisés. Rappelons cependant que les performances thermiques de ces mortiers sont inférieures aux isolants habituels, d'autant que leur épaisseur est limitée.

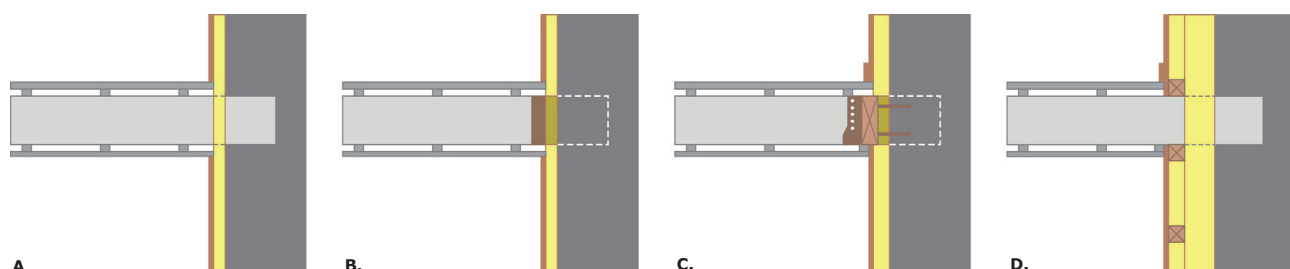
La jonction mur extérieur – dalle (idem jonction mur extérieur –mur intérieur (cloison))

Dans ce cas, la continuité de l'isolation intérieure est plus facile à assurer lorsque le **plancher est en bois**. Afin d'éviter le problème de condensation et donc de pourriture de la gîte en bois en un point critique, son appui dans le mur, il est possible de couper le gîtage (cas B et C) avant son appui pour le faire reposer sur une poutre filière intermédiaire qui, elle, est fixée au mur. Dans les cas A et D, les gîtes restent continus. (Source : CERAA)



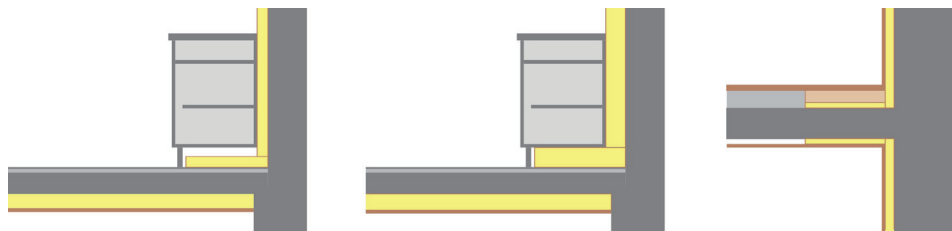
Ci-dessous, à gauche, poutre sectionnée pour permettre la continuité de l'isolation

Ci-dessous, plancher interrompu pour permettre la continuité de l'isolation et éviter tout pont thermique (vue d'un étage vers le bas)



4. ENERGIE

Dans le cas d'un **plancher en béton**, il n'est pas toujours possible de l'interrompre pour assurer continuité de l'isolation intérieure. Il faudra alors prolonger l'isolant sur une certaine longueur en le repliant le long de la dalle afin de diminuer le pont thermique. Ce retour de l'isolant peut se dissimuler sous du mobilier ou au moyen d'autres astuces architecturales. Mais en cas d'absence de mobilier et dans le cas d'une dalle en béton, il faudra démolir les revêtements de sol dans les pièces donnant en façade.



Dans le cas de la jonction mur extérieur – mur intérieur (cloison)

Les murs intérieurs sont parfois moins épais que la dalle ce qui diminue l'impact du pont thermique. Deux cas se présentent régulièrement :

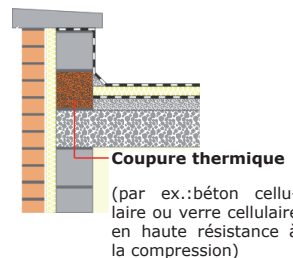
- mur maçonné : la technique est la même que pour la dalle en béton : interruption de l'isolant (solution moins idéale) ou prolongation de l'isolation le long du mur (cas du mur mitoyen)
- cloison légère : la cloison peut être isolée ou interrompue



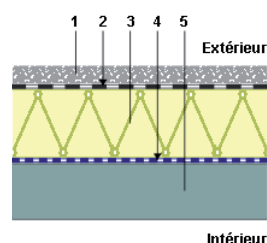
La jonction à la toiture

Si la toiture est plate, cette jonction se rapporte à celle des dalles de plancher. L'isolation se place entre les gîtes et/ou au dessus dans les cas d'une charpente en bois.

Si la toiture est inclinée, le nœud peut être complexe. Cette isolation peut aller jusqu'à un rehaussement de la toiture pour placer une sous-toiture.

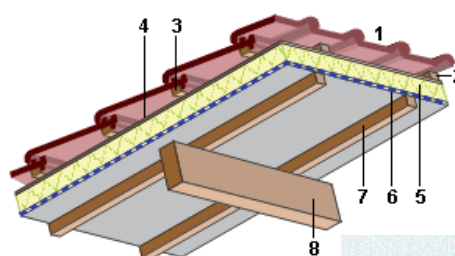


Isolation d'une toiture plate en béton (à isoler toujours par au-dessus !)



1. lestage
2. membrane d'étanchéité
3. isolant
4. pare-vapeur
5. dalle de toiture

Isolation au-dessus des chevrons ou des fermettes (Toiture «Sarking»)



1. couverture
2. contre-lattes
3. lattes
4. sous-toiture
5. isolant
6. pare-vapeur
7. chevrons ou fermettes
8. pannes

Toiture «Sarking»



La jonction avec sol

Cette isolation peut se faire facilement dans la plupart des caves non comprises dans le volume protégé et dans vide ventilé, par le dessous. On isole donc le plafond de la cave, ou vide ventilé, en ne modifiant donc pas les revêtements de sol existants. Il est également possible de modifier le revêtement de sol et de placer l'isolation à cet endroit.

Ces deux solutions ne permettent pas de supprimer les ponts thermiques, mais pour remédier à l'ensemble des ponts thermiques en pied de mur porteur, il faut démonter le pied du mur, mètre par mètre pour y placer un isolant à haute résistance à la compression. Ces travaux sont très coûteux.

Dans le cas d'une dalle sur sol, donc posée directement sur la terre, les pertes thermiques sont moins importantes que sur vide ventilé, car on considère que le sol joue un rôle isolant, par un effet tampon important. L'impression de rayonnement froid est néanmoins présente. Dans ce cas, les travaux sont plus importants car ils nécessitent de démolir les revêtements de sol existants (le plus souvent exécuté). L'idéal étant même d'enlever la chape ou le sable, support des carrelages et même la dalle béton elle-même, de manière à poser l'isolant sous une nouvelle dalle, augmentant ainsi l'inertie. Le problème des ponts thermiques au pied des murs porteurs persiste aussi dans cette situation.



4. ENERGIE

7.3. L'isolation de l'enveloppe mixte

Il est parfois délicat d'isoler par l'extérieur la façade principale. C'est pourquoi il est tout à fait envisageable, par exemple, d'isoler par l'intérieur la façade principale et d'isoler par l'extérieur la façade à l'arrière.

La combinaison de ces deux types de méthode doit se faire en évitant le plus possible les ponts thermiques. Ce qui implique que les deux isolants doivent se chevaucher aux endroits des raccords entre un mur isolé par l'extérieur et un mur, une dalle ou un plafond isolé par l'intérieur.

7.4. L'isolation de l'enveloppe par le remplissage de la coulis

Les différents aspects techniques, tels qu'un examen préalable de la coulis, sont gérés par les sociétés spécialisées. Cet examen est réalisé au moyen d'une petite caméra glissée dans la coulis, soit via un forage, soit via tout autre accès aisé, lors du remplacement d'un châssis par exemple. Cette technique d'isolation ne sera pas utilisée s'il y a :

- présence de nombreuses interruptions de la coulis car cela provoquerait des ponts thermiques
- présence d'humidité
- un parement déjà endommagé par le gel (parement ne laissant pas passer la vapeur d'eau (ex : briques vernissées))
- lorsque les joints sont dégradés

Les techniques d'insufflation d'isolant dans une coulis sont mise en œuvre par les fabricants ou des placeurs. Pour cette technique, il faut un matériau isolant répulsif à l'eau ce qui rend les isolants végétaux inadaptés. Citons trois types de produits : les produits formés «in-situ» par réaction chimique (PUR) ; ceux filamenteux (laine minérale) tels la laine de roche ou de verre ; ou encore, les produits granuleux ou sous formes de « perles » comme l'EPS ou des granulés de mousse de silicate.

Dans le cas d'un mur creux, mais où la coulis est trop mince ou ne permet pas l'isolation par remplissage, il faudra alors se tourner vers un autre type d'isolation. On peut démonter le parement existant, isoler parfaitement, avec l'épaisseur souhaitée, et remettre un parement ou finition. Cela permet, en cas de problème de sur-épaisseur débordant sur le domaine public, de choisir un parement plus mince que le précédent, et consacrer cette différence d'épaisseur pour de l'isolation supplémentaire.

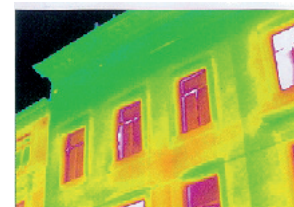
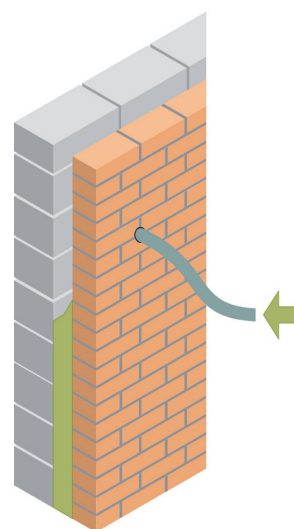
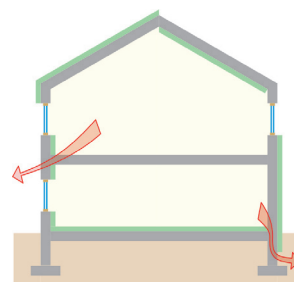
7.5. Les ponts thermiques

Les ponts thermiques sont caractérisés par une rupture locale du caractère isolant. Ils apparaissent actuellement comme des défauts dans la conception et/ou dans la réalisation de l'enveloppe isolante. Les ponts thermiques sont principalement présents aux endroits de jonctions et de raccord (fenêtre, balcon, linteau, mur-toit,...). Les surfaces à proximité des ponts thermiques se caractérisent par une température de surface inférieure à la température moyenne des parois engendrant ainsi une sensation de paroi froide et donc un inconfort. En plus, ces ponts thermiques peuvent causer de nombreux désagréments comme la condensation de l'humidité intérieure qui peut créer des développements de champignons, une surconsommation de chauffage... Les moisissures, inesthétiques, présentent un risque sanitaire (asthme, etc.), elles dégradent tous les états de surface (peintures, plafonnage) et mettent à mal les constructions en bois. Les ponts thermiques peuvent représenter 10 % de la consommation de chauffage d'un bâtiment moyennement isolé et sont sources de pollution intérieure. Plus le bâtiment est isolé, plus ces défauts d'isolation ressortent et induisent des déperditions relativement importantes (jusqu'à 25% des déperditions totales).

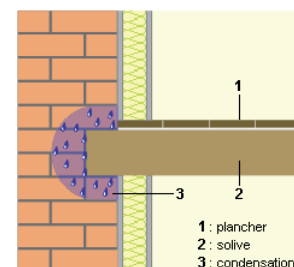
En rénovation, une recherche exhaustive des ponts thermiques existants doit être réalisée au moyen des outils adéquats (thermographie, thermomètres de surface, etc.). Cela permettra d'identifier les faiblesses de la paroi.

Considérant que l'impact d'un pont thermique de dimensions limitées est faible sur les consommations énergétiques en rénovation, **la présence de certains ponts thermiques existant peut être tolérée si leur dimension est réduite et si leur résolution est particulièrement complexe et/ou coûteuse.** Pour éviter les problèmes liés aux ponts thermiques, un revêtement intérieur imperméable (mise en œuvre des pare-vapeur ou freine-vapeur continus et performants) et facile à nettoyer (une céramique collée sans joints par exemple) limitera ces désagréments et une ventilation efficace du bâtiment les limitera également. Mais il est clair que plus le niveau d'isolation du bâtiment est élevé, plus les ponts thermiques auront des conséquences importantes, notamment au niveau des pertes thermiques.

Voici ci-dessous, plusieurs cas de figures où les ponts thermiques peuvent être évités. Cependant au cas où les retours d'isolants, pour supprimer les ponts thermiques, s'avèreraient trop coûteux à mettre en œuvre parce qu'ils demandent une trop grande démolition/remplacement des parachevements existants, une méthode consiste à compenser cette perte thermique par un surcroît d'isolation à un autre endroit de la construction en ayant cependant vérifié que les ponts thermiques ne risquent pas d'amener de la condensation (calcul avec Wufi, Match, Delphin, consulter la NIT 153 du BBRI (CSTC-WTCB),...).



Thermographie d'une façade avec les radiateurs devant les allèges non isolées



Moisissures causées par un pont thermique

4. ENERGIE

Tableau 4.3 : Mur plein isolé par l'extérieur (Source : Energie +)

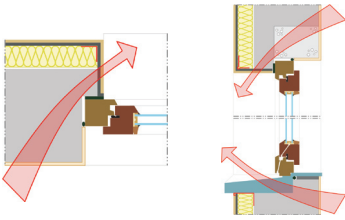
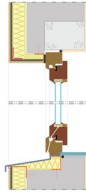
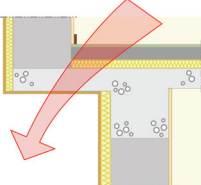
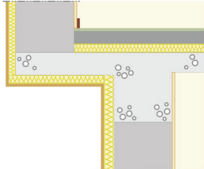
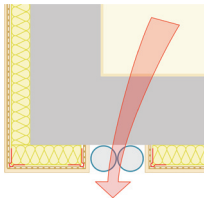
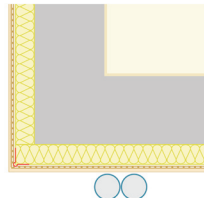
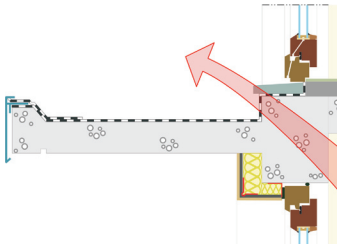
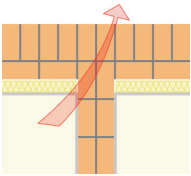
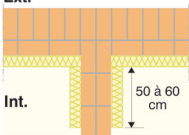
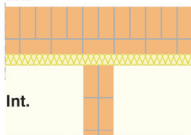
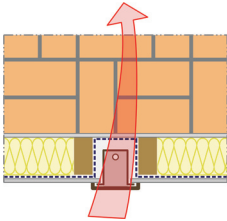
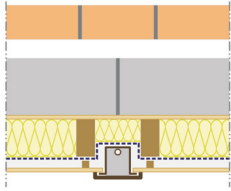
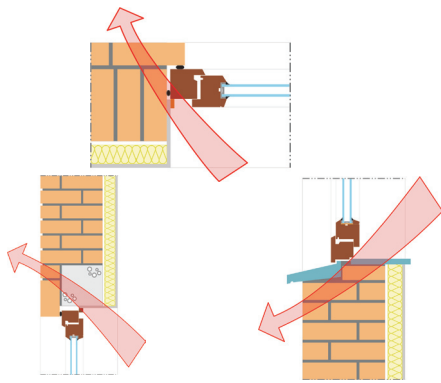
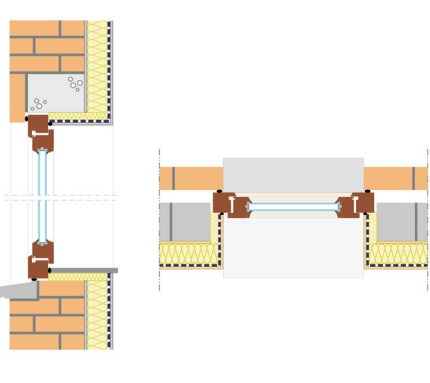
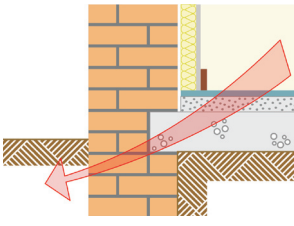
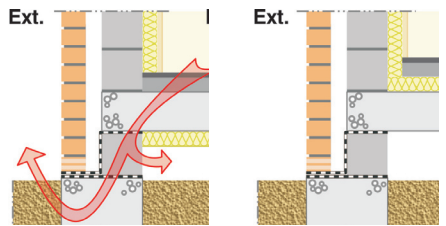
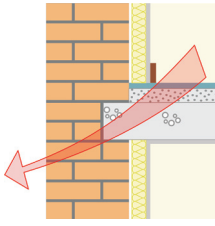
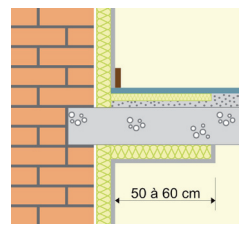
	Problèmes	Pistes de solutions
Châssis		
Débordements		
Passage de gouttière		
Terrasse		Pas de solution simple. Une telle configuration doit, en construction, être résolue par l'utilisation de pièces spécifiques permettant le passage des seules armatures au travers d'une pièce isolante résistante à la compression ou par l'intégration du balcon dans une construction indépendante ou par une structure de la terrasse indépendante de la structure du bâtiment.

Tableau 4.4 : Mur plein isolé par l'intérieur (Source : Energie +)

	Problèmes	Pistes de solutions
Mur de refend		Ext.  Int. 50 à 60 cm Solution 1 Ext.  Int. Solution 2
Prise électrique et canalisations Remarque : il vaut parfois mieux, pour ne pas compliquer les choses, ne pas installer de prise dans le mur impliqué par l'isolation par l'intérieur. Il est également possible d'utiliser un vide technique pour l'installation de prises.		

4. ENERGIE

	Problèmes	Pistes de solutions
Châssis Linteaux Tablettes de fenêtre		
Dalle de fondation		
Dalle d'étage		

7.6. Les matériaux isolants

Le nombre de matériaux isolants impose au concepteur de choisir des facteurs prioritaires comme l'efficacité de l'isolant (lié à la conductivité thermique (λ)), les sollicitations mécaniques externes (telles que l'écrasement), la compatibilité avec le support, le prix, la perméabilité à la vapeur d'eau,... Les isolants ont aussi un impact sur l'environnement. Il faut donc se renseigner sur les ressources énergétiques de l'isolant (le transport et l'énergie grise), les matières premières exploitées, les émissions de CO₂, la capacité à être recyclé, sa durée de vie et son impact sur la santé (durant l'installation pour certains)...

Notons que dans le cas isolation des murs creux, le matériau isolant choisi devra être non capillaire et/ou hydrofugé (d'éviter les transferts d'humidité vers l'intérieur). De ce fait, l'utilisation de certains matériaux sera privilégiée comme par exemple celui de la laine de verre siliconée,...

8. L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Assurer une bonne étanchéité à l'air de l'enveloppe des bâtiments est essentiel. Les infiltrations d'air dans le bâtiment essentiellement dues à des points faibles de l'enveloppe doivent être limitée car elles :

- induisent une consommation d'énergie non négligeable, puisqu'il faut, en hiver, réchauffer davantage d'air froid,
- diminuent la qualité de l'isolation acoustique de l'enveloppe ce qui, en ville, est un enjeu de plus en plus important,
- peuvent être la cause de condensations à l'intérieur des parois, entraînant des problèmes d'humidité, de moisissure et/ou de corrosion,
- créent des courants d'air inconfortables.



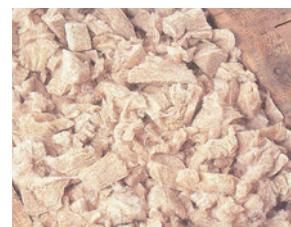
Cellulose en vrac



Liège



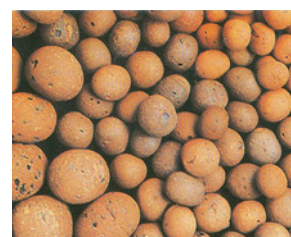
Verre cellulaire



Laine de lin en vrac



Laine de chanvre en rouleaux



Granules d'argile expansée

4. ENERGIE

Lors de la rénovation, il faut donc s'efforcer de réduire ces infiltrations ou de les éliminer. Mais assurer un renouvellement d'air est essentiel et il faut opter pour un système de ventilation contrôlé, naturel ou mécanique. En rénovation basse énergie, si l'étanchéité à l'air n'est pas performante, il ne sera pas intéressant de placer une ventilation mécanique car ses performances seront nettement moins bonnes.

L'étanchéité à l'air d'un bâtiment peut être mesurée par une technique appelée « Blower Door » ou « infiltrométrie ». Elle consiste à créer une différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment fermé, à l'aide d'un ventilateur. Des outils tels que fumigène ou caméra thermique permettent de détecter les endroits où l'air s'infiltre au travers de l'enveloppe.

Pour assurer, la qualité de l'étanchéité à l'air d'une enveloppe, il faut améliorer :

- la qualité de la mise en œuvre des pare vapeur ou freine vapeur par l'utilisation de bandes adhésives (soudier les lés et colmater les éventuels défauts ponctuels)
- la nature et la qualité des revêtements intérieurs en employant des enduits continus (plafonnages, enduits d'argile, à la chaux, ...) plus étanche que les revêtements discontinus constitués de panneaux, de planches,...
- la qualité des menuiseries et des joints entre les menuiseries et les baies : châssis étanches, joint entre les parois et les châssis soigneusement étanchéifié à l'aide de la combinaison d'une membrane étanche, d'un retour d'isolation et de la finition, et idéalement d'un joint en silicone complémentaire. Il faut limiter ces infiltrations donnant sur l'extérieur ou sur les locaux non chauffés.
- le placement des conduites d'eau ou d'électricité de façon à ne jamais percer la membrane étanche ou du moins éviter un maximum ces percements.
- la trappe de fermeture des conduits de fumée de cheminée à foyer ouvert et de hotte de cuisine, les trappes sur les combles, les portes d'entrée (éviter de la placer sur la façade exposée au vent dominant, intérêt de prévoir un sas,...),...

En rénovation basse énergie, il faut idéalement essayer d'atteindre le niveau exigé par le standard passif, soit un niveau d'étanchéité $n_{50} < 0,6 \text{ m}^3/\text{hm}^3$. C'est-à-dire que la quantité d'air (nombre de renouvellements d'air) devant être insufflée pour maintenir une différence de pression de 50 Pa entre le bâtiment et l'extérieur : n_{50} est de $0,6 \text{ m}^3/\text{hm}^3$.

Ne cachons pas que ce niveau d'étanchéité à l'air est difficile à obtenir dans la pratique en rénovation (et même dans le cas d'un bâtiment neuf visant le standard passif) puisque l'étanchéité de l'enveloppe existante ne peut être maîtrisée totalement.

Il est à noter que si l'on part d'un critère d'étanchéité supérieur ou égale à $7,8 \text{ h}^{-1}$ sous une pression de 50 Pa, le test d'étanchéité n'est pas nécessaire pour toucher la prime basse énergie en région bruxelloise.

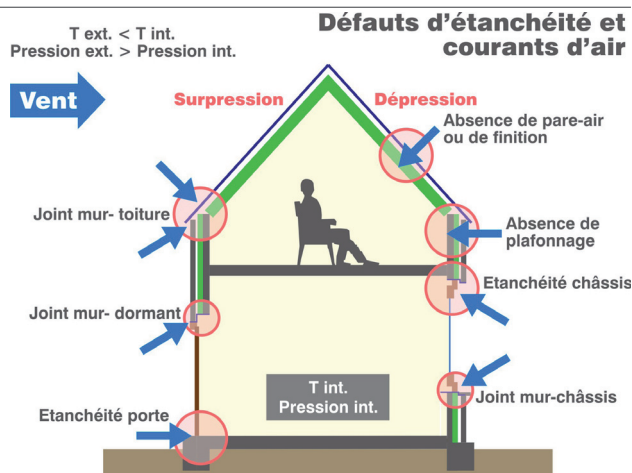
En pratique dans le cadre de la rénovation, un niveau d'étanchéité de l'enveloppe à atteindre par le logement basse énergie sera fixé volontairement lors de la phase de conception thermique de l'immeuble à rénover (Utilisation du logiciel PEB ou PHPP). Cette valeur non réglementée sera généralement comprise entre 1 et $7,8 \text{ h}^{-1}$ sous une pression de 50 Pa (on recommande un n_{50} ne dépassant pas 1,5).

Rappelons que le niveau de performance énergétique du bâtiment dépend du niveau d'isolation globale de l'enveloppe, de l'étanchéité de l'immeuble et du type de ventilation qui va y être mis en œuvre. De nombreux scénarios sont donc possibles pour atteindre le « standard basse énergie » ($60 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{an})$) suivant les budgets alloués et les contraintes que l'on rencontre lors de l'élaboration du projet rénovation :

- un logement peu étanche devra, afin de compenser, présenter une enveloppe plus isolée,
- un logement équipé d'un système de ventilation avec récupération de chaleur exigera une enveloppe moins isolée, mais se devra d'être plus étanche sous peine d'en voir l'efficacité relative du système de ventilation diminuer.

Lors des travaux de rénovation, les isolants et les mesures d'étanchéité sont d'abord mises en œuvre à l'intérieur du bâtiment (changement des châssis ou des vitrages, isolation des toitures, des sols et des murs mis en œuvres depuis l'intérieur). Une fois ces travaux réalisés, un test d'étanchéité est réalisé (Blower Door) pour vérifier que les performances en matière d'étanchéité sont bien atteintes.

Au cas où les valeurs seraient légèrement moins bonnes que prévues, les épaisseurs d'isolation à mettre en œuvre par l'extérieur (le plus souvent en façade arrière) pourront être adaptées de manière à atteindre la performance énergétique annoncée.



Test d'étanchéité Blower Door : ci-dessus mise en dépression et ci-dessous mise en surpression



Ci-dessous, détails de châssis pour limiter les infiltrations d'air



Systèmes

En rénovation basse énergie, les installations techniques doivent le plus souvent être remplacées intégralement. Dans ce cas, les mesures individuelles à appliquer sont sensiblement les mêmes que pour les nouvelles constructions. Les systèmes mis en place seront envisagés comme un complément, découlant des choix premiers de conception du bâtiment. Car idéalement, la rénovation du bâtiment doit se faire avant les installations techniques.

1. LA VENTILATION

La ventilation hygiénique d'un logement (renouvellement d'air de 30 m³/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 l'humidité produite à l'intérieur du logement (issue de la vie quotidienne des habitants). 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 étanche, ces pertes diminuent et l'humidité s'accumule or cette dernière doit être absolument évacuée d'où l'intérêt de sa prise en charge par un système de ventilation. Ce système de renouvellement d'air remplit donc les fonctions suivantes :

- satisfaire les besoins en oxygène des occupants,
- évacuer la vapeur d'eau dégagée par les occupants et leurs activités,
- limiter la pollution intérieure (CO₂ et autres polluants intérieurs),
- améliorer le confort en éliminant odeurs et fumées.

Les débits de ventilation minimaux qui doivent pouvoir être assurés et qui garantissent la qualité de l'air d'un bâtiment résidentiel, sont définis par la norme belge NBN D50-001 (norme européenne EN 13779), selon le type de local et sa surface. 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.

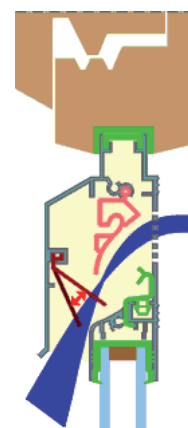
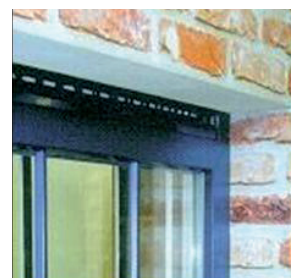
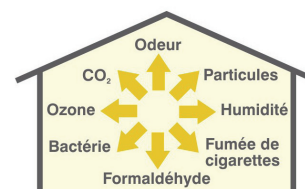
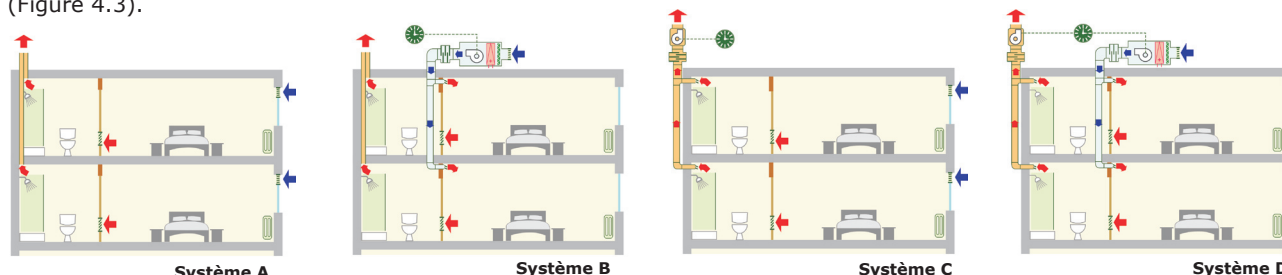
Système de ventilation*	Locaux de travail (bureaux, atelier) ou de vie (séjours, chambres)	Locaux humides (sanitaires, vestiaires, salles de bain, cuisine, ...)
Système A - Ventilation naturelle	Amenée d'air, par exemple par des grilles réglables dans les menuiseries.	Evacuation par des cheminées verticales.
Système B** - Ventilation simple flux par pulsion mécanique	Pulsion mécanique.	Evacuation par des cheminées verticales.
Système C - Ventilation simple flux par extraction mécanique	Amenée d'air par des grilles réglables (dans les menuiseries).	Extraction mécanique.
Système D - Ventilation double flux	Pulsion mécanique.	Extraction mécanique.

* Dénominations utilisées dans le logement

** rarement mis en œuvre car plus contraignant que le système C (passage de gaines et de cheminées).

(Source : Energie +)

Plus l'isolation thermique et l'étanchéité seront efficace, plus grande sera la proportion de perte énergétique par ventilation par rapport à l'énergie totale de chauffage. Il est donc utile de prévoir un récupérateur de chaleur associé à la ventilation mécanique double flux (Figure 4.3).



Grille d'aération permettant de doser le flux d'air entrant

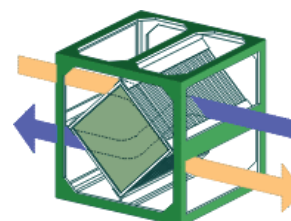


Figure 4.3 : Principe du récupérateur de chaleur à plaques

4. ENERGIE

Le rendement de l'échangeur de chaleur ou récupérateur de chaleur se définit par le pourcentage de l'énergie récupérée, et transmise de l'air extrait du bâtiment à l'air frais pulsé.

Dans des logements collectifs, en fonction de la taille des locaux techniques, des trémies verticales,... différents systèmes peuvent être envisagés :

- un récupérateur individuel à pulsion/extraction commun (1)
- un récupérateur individuel à extraction commune (2)
- un récupérateur collectif à bouches communes (3)

En rénovation, il n'est pas toujours possible d'intégrer une ventilation double-flux (système D) car cela implique :

- une entrée/sortie d'air et un groupe de pulsion/extraction d'air
- l'intégration de gaines et conduits à travers le bâtiment (+ le by-pass du récupérateur)
- des bouches de pulsion et d'extraction

L'utilisation de systèmes mécaniques, système C ou système D, est généralement privilégiée mais la ventilation naturelle est envisageable jusqu'à +/- K30 sous certaines conditions. Car une ventilation naturelle n'est plus un choix logique lorsqu'un bâtiment est fortement isolé. Il est donc possible d'atteindre le niveau basse énergie sans pour autant passer par un système de ventilation mécanique. Tout dépend des efforts déployés ailleurs.

Chauffer un bâtiment au moyen de l'air de ventilation demande un débit élevé et prend de la place ! En rénovation basse énergie, il semble difficile de chauffer par la ventilation et un système de chauffage sera toujours nécessaire (radiateurs) et selon les projets, il sera possible de le réduire.

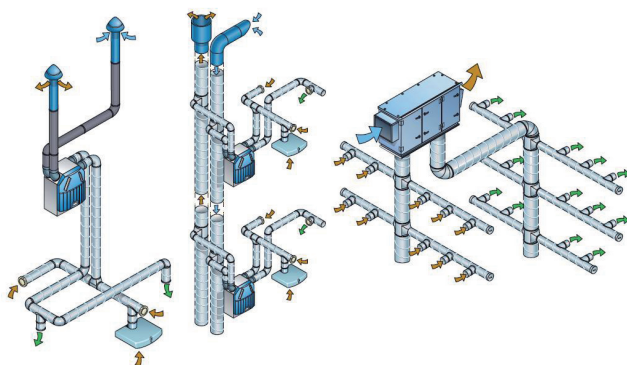
Dans les logements, le recours à la climatisation peut être évité par une bonne conception du bâtiment et des occupants responsables. Il faut savoir mettre en place :

- une ventilation intensive couplée à une forte inertie et des protections solaires, ce qui améliore sensiblement le confort d'été
- de bonnes habitudes : ouvrir les fenêtres la nuit en été et les refermer la journée si la température extérieure est plus élevée qu'à l'intérieur, utiliser les protections solaires avant que la surchauffe ne s'installe.

Notons qu'un puits canadien peut être ajouté au système de ventilation (voir plus loin 4.3.1.1 Géothermie).



Ci-contre, bouche de pulsion
Ci-dessus, en haut, gaine menant
à une bouche de pulsion (chantier)
Ci-dessus, en bas, bouche
d'extraction



Systèmes de ventilation avec récupérateur de chaleur, correspondant de gauche à droite, à 1 (installation type des logements individuels); 2 (installation de logements collectifs) et 3 (installation de logements collectifs)

Exemple de calcul de rentabilité :

Soit une installation de ventilation assurant le renouvellement d'air hygiénique dans une maison de 200 m² (soit un volume de 500 m³) et fonctionnant en tout air neuf 15 h par jour (de 17 h à 8 h), 7 jours par semaine sauf en été (du 15 mai au 15 septembre), soit 3630 h. Si la norme exige que la ventilation soit permanente, elle peut très bien être programmée.

La température intérieure est de 20°C.

Le débit de l'installation de ventilation est dans la pratique de 300 m³/h (0,6 [h⁻¹] x 500 [m³]).

La norme NBN D50-001 exige pour les locaux de séjour un taux de renouvellement de 3,6 m³/h.m² (min : 75 [m³/h], peut être limité à : 150 [m³/h]) ce qui donnerait 720 m³/h. Les systèmes de ventilation possèdent généralement 3 positions de vitesse de débit dont celui de la norme représente le débit le plus important. Le taux de renouvellement d'air de 0,6 [h⁻¹] est plus approprié (contre le 1,44 h⁻¹ (3,6 m³/h.m²)).

L'énergie nécessaire au chauffage de l'air neuf est de (6,5°C = température moyenne extérieure durant la saison de chauffe, 0,8 est le rendement de l'installation de chauffage et 0,34 Wh/m³°C est la chaleur volumique de l'air) :

$$0,34 \text{ [Wh/m}^3 \cdot \text{°C]} \times 300 \text{ [m}^3/\text{h]} \times (20 \text{ [°C]} - 6,5 \text{ [°C]}) \times 3630 \text{ [h/an]} / 0,8 / 1\,000 = 6\,248 \text{ [kWh/an]}$$

Soit un récupérateur dont le rendement de récupération est de 90 %. Cela implique une énergie récupérée de 5 623 kWh/an ou 560 litres fuel.

2. LE CHAUFFAGE

La qualité d'une installation de chauffage est définie par quatre éléments qui peuvent chacun être améliorés :

- le système de production de chaleur,
- la distribution,
- le système d'émission ou les corps de chauffe,
- la régulation.

2.1. Potentiel de conserver le système de chauffe en place

A la suite des travaux d'isolation, l'émission de chaleur devient surdimensionnée. Cela permet de réduire les températures de chauffe ce qui garantit un meilleur rendement de l'installation.

Par contre, la problématique d'un surdimensionnement trop important de la production de chaleur existante, est que l'installation ne permet plus une régulation efficace et confortable, (phénomène du « yoyo ») car elle n'est plus adaptée à la demande de chaleur et qu'elle n'est pas faite pour s'y adapter.

Exemple : Pour une très forte isolation mise en place avec soin, un poêle au bois traditionnel sera nettement surdimensionné, et engendrera rapidement des surchauffes.

Dans le cas d'une chaudière existante, il est bien sûr possible de procéder à toute une série d'amélioration telles améliorer le réglage de la combustion, la régulation du brûleur, la régulation en cascade des chaudières ou encore de diminuer la puissance du brûleur, de remplacer le brûleur, de colmater et de réisoler la chaudière, de diminuer la température de fonctionnement des chaudières. Mais parfois, et surtout après une rénovation basse énergie, il est plus réaliste d'envisager le remplacement complet de la chaudière plutôt que tenter des améliorations partielles. Tout dépend évidemment de l'âge de la chaudière et de ses performances.

2.2. Potentiel des nouvelles technologies de chauffage

Le chauffage peut être un poste d'économie d'énergie important. L'exigence de besoins limités à 60kWh/m² ne tient pas compte du rendement de l'installation de chauffage. Cependant, le remplacement des chaudières ou l'amélioration de la régulation peut assurer de sérieuses économies. Surtout si cela s'effectue après l'isolation de l'enveloppe, ce qui permet de diminuer la puissance de la nouvelle chaudière.

La puissance d'une production de chaleur instantanée est de l'ordre de 25 kW, ce qui est supérieur aux 6 à 10 kW demandé pour le chauffage du logement (40 W/m² par -10°C extérieur) lors d'une rénovation basse énergie. Par contre, en terme de consommation, c'est le chauffage qui reste le plus demandeur.

Le remplacement d'une chaudière doit être intégré dans une réflexion globale (cheminée ? régulation ?...), réflexion nécessaire si on veut que la nouvelle installation fonctionne de manière optimale. Il ne s'agit pas d'un simple échange standard avec une nouvelle chaudière de même puissance et plus moderne. Cette opération importante, doit être l'occasion de repenser l'entièreté de l'installation de production et l'installation de régulation. Il n'est pas évident de trouver les critères de choix adéquat pour le remplacement d'une chaudière.

En atteignant un niveau basse énergie, les émetteurs comme les radiateurs deviennent surdimensionnés par rapport à la nouvelle demande et ils permettent donc d'utiliser des systèmes de chauffage à basse température telles les chaudières basse (ou très basse) température, les pompes à chaleur, ...

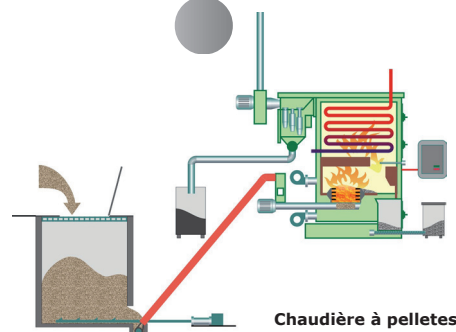
Les installations de chauffage évoluent au fil du temps. Les innovations proposent actuellement des chaudières plus économes et respectueuses de l'environnement. Voici un aperçu des différentes technologies actuelles. (Source : IBGE)



Chaudière à condensation



Pompe à chaleur géothermique



Chaudière à pellets

4. ENERGIE

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.

Chaudières à basse température (mazout et gaz)

L'avantage de cette technologie est qu'elle fonctionne avec de l'eau à basse température (45-55° C). De ce fait, il y a moins de pertes et une réduction de consommation. La taille des radiateurs doit, cependant, être adaptée pour permettre le fonctionnement avec de l'eau à basse température sauf s'ils ont été surdimensionner.

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 polluante comme les imbrûlés, NO_x , CO , SO_2 .

Brûleur à air pulsé (gaz)

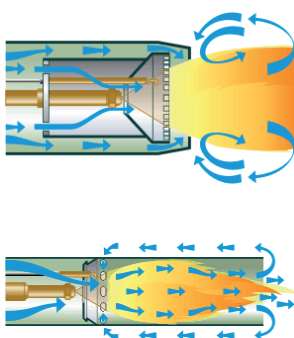
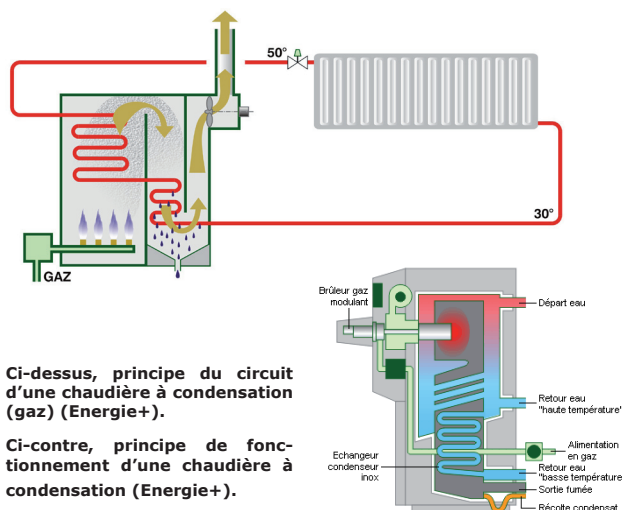
Dans ce type d'installations (généralement plus de 100 kW), la chaudière et le brûleur sont distincts. Un ventilateur alimente l'installation en air pour la combustion. Il est donc possible de mieux contrôler le brûleur et la combustion reste satisfaisante à toutes les allures sans produire d'imbrûlés.

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.

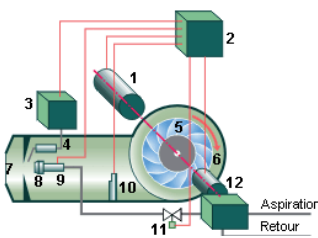
Les chaudières atmosphériques (gaz) de l'ancienne génération ...

Elles sont encore vendues sur le marché parce que leur prix est moindre mais elles se caractérisent généralement par un plus faible rendement, des pertes à l'arrêt plus élevées et d'importantes émissions d'oxyde d'azote (NO_x). Ces chaudières atmosphériques traditionnelles intègrent leur brûleur à la chaudière. Il existe sur le marché des chaudières atmosphériques de conception récente comme celles à brûleur à prémélange (chambre de prémélange air-gaz qui permet de réduire les résidus de combustion) et le brûleur radiant modulant (radiant permettant de faire varier la taille de la flamme et modulant permettant de faire varier la puissance de la chaudière) qui amélioreraient les performances, en réduisant la consommation de combustible et les émissions polluantes. Les chaudières à veilleuse permanente sont à exclure. Lorsqu'il n'y a pas de demande, il faut que la température du foyer redescende afin de ne pas maintenir le foyer en permanence en température.



Brûleurs Low Nox (Energie+)

La recirculation s'effectue dans le foyer à hauteur de la tête de combustion. Une zone de dépression aspire à nouveau les gaz de combustion et les mélange à la flamme. La recirculation peut également être externe.

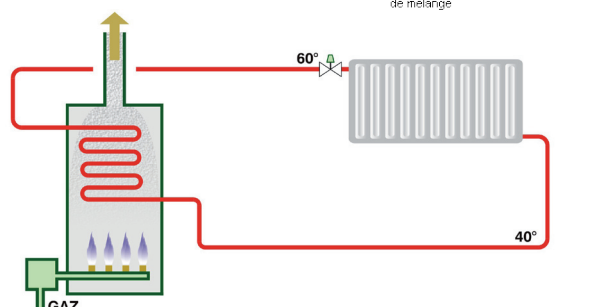


Le brûleur fuel (Energie+):

1. moteur,
2. boîte de contrôle,
3. transformateur,
4. électrodes,
5. ventilateur,
6. volute,
7. déflecteur,
8. gicleur,
9. réchauffeur,
10. cellule photosensible,
11. électrovanne,
12. pompe et régulateur de pression.

Ci-contre, principe de fonctionnement d'un brûleur gaz atmosphérique (Energie+).

Ci-dessous, principe du circuit d'une chaudière atmosphérique (gaz)



4. ENERGIE

Electricité

L'essentiel de la production électrique est nucléaire ou issue de sources fossiles. Le courant électrique est produit avec un très mauvais rendement en centrale (rendement moyen de 38 % en Belgique) ou en produisant des déchets nucléaires difficiles à gérer.

En 2005, la dépense moyenne de chaque ménage pour ses consommations domestiques en Wallonie est composée de 52 % affectés au chauffage, représentant 74 % des consommations. Or remarquons que l'électricité, ne couvre « que » 18 % des consommations et représente près de la moitié de la facture (on paie l'énergie primaire). Et depuis 2005, le prix des énergies a fortement augmenté. Au kWh, l'électricité est plus chère que le gaz et que le fuel : $1 \text{ m}^3 \text{ de gaz} = 1 \text{ litre de fuel} = 10 \text{ kWh}$.

La demande d'énergie électrique d'un bâtiment (Figure 4.4) peut facilement être réduite par différentes mesures, telles que : favoriser l'éclairage naturel, choisir des équipements électroménager efficaces ou opter pour un système de chauffage qui ne soit pas électrique. Il faut éviter les appoints électriques, vu le mauvais rendement moyen des centrales de production électrique et le prix élevé de l'électricité. Mais en mi-saison et dans une salle de bains, cela peut éviter de devoir rallumer toute son installation de chauffage. Les installations photovoltaïques, éoliennes ou de cogénération peuvent apporter une solution mais en règle générale, en cas de production d'électricité sur site par des moyens renouvelables, il faut proscrire ou limiter fortement tout emploi de celle-ci pour des applications thermiques. L'électricité produite sur site doit être utilisée pour alimenter un éclairage économique basse luminance ou des moteurs électriques intégrés dans des appareils de ventilation ou électroménager. Une démarche contraire est un gaspillage de ressources. (Voir au point Potentiel des énergies renouvelables).

Cependant, le chauffage électrique direct propose différents systèmes :

- Les convecteurs et ventilo-convecteurs
- Les appareils à rayonnement (ex : les panneaux radiants ou encore les radiateurs infrarouges utilisés pour le chauffage intermittent de petits locaux tels que les salles de bains ou le chauffage de grands espaces tels que entrepôts, ateliers ou églises. ...)
- Les surfaces radiant (températures de rayonnement très basses (25 à 40°C) ce sont les chauffages directs par le sol, ...)

Quant au chauffage électrique à accumulation, il se retrouve sous deux formes :

- Les appareils à accumulation
- L'accumulation dans le sol (plus rare)

Potentiel de chauffage urbain, collectif.

Une installation collective est préférable quand c'est possible. Ceci doit s'inscrire dans une optique de rénovation groupée... Le chauffage collectif implique souvent d'énormes problèmes de pertes de distribution, de régulation, de responsabilisation des consommateurs etc.

2.3. Améliorer la distribution

Une amélioration du réseau de distribution doit permettre de limiter :

- les pertes de chaleur du réseau,
- la consommation électrique des circulateurs.

Quatre interventions sont généralement nécessaires pour améliorer le réseau de distribution :

- limitation de la longueur des conduites (pas toujours possible en rénovation),
- l'isolation des conduites de distribution,
- l'équilibrage de la distribution (le placement de vannes thermostatiques, placement et réglage correct des vannes d'équilibrage, équilibrage de l'installation par des professionnels,...),
- la réduction du débit des circulateurs par la mise en œuvre de circulateurs modulateurs.

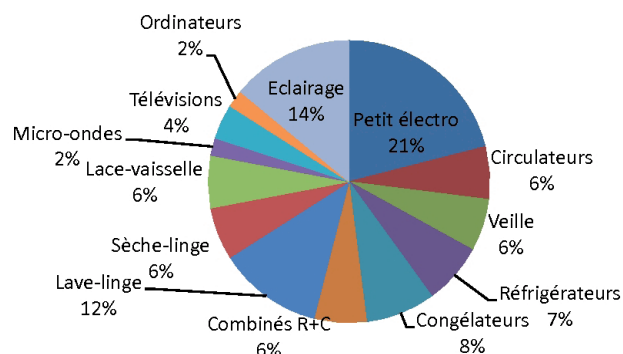
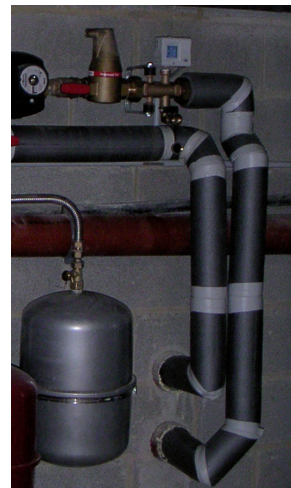


Figure 4.4 : Répartition des consommations électriques (Source ICEDD Bilan énergétique wallon 2005)



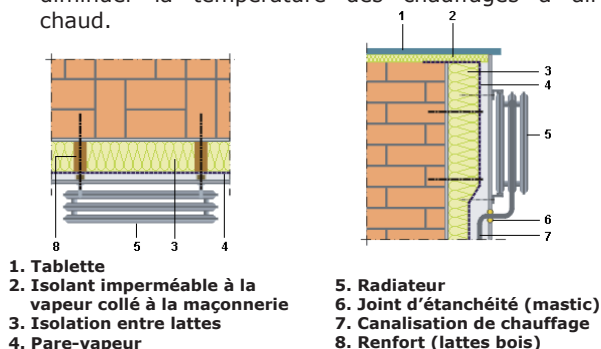
Isolation des conduits en fonction de leur contenant



2.4. Améliorer les corps de chauffe

Plusieurs interventions sont possibles pour améliorer les corps de chauffe :

- garder les anciens radiateurs surdimensionnés en fonte 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 par l'amélioration de l'enveloppe du bâtiment (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 les corps de chauffe classiques (radiateurs) par des systèmes de rayonnement par le sol (chauffage à eau par le sol) sauf dans le cas d'une bonne orientation,
- diminuer la température des chauffages à air chaud.



Problèmes	Solutions

2.5. L'eau chaude sanitaire

L'optimisation du système de production d'eau chaude sanitaire dépend fortement du système de chauffage existant. En rénovation, il faut essayer de tendre vers la situation suivante :

- choix d'une position centrale pour la production voire décentralisée selon les cas,
- la limitation du volume de stockage avec une isolation maximale,
- la limitation des boucles de distribution avec une isolation maximale,
- le recours à une source d'énergie renouvelable, lorsque c'est faisable.

Il est avantageux pour limiter les pertes sur le réseau de distribution, de positionner la production de manière centrale, à proximité des points de puisage qui eux-mêmes doivent être regroupés. Ce qui signifie que :

- dans un **logement individuel**, les pièces humides (cuisine et salle de bains) doivent être regroupées, l'une à côté de l'autre ou l'une au-dessus de l'autre, à proximité de la production. Mais si la salle de bain est très éloignée de la chaufferie centrale, un système décentralisé peut être envisagé afin de produire localement l'ECS par un système de production d'eau chaude par exemple à ventouse, s'il y a le gaz.
- dans un **logement collectif**, comme certains points de puisage sont fortement éloignés de la production centrale, il faut favoriser une production décentralisée d'ECS, soit une production locale par appartement : chauffe-eau instantané au gaz ou accumulateurs électriques. Ceci permet d'augmenter le confort grâce à une diminution du temps d'attente et une diminution des pertes (pertes de l'eau chaude «qui reste» dans les tuyauteries).

Le chauffage de l'eau chaude sanitaire (ECS) devient, après la rénovation basse énergie, un point clef de la consommation d'énergie du bâtiment. Pour palier à cela, l'eau chaude sanitaire peut être couplée à des panneaux solaires thermiques ou encore à une pompe à chaleur pour préchauffer l'eau du boiler.

Ce poste important est relié à un appoint qui peut être au gaz naturel, au mazout et, en dernier recours, à l'électricité. Il est souvent relié au système du chauffage central.

Remarquons que la première économie d'énergie en matière d'eau chaude sanitaire est d'en limiter la consommation (pompeau de douche à débit réduit, par exemple).

Potentiel des énergies renouvelables

Les énergies renouvelables deviennent davantage envisageables lorsque les besoins de chaleur diminuent. Dans la rénovation basse énergie, la priorité doit être laissée à l'isolation. Le système de chauffage pourra dépendre intégralement ou non d'énergie renouvelable. Ces énergies en pleine expansion offrent de plus en plus de possibilités.

1. LE CHAUFFAGE

1.1. Les pompes à chaleur

Cette technologie devient une solution envisageable après une rénovation basse énergie car le besoin de chaleur est beaucoup moins important et il devient possible de valoriser la chaleur gratuite présente dans l'environnement. Si par l'isolation, on a pu réduire la puissance de chauffe de 60 %, les anciens radiateurs peuvent fonctionner avec une température d'eau de 50°C par -10°C extérieur ce qui les rend accessible à la pompe à chaleur. Celle-ci peut également être combinée à un plancher chauffant.

Le principe de fonctionnement est le même que celui de la machine frigorifique (fluide parcourant un cycle thermodynamique) mais l'application travaille en sens inverse. L'énergie thermique ou encore la chaleur gratuite est extraite d'un milieu extérieur, et est « remontée » via le compresseur à un niveau de température utilisable (pour le chauffage d'une maison, par exemple). Ce transfert est donc entraîné par le compresseur qui amène à la pompe à chaleur l'énergie électrique nécessaire à son fonctionnement. Notons au passage que les pompes à chaleur consomment une quantité importante d'électricité. La pompe à chaleur en mode de fonctionnement bivalent est couplée à un autre type de production de chaleur (chaudière à condensation, ...). Si elle est le seul système de production de chaleur alors son mode est dit monovalent.

Le coefficient de performance (COP) moyen sur une année se situe autour de 3 unités de chaleur fournies au logement par unité injectée au compresseur. C'est-à-dire que pour un kWh consommé et payé, on reçoit 3 kWh de chaleur (le COP doit au moins se situer au dessus de 3, sinon cela ne vaut pas la peine par rapport à l'énergie primaire qui a servi à produire l'électricité). Le COP varie continuellement et donc, contrairement à une chaudière, une PAC voit ses performances varier selon les conditions d'utilisation. Par exemple, ses performances de chauffage sont très bonnes en été et en mi-saison !

Les pompes à chaleur aérothermiques

Les pompes à chaleur air/air ou encore air/eau (PAC aérothermique) sont davantage indiquées car elles sont moins chères et elles affichent d'assez bons rendements avec un COP saisonnier de +/- 2,5 - 3,5. La source froide est l'air extérieur ou l'air extrait du bâtiment (appelée VMC double flux thermodynamique) et elle se combine à l'intérieur soit avec une ventilation mécanique dans le cas air/air soit avec un plancher chauffant ou des radiateurs. Elles peuvent donc être adaptées à des réseaux de distribution existants lors du remplacement d'une chaudière.

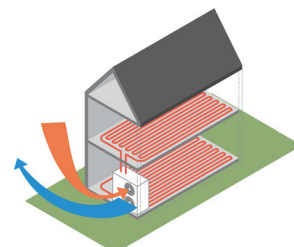
La géothermie horizontale

Ces pompes à chaleur, plus performantes, sont les sol/air ou sol/eau avec un COP saisonnier de +/- 3 - 4,5 mais ce sont également les plus chères. Elles ne sont pas faciles à intégrer en rénovation car elles impliquent une rénovation lourde avec le retournement du jardin. Elles nécessitent un raccordement à l'extérieur avec des sondes géothermiques horizontales (serpentins parcourant le jardin) ou encore verticales. Remarquons que leur intégration est souvent impossible en ville car les murs de jardins mitoyens ne sont fondés qu'à 60 à 80 cm de profondeur alors que ce système de serpentins devraient idéalement être placés à +/- 1,5 m de profondeur (souvent hors budget). De plus cette mise en œuvre nécessite d'accéder avec des engins de terrassement dans les jardins en intérieur d'îlot ce qui est rarement possible.

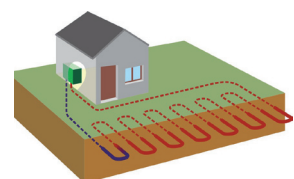
La géothermie verticale (+/- jusqu'à 100 m)

Le principe de la géothermie est toujours de valoriser les calories du sol ou de l'eau des nappes par le biais de réseaux de capteurs, de sondes ou de forages.

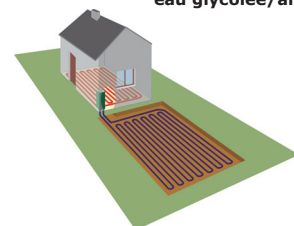
Les capteurs verticaux sont constitués de deux tubes de polyéthylène formant un U installés dans un forage et scellés dans celui-ci par du ciment. Dans la plupart des cas, plusieurs forages sont réalisés... Dans les tubes, de l'eau additionnée d'antigel circule en circuit fermé.



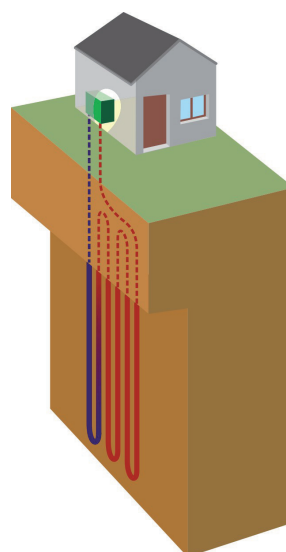
PAC aérothermique air/air



PAC géothermique eau glycolée/air



PAC géothermique eau glycolée/eau



Ci-dessus, PAC géothermique eau/air
Ci-contre, engin de forage



4. ENERGIE

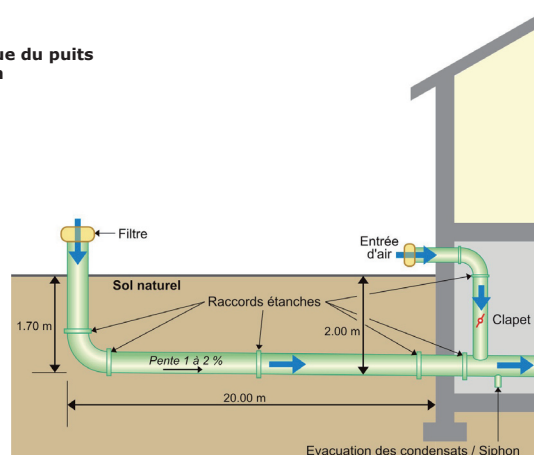
L'avantage de ce système est de profiter d'une source de chaleur à une température à peu près constante tout au long de l'année mais la réalisation d'un forage exige un minimum de place et une bonne accessibilité. De plus la mise en œuvre (coûts d'étude et de mise en œuvre) du système est assez coûteuse.

Les puits canadiens

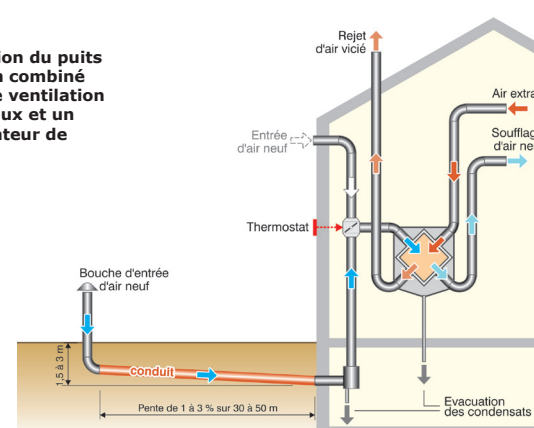
Cette technique qui accompagne les systèmes de ventilation mécanique B ou D, consiste à préchauffer l'air de ventilation en hiver ou à le rafraîchir, en été, en le faisant passer dans un conduit enterré (sur 30 à 50 m à 2-4 m de profondeur). En effet, la température du sol, à 2 mètres de profondeur, reste stable au long de l'année, entre 5 et 15°C en moyenne et suivant les saisons. Les puits canadiens permettent une légère économie d'énergie supplémentaire (5-10% d'économie supplémentaire sur la consommation totale de chauffage). Il s'agit donc de mesures « de second ordre », d'autant plus que leur mise en œuvre est difficile en milieu urbain. Le puits améliore très peu l'efficacité énergétique de l'ensemble d'une installation avec récupérateur. Et en rénovation basse énergie, l'investissement est beaucoup plus élevé qu'en construction car il faut placer tout le conduit dans la terre. Cela demande également beaucoup d'espace et de faire attention à l'étanchéité à l'eau.

Actuellement on trouve déjà les «puits canadiens» de deuxième génération possédant plus d'avantages. Il s'agit des tubes à eaux glycolées. Le principe est le même, dans ce cas c'est un serpentin rempli d'eaux glycolées qui parcourt le sol et qui va, au moyen d'un échangeur, préchauffer ou rafraîchir l'air entrant. La difficulté d'intégration en rénovation reste présente et pour les mêmes raisons.

Technique du puits canadien



Application du puits canadien combiné avec une ventilation double flux et un récupérateur de chaleur



1.2. La biomasse

La biomasse regroupe un ensemble des matières organiques d'origine végétale ou animale comme le bois, le colza, les betteraves, les déchets agricoles et organiques des ménages, des entreprises agro-alimentaires... ainsi que les gaz qui peuvent être captés dans les décharges. Ces matières organiques permettent la production d'énergie. En Belgique, la biomasse représente la première source d'énergie renouvelable. Cependant, cette solution n'est pas généralisable, il n'y a pas assez de biomasse pour que tout le parc immobilier soit chauffé à la biomasse.

Par exemple, les **chaudières à granulés de bois** (ou pellets) ont un bilan d'émission de CO₂ réduit, tout en maîtrisant les autres émissions polluantes. Ce combustible peut être considéré comme renouvelable, pour autant que la forêt dont le bois est issu soit gérée de manière durable et qu'elle soit proche. La **chaudière bois** offre une facilité de gestion équivalente à celle d'une chaudière au fuel car l'alimentation est automatique au départ d'un stockage qui prend cependant beaucoup de place. Dans des bâtiments fortement isolés, où la demande de chaleur est très réduite, les **poêles** aux granulés de bois peuvent être une solution intéressante. Car, à l'heure actuelle, on ne trouve pas de chaudière bois de puissance suffisamment faible.

1.3. Le solaire thermique

Les capteurs solaires thermiques permettent de chauffer un fluide circulant au travers d'eux. Ce fluide transmet sa chaleur à l'eau chaude utilisée dans le logement. Une chaudière de chauffage central branchée sur le ballon de stockage d'eau chaude (= ballon bi-énergie) ou un chauffe-eau instantané gaz situé en aval du ballon, ou des résistances électriques doivent assurer le relais en cas d'absence ou d'insuffisance de soleil.

Dans le cas des installations domestiques individuelles, l'installation est généralement dimensionnée pour couvrir 50 % à 60 % des besoins annuels en eau chaude. Dans le cas d'installations plus importantes (logement collectif par exemple), un optimum économique se situe souvent entre 20 et 40 %.

En rénovation, les capteurs peuvent être installés de plusieurs manières : montage en superposition de toiture lorsque la couverture de toiture est conservée, montage intégré à la toiture lorsque la couverture de toiture est remplacée ou encore montage sur terrasse ou toiture plate.

Orientation, inclinaison et pose

Orientation optimale : idéalement entre le sud-est et le sud-ouest : optimale, orientée au sud

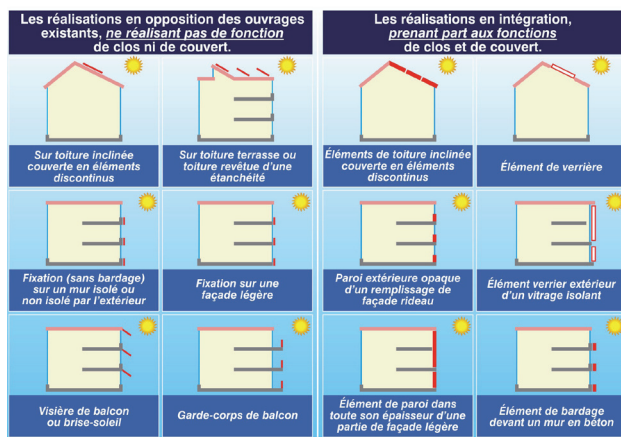
Inclinaison optimale : de 25 à 60° par rapport à l'horizontale: optimum à 35°C en été et à 50-60 °C en hiver.

Notons qu'une orientation plein est ou plein ouest entraîne une perte de rendement des capteurs d'environ 20 %. Quant au nord, nord-est, nord-ouest, le rendement des capteurs chute rapidement.

Attention aux éventuelles ombres portées par l'environnement !



4. ENERGIE



Les principaux types de capteurs sont :

- Les capteurs plans, les plus connus ;
- Les capteurs tubes sous vide.

Les capteurs tubes sous vide ont un meilleur rendement que les capteurs plans surtout en hiver. Evidemment, ce type de capteur est plus onéreux.

Surface de capteurs

La qualité d'une installation solaire dépend de la qualité des capteurs mais aussi du dimensionnement de l'installation. On dimensionne en général le stockage solaire en prévoyant 50 à 80 l par m² de capteur et de 1,3 à 1,7 fois la consommation journalière d'eau chaude (30 l à 60°C par jour par personne en moyenne).

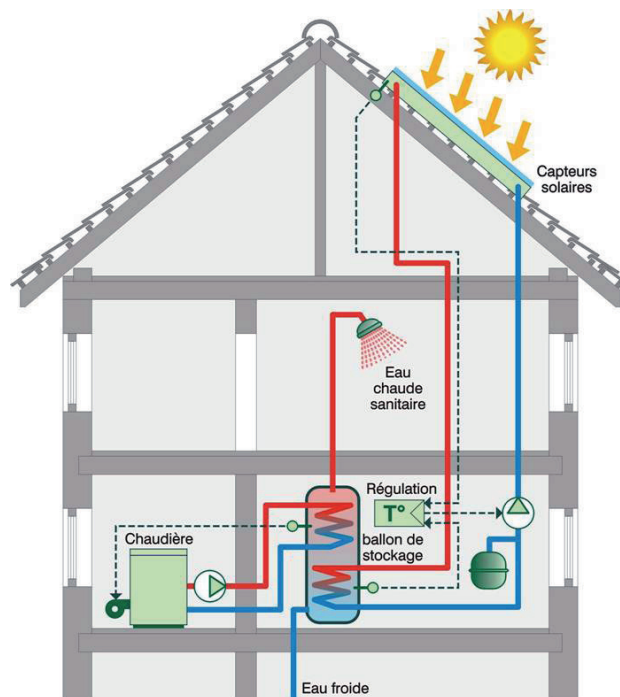
Ci-dessous des exemples d'installation domestique visant l'optimum technico-économique (source : Soltherm) :

Les éléments principaux d'une installation solaire thermique sont :

1. Les capteurs solaires proprement dits,
2. Le circuit de distribution (conduits, circulateurs, vase d'expansion, ...),
3. Le ballon d'eau chaude sanitaire à double serpentin,
4. Le régulateur.

Les installations solaires peuvent être classées dans deux grandes familles :

- Installations à eau glycolée,
- Installation à vidange à eau (meilleur rendement).



Pour un ménage de *	Surface de capteurs	Volume de stockage	Energie produite **	Energie économisée ***
2 à 3 personnes	Env. 4 m ²	Env. 200 l	Env. 1 200 kWh/an	Env. 1 600 kWh/an
4 à 5 personnes	Env. 5 m ²	Env. 300 l	Env. 1 600 kWh/an	Env. 2 200 kWh/an
6 à 7 personnes	Env. 7 m ²	Env. 400 l	Env. 2 300 kWh/an	Env. 3 100 kWh/an

* pour une consommation d'eau chaude de 45 litres/pers/jour à 45°C.

** fraction solaire produite : 55 %.

*** avec un système d'appoint ayant un rendement annuel de 75 % (ex : chaudière avec ballon de stockage).

2. L'ELECTRICITÉ

2.1. Electricité « verte » ou produite à partir d'énergie renouvelable

L'électricité verte reste une production marginale en regard à la production des énergies nucléaires ou fossiles. L'énergie solaire, géothermique, éolienne, marée-motrice, hydraulique devront encore être développées, et se compléter. Il est évident que les énergies éolienne et solaire ne sont pas constantes et ne peuvent donc pas suffire. Les installations hydroélectriques pourront être utilisées comme stockage d'énergie et comme tampons, amortissant les creux ou pic de la production solaire ou éolienne.

L'occupant peut faire le choix de l'électricité verte par une production locale personnelle (panneaux photovoltaïques, petite éolienne privée ou cogénération) ou par la consommation d'une électricité verte de production décentralisée, certifiée d'origine renouvelable par un contrat avec le distributeur.



4. ENERGIE

Dans ce cas, et pour un logement très basse énergie ou passive nécessitant donc une très petite puissance calorifique, une petite batterie électrique de post-chauffe (de quelques kW) placée sur la pulsion de l'air de ventilation peut être plus intéressante que les systèmes complexes et multiples, couplant ballon solaire, appoint gaz ou pellet, pompe à chaleur, et autres. Par sa compacité ce système sera écologique, économe en occupation d'espace dans le logement, peu coûteuse à l'achat et en entretien, et générant une faible énergie grise.

2.2. La cogénération

Le principe de la cogénération est de produire simultanément de l'énergie électrique et thermique. La production d'énergie électrique est réalisée par un moteur à gaz ou diesel ou bio combustible, par une turbine à gaz ou par une turbine à vapeur. La chaleur est récupérée dans le circuit de refroidissement du moteur et dans les gaz d'échappement. C'est sous forme d'eau chaude envoyée dans le bâtiment qu'est valorisée la chaleur.

La cogénération s'adresse à des bâtiments ayant une consommation de chaleur importante et la plus continue possible durant l'année (ex : eau chaude sanitaire d'un hôpital). On parle de micro cogénération lorsque le moteur thermique a une puissance inférieure à 50 kW.

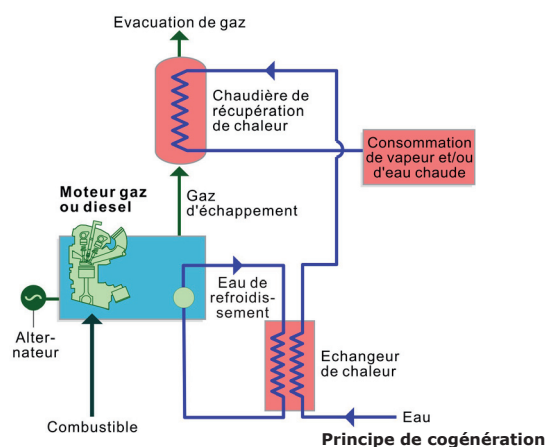
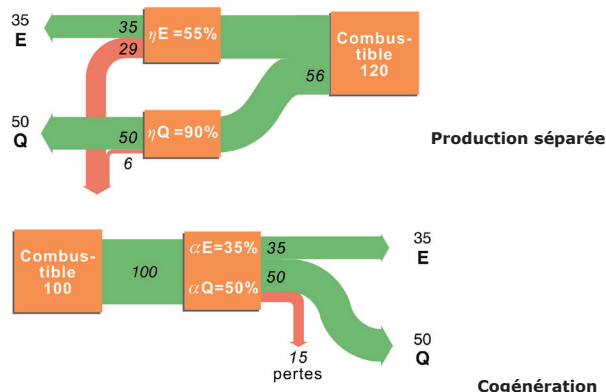
En consommant 1000 kWh d'énergie primaire, une unité de cogénération au gaz, avec un rendement électrique de 35 % et un rendement thermique de 53 %, va produire 350 kWh d'électricité et 530 kWh de chaleur ... entre 15 et 20 % d'énergie primaire sont économisés par rapport à la production séparée de ces mêmes quantités de chaleur et d'électricité.

Le générateur produit de l'électricité qui peut être utilisée sur place ou revendue au réseau de distribution (+ certificats verts). Les dimensions d'une unité de cogénération, son niveau de bruit et ses émissions de gaz sont comparables à ceux d'une chaudière domestique. Une étude de faisabilité doit donc être menée afin d'évaluer cette intégration technique.

2.3. Produire de l'électricité au moyen de cellules photovoltaïques.

En profitant de l'énergie du soleil, les installations photovoltaïques permettent d'approvisionner en électricité, le réseau électrique du bâtiment et le réseau général.

Un module photovoltaïque est formé de cellules photovoltaïques (unités de 100 à 400 cm²) raccordées entre elles. Le courant continu fourni par les modules est transformé en courant alternatif grâce à un onduleur et est soit consommé sur place, soit transféré sur le réseau ou alimente une batterie. Il faut privilégier les systèmes en réseau, pour faciliter la question du dimensionnement mais surtout pour éviter d'avoir recours à des batteries car elles demandent une place de stockage, ont une faible durée de vie (6 ans), sont sources de pollution en fin de vie, et leur rendement est faible (perte de 50 % de la production). La quantité d'énergie produite par une installation photovoltaïque dépend de plusieurs paramètres : la surface de l'installation, son orientation, l'inclinaison des cellules, l'intensité du rayonnement solaire qui varie selon la période de la journée et de l'année, la couverture nuageuse, l'ombrage créé par des obstacles (à proscrire), la pollution de l'air, et le degré d'encrassement du capteur.



Les certificats verts (CV)

Pour recevoir des certificats verts (politique régionale), il faut que l'unité de cogénération soit certifiée.

Chaque MWh (1 Mégawattheure = 1000 kilowattheure) d'électricité «verte» produite par cogénération donne droit à un certain nombre de certificats verts en fonction du taux d'économies de CO₂ (minimum 5 %).

Le nombre de certificats verts octroyés à une installation certifiée s'obtient en divisant le gain de CO₂ de la cogénération par rapport aux filières séparées, par le coefficient d'émission de CO₂ du gaz naturel, par exemple, soit 217 kg/MWh. Les certificats verts obtenus pourront se vendre au fournisseur d'électricité le plus offrant.

Une installation de cogénération a droit à des certificats verts pendant une période de 10 ans à dater de sa mise en service. Et un certificat vert a une durée de vie de 5 ans après émission.



4. ENERGIE

Pour définir la qualité des cellules photovoltaïques différents éléments doivent être pris en compte comme :

- Le rendement des cellules : des cellules monocristallines sont plus performantes que des cellules multicristallines qui sont elles-mêmes plus performantes que des cellules amorphes. Par exemple, selon le type de cellule la puissance d'un module de 1 m² peut varier de 100 à 170 W sous un ensoleillement de 1000 W (donc un rendement de 10 à 17 %).
- La pérennité des cellules : la plupart des fabricants de cellules au silicium cristallin garantissent un maintien du rendement de leur matériel à un minimum de 85 % du rendement nominal pendant 25 ans. Pour le silicium amorphe, les garanties sont plutôt de l'ordre de 15 ans.
- Les conditions de température des capteurs : un espace de 5 cm min doit être prévu sous le capteur pour assurer son refroidissement. Car si les cellules sont chaudes, le rendement diminue.
- ...



Quelle orientation et quelle inclinaison sont elles optimales ?

L'inclinaison et l'orientation vont influencer le rendement des cellules. Il est recommandé de respecter les positions offrant au moins 90 % du rendement optimal ou une orientation entre le SE et le SO. Un rendement maximum est obtenu avec une orientation sud et une inclinaison de 30 à 35° par rapport à l'horizontale. Il faut éviter la position horizontale ou verticale et l'encrassement rapide des capteurs, en raison du faible rendement de ces cellules. Et ne pas positionner non plus les cellules photovoltaïques dans l'ombre de bâtiments voisins, de la végétation, etc.

Le rendement des capteurs chute dès que sa surface se trouve à l'ombre. Une cellule photovoltaïque ne sait plus produire de courant en présence d'une ombre. Et comme les cellules sont reliées entre elles en série, si le courant ne passe plus dans l'une d'elles, il ne circulera plus non plus dans les autres. Une modélisation 3D et une étude de projection d'ombres portées par d'autres bâtiments sont indispensable en milieu urbain densément bâti.



Comment intégrer ses panneaux ?

- Posé dans le plan d'une toiture inclinée ou sur support en terrasse ou toiture plate, comme pour les panneaux solaires thermiques
- Sous forme de tuiles ou d'ardoises (une perte de rendement est malheureusement causée par l'échauffement de l'espace entre les cellules et la sous toiture)
- Sous forme de feuilles de verre, semi-transparentes, laissant passer 10 % de la lumière.
- En couverture de façade mais perte de rendement importante due à l'angle par rapport aux rayons solaires (au sud, environ 30% de réduction d'efficacité et à l'ouest ou à l'est, perte de 45%).
- Sous forme de protections solaires.



Quelle production ?

La production est très inégalement répartie au long de l'année puisqu'elle varie de 0,6 kWh par jour en moyenne en décembre à 4,1 kWh en juin.

1m² de capteurs $\approx$ à une puissance maximale de 100 à 170 W sous 1000 W incident
 $\approx$ à une production annuelle de 70 à 80 kWh/an

L'installation doit être raccordée au réseau afin de revendre le surplus de la production électrique. C'est au moyen d'un compteur bidirectionnel que le surplus de production est injecté au réseau lorsque ce compteur tourne « à l'envers ». Ce nouveau compteur ou un compteur annexe (selon la région) permet de comptabiliser l'énergie produite et d'obtenir les certificats verts.

Gestion, régulation

La bonne gestion et la bonne régulation de l'installation est un point incontournable des économies d'énergie. Beaucoup peut se jouer au niveau de la régulation du chauffage. Pour cela, il faut une certaine facilité d'usage pour que l'habitant sache employer au maximum sa nouvelle installation. Et la programmer pour l'adapter aux besoins de l'habitation.

Cette facilité d'usage ne doit pas entraver les performances et la précision qui sont nécessaires au bon fonctionnement de l'installation.

Si les occupants ne peuvent pas gérer cela eux-mêmes, il faut envisager une automatisation ou une gestion externe.

Dans le cas du logement locatif (et en particulier du logement social), il faut expliquer aux locataires installés le fonctionnement des nouveaux équipements qui seront mis en place et les convaincre de leur intérêt. Ce n'est pas toujours évident et selon l'état d'esprit de l'occupant ou du représentant, il est envisageable ou non de le responsabiliser entièrement ou en partie.

La régulation du chauffage va permettre d'adapter le chauffage au réel besoin de personne, en fonction de leur présence au long de la journée, en différenciant la semaine du week-end,... Cette régulation sera aidée par différents outils :

- Vanne thermostatique, thermostat d'ambiance (avec fonction hors gel), sonde de température extérieure
- Régulation jour/nuit
- Programmation hebdomadaire (semaine/week-end), pour les vacances (avec date de retour)

Il faut savoir que le placement d'une régulation correcte sur une installation non régulée (c'est-à-dire sans ralenti nocturne et sans contrôle précis de la température intérieure) permet 30 % d'économie sur la facture annuelle de combustible.

Le ralentissement de la température la nuit et lors des absences en journée était autrefois avec la régulation par pièce ou secteur de l'habitation, la base de la régulation. Mais aujourd'hui, il est préférable de couper le système de chauffage en combinant une horloge et un thermostat d'ambiance, ou de couper le chauffage avec une relance optimisée en combinant un optimiseur avec le même thermostat d'ambiance.

Pour améliorer la régulation, le régulateur peut couper l'utilisation, sauf demande issue d'un thermostat d'ambiance complémentaire placé dans un local témoin et associé à une horloge. Une sonde extérieure peut également être associée à l'horloge afin de faire intervenir la température extérieure dans la régulation (coupure totale si la température extérieure dépasse un seuil donné).

Le bâtiment peut également se décomposer en différentes zones en fonction de la chaleur attendue. Dans cette logique, les chambres ne réclament pas le même niveau de température que la salle de bain par exemple. Cela peut être régulé au moyen de vannes thermostatiques.

Les vannes thermostatiques permettront également de réguler la température en évitant de surchauffer certaines pièces puisqu'elles limitent la puissance des corps de chauffe dans les locaux

Certaines chaudières permettent de programmer la période de vacances en introduisant la date de départ et celle de retour pour arrêter le chauffage (position antigel) lors du départ en vacances et le remettre en marche un jour avant le retour.

La Gestion Technique Centralisée (GTC) peut se révéler beaucoup plus pratique pour de grands bâtiments.

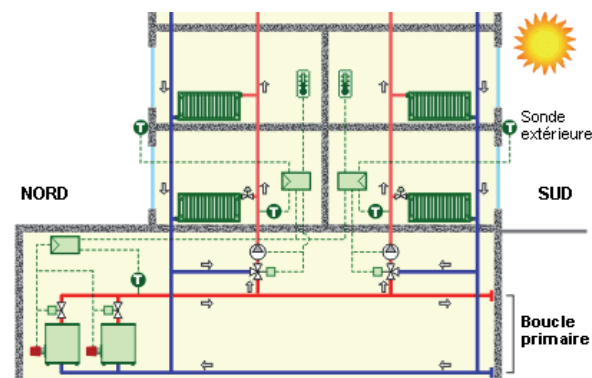


Vannes thermostatiques



Différents types de régulateurs

Poste de gestion des systèmes de ventilation mécanique d'un immeuble de logement



En dehors des questions énergétiques traitées dans le chapitre précédent, pour prétendre à une réflexion globale sur la rénovation, respectant l'environnement et l'écologie, il faut aussi se pencher sur les questions liées à la gestion de l'eau, des matériaux, des déchets, ou encore à la flexibilité du bâtiment.

Eau

1. GESTION DES EAUX DE PLUIE

Le principe à garder à l'esprit est de limiter l'impact de la construction sur le cycle de l'eau et son écoulement (ruissellement, infiltration dans le sol,...).

La gestion de l'eau peut être développée selon deux points de vue :

- par une utilisation économe (comportement, tuyauterie, robinetterie et appareils sanitaires adaptés)
- par la valorisation de l'eau de pluie : la réaffectation ou le placement d'une citerne et d'un groupe hydrophore

Les possibilités de récupération de l'eau dépendent fortement du type de toiture retenue. Tous les types de toiture ne permettent pas de récupérer la même quantité d'eau de pluie (voir tableau 5.1) et certains sont à éviter pour maintenir une bonne qualité d'eau.

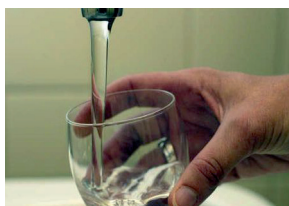


Tableau 5.1 : Récupération eau de pluie en fonction de la nature de la toiture

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 plat recouvert de végétation intensive (jardin suspendu)	10 à 20%
Toit en pente recouvert de panneaux ou de tuiles	75 à 95%
Toit en pente recouvert de végétation	25%

(Source : Advanced housing renovation with solar and conservation, IEA SHC TASK 37)

1.1. Les citernes

Une citerne permet de récolter les eaux des toitures et autres surfaces imperméables. Cette eau peut alors être utilisée dans le bâtiment. La citerne permet également de jouer un rôle de tampon lors de grosses averses par un système de deux niveaux de trop-pleins, retardant le déversement rapide de grandes quantités d'eau dans les rivières et les égouts, et évitant ainsi leurs crues.

Une citerne en béton, ou en maçonnerie permet de neutraliser l'acidité de l'eau de pluie au contact des parois. Celles faites en plastique, en métal ou en d'autres matériaux chimiquement inertes ne permettront pas cette neutralisation. Une citerne peut être rendue étanche et l'acidité de son eau peut être neutralisée au moyen d'un bon enduit de mortier. Tout produit d'étanchéité empêchant cette neutralisation doit être évité.

Comment utiliser sa citerne ?

Il faut savoir qu'en moyenne, en Belgique, la consommation moyenne en eau s'élève à **115 litres par jour et par personne** (source www.vivaqua.be), ou encore **42 m³ par an et par personne** (soit 460 litre/par jour pour une famille de 4 personnes). Les citernes permettent 3 options de gestion d'eau :

- Utiliser cette eau pour arroser le jardin, pour les chasses de WC (35% de la consommation moyenne par personne), pour la lessive et pour le nettoyage. Il faut simplement placer un filtre au-delà de la pompe.
- Utiliser l'eau pour tous les usages domestiques, donc également pour la vaisselle, et l'hygiène personnelle. Il faudra ici ajouter un filtre supplémentaire.
- Utiliser l'eau également comme eau potable. Ce qui revient à devenir son propre fournisseur d'eau, avec toute la responsabilité que cela comporte (choix de quelques milliers de ménages depuis des années en Wallonie). La qualité de l'eau potable doit être vérifiée régulièrement par le fournisseur du matériel (suite à un contrat).

Et notons qu'en moyenne, sur un immeuble de 60 m² au sol, on peut récupérer annuellement environ 42 m³ d'eau soit en moyenne 115 litres d'eau disponible par jour.



Placement d'une citerne



Citerne plastique (source : Waterwegwijzer voor architecten)

5. ENVIRONNEMENT

Citerne préexistante

Dans ce cas, il est donc tout à fait logique de vouloir la réhabiliter. Mais avant la remise en service, il faut vider la citerne, vérifier l'état de ses parois, réparer les éventuelles fissures et remettre une couche bien lisse d'enduit de mortier.

Intégration d'une citerne

Il existe trois possibilités :

- Placer une grande citerne enterrée (difficile dans bien des cas). Il faut en effet une surface privée de cours ou jardin, accessible à une grue lourde et puissante.
- Placer plusieurs petites citernes dans une cave, un garage ou une annexe. Elles sont reliées entre elles sur le principe des vases communicants, pour n'en faire qu'une. Ces citernes sont dimensionnées pour pouvoir rentrer dans une cage d'escalier, et d'un poids réduit pour être transportées et manipulées sans engin de levage (pas en béton). Cette solution est très efficace, mais plus coûteuse.
- Placer une petite citerne (de 250 à 1000 litres) extérieure (cour ou petit jardin non accessible par une lourde grue), qui peut être masquée par exemple derrière un écran végétal. Ce choix est moins coûteux, mais offre une capacité de stocker plus faible et se limite à un usage extérieur pour le jardin.

Pour estimer la capacité de la citerne, il faut compter que pour 10 m² au sol de toiture correspond à une citerne de 1,5 m³. Donc pour un immeuble de 60 m² au sol, il faudrait une citerne de 9 m³.

Les conduites de distribution de l'eau de la citerne doivent être séparées de celles pour l'eau publique ce qui implique une tuyauterie spécifique dans l'habitation (norme NBN EN 1717). Il ne peut exister aucune connexion entre ces deux réseaux. Et précisons que les clapets anti-retour sont insuffisants et non réglementaires. Ceci peut représenter une rénovation lourde.

Si la citerne est « à sec » : (2 types de solutions permanents sont possibles selon la législation)

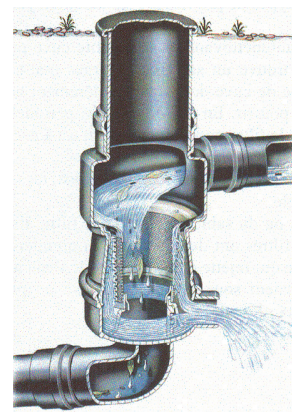
- > **un remplissage de la citerne par de l'eau de distribution** mais il est cependant difficile de prévoir la quantité d'eau de distribution nécessaire à mettre dans la citerne en attendant la prochaine pluie; parfois robinets liés à des interrupteurs temporisés pour remplir la citerne jusqu'à un certain niveau.
- > **l'utilisation d'une station domestique de gestion d'eau** qui permet une alimentation automatique en eau de ville depuis un réservoir tampon en eau potable équipé d'une surverse.

Une citerne correctement installée doit être nettoyée tous les 10 ans (élimination de la boue de décantation dans le fond). Les filtres doivent être nettoyés régulièrement.

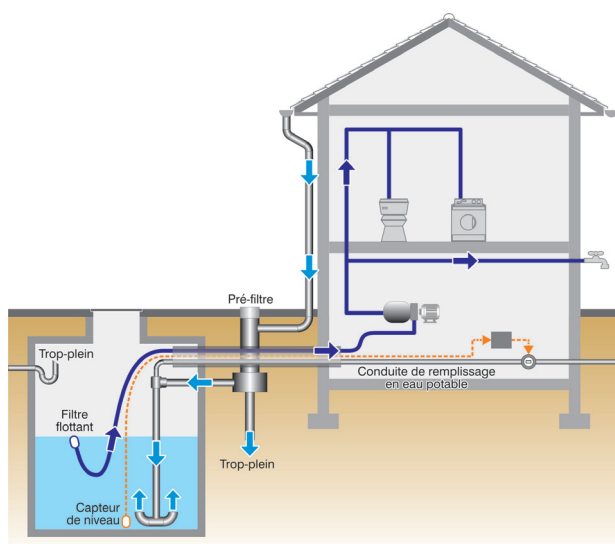
1.2. Les surfaces perméables

Les milieux urbains sont de plus en plus imperméabilisés. Dans le cas d'aménagement de surfaces minéralisées, pour un usage de circulation ou de parking, terrasses, aires de jeux..., il est préférable de favoriser les surfaces perméables ou de conserver autour des platebandes de plantations.

- Planter un espace planté dans un site urbain, généralement dense et appauvri en espaces verts et végétations, permet à la fois de :
- réintroduire la biodiversité c'est-à-dire un nombre important d'espèces animales et végétales;
- retrouver un équilibre entre les différents écosystèmes;
- créer des espaces de détente, d'échanges et de rencontres extérieurs agréables, élément indispensable au confort de vie urbaine;
- se protéger de la chaleur, du vent et d'améliorer le micro-climat

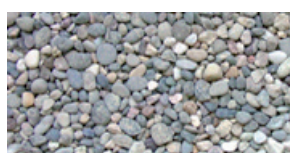


Filtre centrifuge
(source : Waterwegwijzer voor architecten)



Type de sol	Capacité d'infiltration mm/h
Sable grossier	500
Sable fin	20
Sable fin limoneux	11
Gravier léger	10
Tourbe	2,2
Limon	2,1
Argile légère	1,5
Argile modérément lourde	0,5
Limon argileux	0,4

Source : «Waterwegwijzer voor architecten», VMM, 2000



5. ENVIRONNEMENT

1.3. Les toitures vertes

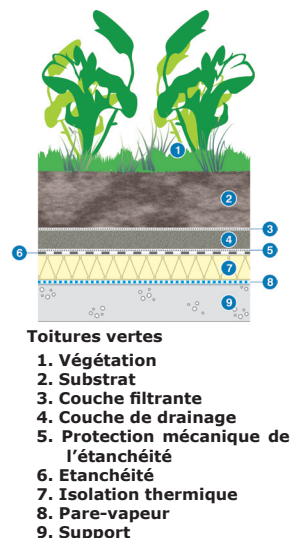
Une toiture verte est une toiture, plate ou en légère pente, recouverte de végétation et des couches nécessaires au bon développement de celle-ci. Il existe trois sortes de toitures vertes, selon le type de végétation qu'elle supporte :

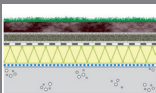
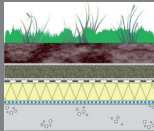
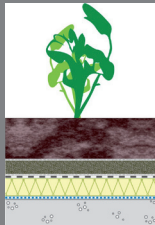
- toiture à végétation extensive
- toiture à végétation intensive peu élaborée
- toiture à végétation intensive élaborée

Le tableau ci-dessous permet de comparer les différentes possibilités offertes en rénovation par les trois différents types de toitures vertes.

Les toitures vertes jouent plusieurs rôles :

- Elles augmentent la présence de la nature dans la ville, aide à la biodiversité.
- Elles protègent l'étanchéité contre les agressions des rayons ultraviolets du soleil ainsi que des intempéries et elles diminuent les fluctuations de température subie par l'étanchéité.
- Elles agissent comme un bassin tampon entre les intempéries et le système d'évacuation.
- Elles permettent une amélioration sensible de la qualité de l'air, notamment dans les zones à forte densité, en filtrant une partie des particules présentes dans l'air, en absorbant certains métaux lourds (pollution atmosphérique) comme le cadmium, le cuivre et le plomb et le zinc et en oxygénant l'air grâce processus de la photosynthèse. De plus, grâce aux phénomènes d'ombrage et d'évapotranspiration, la toiture verte améliore la qualité hygrothermique et le microclimat environnant.
- ...



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 ²	100 à 400 kg/m ²	> 400 kg/m ²
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)

2. DISTRIBUTION-EVACUATION

Une rénovation lourde est l'occasion de vérifier le réseau de distribution. La détection des fuites éventuelles sur le réseau avant rénovation se fait en vérifiant la qualité du réseau de distribution au niveau de son étanchéité et en ayant une bonne connaissance du réseau de distribution tel qu'il a été réellement mis en œuvre sur chantier (sur base de plans graphiques). Il faudra par après vérifier la réparation des fuites éventuelles et les mises en œuvres (du nouveau réseau ou d'une extension du réseau) défectueuses pouvant occasionner des fuites.

Une bonne connaissance du réseau de distribution facilitera la gestion, la maintenance et la surveillance de celui-ci. Le concepteur veillera à obtenir un plan du réseau de distribution et d'évacuation tel que implanté lors de la construction ou tel que réalisé et/ou modifié sur le chantier de rénovation. Ce plan doit comporter les informations suivantes :

- l'implantation des colonnes de distribution et d'évacuation
- les robinets d'arrêt au pied des colonnes, numérotés et étiquetés
- les différents regards
- les différents embranchements

La réalisation de deux circuits d'évacuation (eau de ville et eau de pluie) permet de ne pas perturber le traitement des eaux de ville dans les centrales et permet de récupérer l'eau de pluie pour un usage. Le fait d'utiliser l'eau de pluie, ralenti sa mise à l'égout ce qui permet de diminuer les risques d'inondation, de débordement d'égout,... ou en tout cas de diminuer ces risques en créant un déphasage.

L'eau de ville peut être utilisée pour des usages domestiques via une citerne, absorbée partiellement par une toiture verte,...

La ville de Louvain-la-Neuve est équipée de deux circuits d'égoût. L'eau de pluie alimente le lac de Louvain-la-Neuve, grand réservoir d'eau, participant à la vie et à l'ambiance de la ville.

3. USAGE MODÉRÉ

Lors de la rénovation de logements et surtout lorsqu'il s'agit de grands ensembles de logements il est indispensable de pouvoir au plus vite localiser une fuite d'eau, à la fois sur le réseau collectif de distribution et sur le réseau individuel propre à chaque habitation.

De plus en plus d'équipement permettent de réduire ou d'adapter la consommation d'eau : les détecteurs de fuites, les réducteurs de pression, les limiteurs de débit dynamique (Pièce de plomberie incorporée à la robinetterie qui maintient le débit à un niveau constant indépendant de la pression d'alimentation), les mitigeurs thermostatiques (réglage de la température et du débit), les chasses de WC à double commande (3 et 6 l), les chasses de wc à bouton stop, l'usage de douche par rapport au bain,...

4. EPURATION

Il existe différentes techniques d'épuration individuelle des eaux usées :

- **systèmes intensifs** : épuration des eaux usées par oxygénation et intervention mécanique

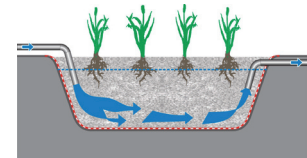
Les systèmes d'épuration avec traitement mécanique et oxygénation sont des minis stations d'épuration développée suivant plusieurs techniques : systèmes à biomasse fixée sur des supports fixes ou mobiles, systèmes à boues activées, systèmes à biodisques, filtre bactérien aérobie.

- **systèmes extensifs** : épuration des eaux usées par traitement naturel sans intervention mécanique

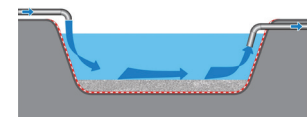
Les systèmes dits extensif, tout en étant aussi performants et adaptés que les systèmes intensifs, présentent des avantages économiques et écologiques car ils participent à l'amélioration des écosystèmes et à l'aménagement des espaces extérieurs tout en responsabilisant l'utilisateur sur sa propre consommation en eau et en produits détergents ou lessiviels (polluants).

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 :

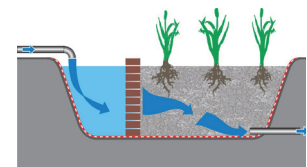
- un écoulement lent des eaux usées dans des bassins successifs
- une association biologique couvrant toute une chaîne alimentaire (bactéries aérobies, bactéries anaérobies, algues et phytoplancton)



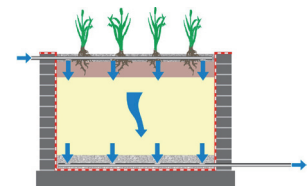
Roselière sur lit de gravier
(4 à 5 m²/usager)



Lagune à microphytes
(2 m²/usager)



Zone humide reconstituée
(3 à 4 m²/usager)



Filtre à sable planté de
roseaux (2,5 m²/usager)



Matériaux

1. ENERGIE

Chaque étape du cycle de vie du matériau demande une quantité d'énergie : conception d'un produit ou d'un matériau, extraction, traitement, fabrication, stockage, transport, mise en œuvre, commercialisation du produit, entretien, démolition, traitement des déchets, remise en état du site. Il s'agit de l'énergie grise qui est toute l'énergie utilisée à la construction ou à la rénovation d'un logement. Cette énergie dépend en grande partie des choix des différents fabricants de ces matériaux : par les choix de provenance des matières premières, de rendement d'installation et de traitement des déchets), par le choix de l'emplacement du site de construction !

Le choix des matériaux doit faire partie de la démarche de rénovation basse énergie. Choisir les matériaux selon leur impact sur l'environnement oriente vers des matériaux recyclés ou réemployés, naturels ou renouvelables, de provenance locale ou européenne, avec le « Life cycle assessment » (LCA) le plus faible et vers des matériaux certifiés. Ce choix est également déterminé en fonction des possibilités d'entretien des matériaux.

La rénovation basse énergie de logements représente déjà une forte économie d'énergie grise par rapport à la construction de logements neufs grâce à la conservation au minimum de la structure du bâtiment, à l'existence des réseaux (électricité, gaz, transports,...) et à la limitation de la quantité de déchets (par rapport à une démolition complète). Cependant, cette énergie grise peut encore être réduite lors de la rénovation :

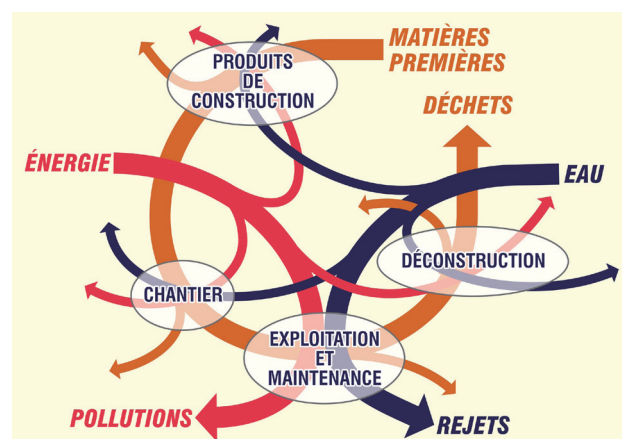
- par le choix des matériaux et produits de construction
- par un aménagement intérieur du logement permettant à celui-ci de s'adapter aux besoins futurs d'occupation

Le concepteur doit donc tenir compte des analyses de cycle de vie (ACV) des matériaux afin de choisir un produit ou matériau de construction économe en énergie grise. L'énergie grise doit cependant toujours être mise en relation avec le poids volumique du matériau ainsi que la quantité nécessaire à une mise en œuvre de qualité.

Notons aussi que le choix des matériaux devra dépendre en grande partie de leurs propriétés dynamiques comme régulateur hygrométriques et thermiques.

Matériaux par kg de matière	Energie grise fabrication MJ-Eq/kg	Energie grise élimination MJ-Eq/kg
béton (2400 kg/m³)	0,616	0,201
brique terre cuite (1000kg/m³)	2,84	0,188
bloc de plâtre (950 à 1250 kg/m³)	4,86	0,287
tôle d'acier (37 % recycling)	29,8	0
panneau MDF (780 kg/m³)	39,2	0,164
laine de roche (60-130 kg/m³)	22,6	0,248
PUR (30 kg/m³)	103	1,38
Fibres de cellulose (en vrac) (30 kg/m³)	9,63	0,287

(Source: Ecobilans KBOB 2009 - www.ecobau.ch)



2. SANTÉ

Pour chaque étape du cycle de vie du matériau, ce dernier peut être nocif pour la santé de la personne qui le manipule, et pour l'occupant des locaux. Il s'agit notamment des émanations toxiques (solvants, poussières...), des radiations, des conditions difficiles ou dangereuses de fabrication ou de mise en œuvre.

Il y a trois points clef au niveau du bâtiment qui détermineront l'aspect nocif lié aux matériaux :

- à la démolition, lors du chantier pendant les manutentions
- selon le mode de fixation choisi : cloué ou collé
- selon les matières premières choisies

Un bâtiment existant peut contenir des matériaux présentant un danger pour la santé ou l'environnement. (Source : <http://www.bag.admin.ch/> voir aussi les normes européennes (classe E1))

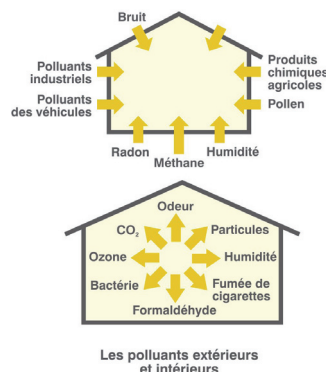
- l'amiante dans des maisons construites ou rénovées entre 1904 et 1990 (problème lors de manutentions ou de démolitions).
- les composés organiques volatils (COV), les composés organiques semi-volatils (COSV) ou les matières organiques particulières (MOP) sont les principaux polluants intérieurs
- les nouveaux matériaux colles et peintures avec des solvants et liant autres que l'eau

5. ENVIRONNEMENT

L'air extérieur qui entoure les bâtiments amène dans les locaux les polluants imputables au trafic, au chauffage, à l'activité industrielle et artisanale. Mais l'influence des usagers, leur mode de vie, est aussi essentielle : en effet, certaines émissions sont dues au métabolisme humain ou sont produites quand nous nous douchons, cuisinons ou utilisons certains produits de ménage ou de bricolage. La principale source de pollution intérieure reste toutefois le tabagisme. A cause des différentes sources intérieures, la qualité de l'air dans les locaux est souvent plus mauvaise que celle à l'extérieur.

Or, l'homme passe 80% à 90% de son temps dans un environnement intérieur (logement et travail). Toutefois, la qualité de l'air des espaces intérieurs dépend de la méthode active de base, la ventilation, mais cette qualité de l'air peut être considérablement améliorée, de manière passive, en travaillant sur les aspects suivants :

- Le choix des matériaux et produits de construction
- Le choix du mode et des systèmes constructifs, des détails de finition intérieure et des équipements électriques
- L'agencement du logement de manière à favoriser une ventilation naturelle : il faut créer des conditions d'hygiène en gérant le degré d'humidité pour empêcher l'apparition de moisissures à travers une ventilation hygiénique et en optimisant la ventilation et les risques de pollution de l'air neuf
- Le mode de vie des occupants (produits de nettoyage, entretien de la maison,...) : c'est aussi savoir gérer les risques de pollution par l'entretien d'où l'intérêt de faciliter le nettoyage et l'évacuation des déchets d'activités par un revêtement de sol adapté à des nettoyages fréquents et des locaux adaptés aux déchets



Déchets

1. DÉCHETS DE CONSTRUCTION, TRANSFORMATION, DÉCONSTRUCTION

La fabrication et la mise en œuvre des matériaux de construction produisent des déchets. Selon le matériau, les déchets se caractérisent par leur quantité, leur nocivité, la difficulté de leur traitement et de leur recyclage.

Les travaux de rénovation de logements entraînent inévitablement un volume de déchets de construction portant à la fois sur les travaux de démolition et sur les travaux de remise à neuf. Il est dès lors essentiel de former, sensibiliser et impliquer les ouvriers sur chantier et de désigner un responsable «déchets» sur chantier. En terme de rénovation durable de logements, il convient donc de travailler sur trois grands axes de manière à limiter la mise en décharge et l'incinération des déchets : la prévention, la valorisation et l'élimination.

1.1. La prévention

La prévention consiste à limiter au maximum les déchets de construction lors du chantier de rénovation et lors des transformations ou démolition future du bâtiment par certaines mesures préventives comme le choix du procédé de construction et le choix des matériaux de construction.

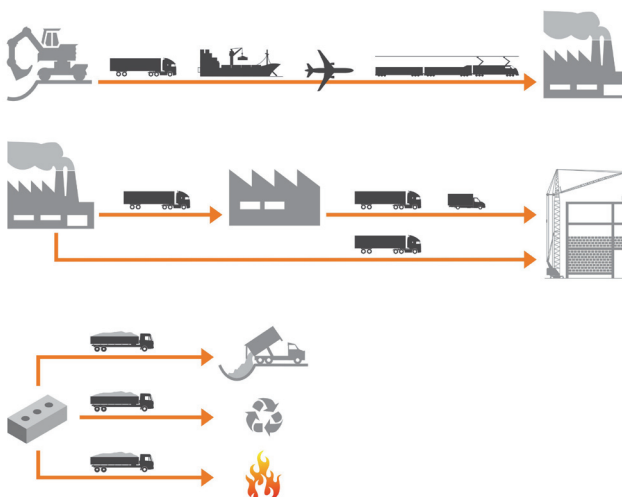
On peut relever deux mesures préventives sur le procédé de construction. Il faut veiller à travailler avec des dimensions standardisées et des éléments de construction préfabriqués et, idéalement, utiliser des techniques de construction permettant un démontage ultérieur aisé.

Quant aux mesures préventives sur les matériaux de construction, il faut, lors du choix des matériaux ou de l'ampleur des travaux de rénovation, tenir 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)
- limiter la quantité de matière démolie et mise en œuvre



(Source : ADEME)



5. ENVIRONNEMENT

Il faut également et ce de manière générale :

- exclure les matériaux ou produits de construction générant des déchets dangereux;
- envisager la réutilisation de certains matériaux in situ, sans traitement préalable

Il faut se tenir au courant des filières de recyclage existantes et de leur situation par rapport au chantier, car l'industrie du recyclage est en pleine expansion.

1.2. La valorisation

La valorisation consiste à favoriser le recyclage et la réutilisation des déchets de démolition par un tri de ceux-ci sur chantier.

Pour permettre de trier davantage et à la source les déchets de manière à pouvoir les valoriser dans les filières de recyclage, il faut établir une gestion efficace des déchets qui se développe 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 au pays ou 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** ou s'interroger sur le devenir du déchet

1.3. L'élimination

L'élimination se fera lorsque la valorisation n'est pas possible, via deux filières : l'incinération avec valorisation énergétique, et la mise en décharge.

Filière	Environnement	Social et économie
Mise en décharge	Emissions de polluants dues au transport des déchets Pollution de l'air et du sol Impact sur le paysage	Coût de gestion important Nuisances de proximité Risques sur la santé par la pollution de l'air et du sol
Incinération	Emissions de polluants dues au transport des déchets Emissions de polluants : CO ₂ , SO ₂ , ... Impact sur le paysage	Coût de gestion important Nuisances de proximité : pollution de l'air pouvant provoquer de graves problèmes de santé

(Source : Advanced housing renovation with solar and conservation, IEA SHC TASK 37)

2. DÉCHETS DE FONCTIONNEMENT

Il s'agit essentiellement des déchets ménagers, pour lesquels le tri peut être encouragé si cette problématique a été réfléchi à la conception. Si le concepteur ne peut pas agir directement sur le comportement même des habitants, il peut, par une conception et un aménagement intérieur adapté, les encourager au tri sélectif (prévoir un espace de tri, individuel ou collectif).

Afin d'optimiser le tri effectué par les occupants, ceux-ci doivent :

- **Comprendre clairement les consignes de tri** car il est donc important de privilégier une information directe et explicite, ne passant pas uniquement par la pose d'affiches ou de pancartes. Ceci implique une communication de proximité par l'intermédiaire du gardien, du propriétaire ou tout autre personne proche de la vie quotidienne des occupants ; une signalétique sur tous les équipements et un guide de tri distribués à chaque foyer.
- Avoir à leur disposition des **moyens qui encouragent le tri** des déchets comme un espace de tri intégré à la cuisine et/ou un espace commun de stockage adapté aux besoins de la collectivité, bien entretenu et facile d'accès.

Le tri des déchets doit pouvoir s'effectuer de manière confortable pour tout habitant, qu'il occupe un appartement ou une maison. Il doit pouvoir trier ses déchets dans son espace de vie et les stocker dans un espace attenant ou à proximité de son logement sans que cela engendre des nuisances pour son mode de vie. Il faut donc développer la notion d'espace privé de tri et d'espace commun de stockage.

D'autres déchets peuvent être pris en comptes, comme des eaux rejetées peu ou pas traitées, contenant beaucoup de détergents et autres polluants.

Notons que l'entretien général du bâtiment engendre aussi des déchets (peintures, solvants, filtres et résidus d'appareils...).



(Source : ADEME)

Flexibilité fonctionnelle et volumétrie des espaces

Tout bâtiment sera amené au cours de sa vie à subir des évolutions dans son utilisation, voire des changements radicaux d'affectation. Car les manières de vivre, d'habiter évoluent au même titre que les techniques. La capacité qu'a un bâtiment à s'adapter aux différentes évolutions, est un gage de sa durabilité. Il s'agit d'une démarche durable qui a un moindre coût environnemental (déchets, matières premières, énergies).

Plus les espaces intérieurs d'un bâtiment sont restructurables, plus il pourra être considéré comme flexible. Pour cela, le plan doit être modulable, composé d'ouvrages intérieurs démontables, voire réutilisables. Un minimum de nuisances et de production de déchets doit en découler.

La capacité d'extension (ou de compression par division) d'un bâtiment définira son élasticité. Cela se traduit souvent par une extension du bâtiment qu'elle soit horizontale (développement de niveaux au-delà des façades) ou verticale (surélévation, occupation des sous-sols, reprise en sous-oeuvre). Cette démarche demande une réflexion particulière sur le plan masse, la volumétrie et l'aménagement intérieur mais aussi sur le système constructif et les façades. Pourquoi ne pas construire ces extensions dans un niveau plus performant tel celui du passif?!

Afin que le bâtiment puisse s'adapter aux évolutions ou aux innovations tant en matière de performances techniques (chauffage, ventilation, éclairage) que de mode de vie (logements ou résidentiel) ou de conception des espaces de travail (bureaux et tertiaire), il faut développer une certaine neutralité du bâtiment (structure, enveloppe, aménagement intérieur) par rapport aux équipements techniques. La neutralité du bâtiment garantira la capacité à accepter un changement important d'usage. Pour ce faire, il est intéressant de privilégier les techniques démontables, une trame ou une modularité (grands ensembles de logements),... et de promouvoir des accès pour les personnes à mobilité réduite permet d'assurer également une adaptation du bâtiment aux besoins évolutifs des occupants (accident, vieillissement).

Dans cette optique le cloisonnement devra être envisagé dans l'optique de la facilité de transformation. Cela implique l'usage de cloisons légères, de technique de vissage ou emboîtement, plutôt que les encollages, et l'emploi de matériaux recyclables. Le mode de construction en préfabrication permet d'améliorer et d'accélérer la mise en œuvre sur chantier.

Les éléments qui eux sont peu évolutifs, et contraignent la flexibilité du bâtiment devraient être concentré (fonctions, structures et systèmes). Ceci n'est toute fois pas toujours modifiable en rénovation.



Environnement

Pour que la rénovation basse énergie s'effectue de manière durable, elle doit s'inscrire dans un concept global et donc intégrer l'environnement à son projet. Cela commence avec le programme, les matériaux, les énergies développées, la gestion de l'eau, des déchets, ... Ce troisième volet complète les chapitres 4 et 5 concernant l'énergie et l'environnement desquels il est indissociable pour concevoir de manière globale, une rénovation basse énergie durable de logement.

Les concepteurs ont et auront un grand défi à relever : offrir à tout habitant, un logement rénové, de qualité, confortable, lumineux, sain, proche des réseaux urbains (transports et facilités) et de services, entouré d'espaces verts et de détente,...



Contextes

Une rénovation durable doit consister en une approche globale. Il ne faut pas se contenter d'améliorer uniquement les performances énergétiques et environnementales du bâtiment. Il est essentiel de développer une réflexion concernant le contexte dans lequel le bâtiment rénové devra s'intégrer. Cela se traduit par l'importance d'une mixité sociale, d'une diversité des fonctions et de la biodiversité.

La rénovation doit s'effectuer à deux échelles :

- L'échelle « micro » : amélioration du caractère habitable du bâtiment (basé sur le confort et la santé des occupants), et cela concerne également les performances énergétiques et environnementales
- L'échelle « macro » : qui considère le bâtiment dans son environnement global de manière à bénéficier des avantages qu'il offre et pour améliorer les aspects faisant défaut

Pour tenir compte du contexte dans la rénovation il faut :

- Démarrer du bâtiment existant et de son contexte
- Analyser les avantages et les inconvénients du bâtiment existant et son contexte

Améliorer la situation en tenant compte :

- des relations établies ou à établir avec le quartier (favoriser une mixité sociale)
- du confort des espaces intérieurs
- du confort des espaces extérieurs
- des consommations d'énergie (chauffage, électricité, eau potable,...)

Chaque contexte a un potentiel à être amélioré qui dépend de :

- la proximité du lieu de travail, des écoles, des magasins, ...
- la proximité des connections aux réseaux urbains
- l'accessibilité des transports publics
- la proximité des parcs et des espaces de détente

L'aspect économique aura également son importance vu que toute rénovation a un coût, qui variera en fonction des transformations à effectuer et de leur facilité de mise en œuvre. Cet aspect devra surtout s'adapter au budget du projet.

Programme

En fonction des contextes, il peut être opportun de compléter ou de modifier le programme existant afin de vivre en symbiose avec le quartier et de répondre à certaines de ses attentes.

- Mixité sociale
- Mixité fonctionnelle, logements, bureaux, commerces, services...

Proximité des services administratifs et collectifs, communes, soins, loisirs, garderie d'enfants, commerce de proximité



Ci à droite : Mixité fonctionnelle : espace public entouré d'une gare, à gauche, de commerces, de bureaux à droite et de logements aux étages et au centre de la photo

Mobilité

Le trafic automobile est une des principales sources de nuisances et de pollution en ville : il est non seulement responsable de bruits, d'encombrements important mais aussi d'importantes émissions toxiques (CO₂, SO₂, particules fines,...) Mais plus encore, la circulation automobile a joué le rôle principal dans la détérioration des espaces publics, dans le déclin des interactions sociales et dans la disparition du sentiment d'appartenir à une communauté locale, celle de sa rue, de son îlot, de son quartier...

Cependant, l'architecture des lieux bâtis et non bâtis, est susceptible de stimuler, de faciliter et de sécuriser les déplacements piétons et cyclistes qui jouent un rôle au niveau de la vitalité urbaine, des activités de proximité et du sentiment de sécurité.

1. MOBILITÉ ALTERNATIVE, MOBILITÉ DOUCE

L'utilisation de plus en plus intense de la voiture a eu de nombreux impacts sur l'espace public, les relations sociales et sur l'environnement (qualité de l'air, réchauffement climatique, épuisement des ressources,...). Aujourd'hui, il y a lieu de réduire l'utilisation de la voiture. Cet objectif ne peut être atteint sans :

- une présence forte des transports en commun
- des activités urbaines proches les unes des autres permettant une mobilité douce (piéton et vélos)
- des parkings judicieusement placés pour laisser sa voiture et utiliser les transport en communs
- des incitations légales ou financières à co-voiturer

Les pôles mixtes et compacts réduisent les besoins de déplacements et créent des quartiers animés et durables (Figure 6.1). Il faut donc encourager la mobilité à pied ou à vélo par une proximité aux infrastructures et aux réseaux existants et par la mise en place d'un service de stationnement voiture/vélo... Il faut développer des pistes cyclables confortables et sécurisées et des « garages à vélos » abrités, sécurisés et éclairés.

Les déplacements piétons sont encouragés lorsque la distance à parcourir est inférieure à 600 mètres (durée de +/- 10 minutes) au-delà, elle devient dissuasive pour le piéton « moyen ».

En Belgique des systèmes alternatifs visant à motiver l'emploi de transport alternatif se développent : arrivée du RER, concept de vélos libres et publics répartis à travers des stations équipée de bornes (CycloCity, Pro Velo), service de location de véhicules pour une courte période à de multiples endroits souvent près des gares,...

2. MOBILITÉ RÉDUITE

Il y a des personnes pour qui les déplacements relèvent d'un « combat » quotidien. Les personnes à mobilité réduite ne doivent pas être ignorées dans cette politique de la mobilité. En effet, les transports en commun font de plus en plus d'effort pour garantir un service à tout usagé. L'intégration des personnes à mobilité réduite dépend en grande partie de l'accessibilité à tous lieux fréquentés. Cette accessibilité commence à la conception d'un bâtiment. La rénovation basse énergie est donc l'occasion d'intégrer ou de redévelopper ce qui aurait pu échapper au précédent concepteur.



Ci-dessus, parking à proximité d'une gare et d'une gare de bus. Ci-dessous, parking aménagé pour parquer tant les voitures que les deux roues.

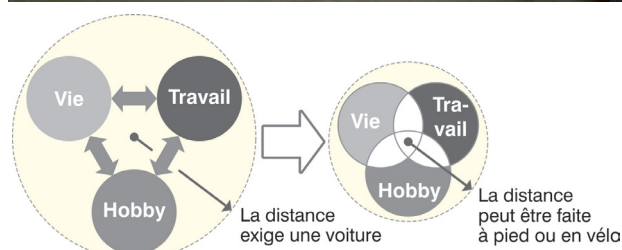


Figure 6.1 : Les pôles mixtes et compacts : les déplacements y sont réduits et la circulation peut se faire à pied ou à vélo.



niveau K	niveau d'isolation thermique globale
U	coefficient de transmission thermique [W/m^2K]
R	résistances thermiques [m^2K/W]
λ	conductivité thermique [$W/(m.K)$]
μ	coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'un matériau [-]
PEB	performance énergétique des bâtiments
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 durable
niveau E_w	en Région wallonne, les méthodes 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)
niveau E_{spec}	en Région wallonne, un critère supplémentaire pour les bâtiments résidentiels (sans nom officiel et appelé ici consommation spécifique) est pris en compte : cette seconde expression correspond à l'exigence relative à la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire (consommation à diviser par la surface totale de plancher chauffé)
Tc	la température de confort (ou T° opérative), moyenne arithmétique entre la température de l'air et la température des parois [°C]
Top	la température opérative = la température de confort [°C]
Tparois	la température de surface d'une paroi [°C]
Tair	la température de l'air [°C]
n50	le renouvellement d'air pour une différence de pression de 50 Pa (en une heure, 1/h) ou le débit d'air (m^3/h) qui passe par le volume (m^3) de considéré à 50 Pa [m^3/hm^3]
v50	le débit d'air qui passe par m^2 dans la façade de fuite à 50 Pa par unité de surface [m^3/hm^2]
Im	le flux lumineux : puissance lumineuse émise par une lampe, exprimée en lumens (lm)
lux	l'éclairement : quantité de flux lumineux éclairant une surface, exprimée en lumen par m^2 ou lux
PHPP	Passive House Planning Package : ce package est constitué d'un logiciel (programmé sous Microsoft Excel) et d'un manuel qui forment un outil d'accompagnement à la conception passive. Car il permet de concevoir l'habitation pour s'assurer qu'elle respectera les très faibles consommations énergétiques recherchées, mais il sert également d'outil de validation de la construction servant de base pour l'attribution d'une certification (Passivhaus Institut Darmstadt, Plateforme Maison Passive belge, etc...)
COP	coefficient de performance, est le rapport entre l'énergie thermique utile délivrée au condenseur et l'énergie fournie au compresseur additionnées des auxiliaires (dispositif antigel, commande/régulation et installations mécaniques (pompe, ventilateur)) (énergie+)
COPA	le coefficient de performance annuel est le rapport, mesuré sur site, entre la quantité totale d'énergie consommée et fournie. C'est le coefficient de performance annuel qui donne vraiment idée du «rendement» et de l'efficacité de l'installation. (énergie+)
COP saisonnier ou SPF	le Facteur de Performance Saisonnier («SPF») est le rapport de la quantité d'énergie fournie au bâtiment et apportée à la machine, en un an, calculée de façon théorique sur base du COP instantané à différentes températures. (énergie+)
VMC	la ventilation mécanique contrôlée
COV	composés organiques volatils
COSV	composés organiques semi-volatils
MOP	matières organiques particulières

Ouvrage

Advanced housing renovation with solar and conservation, IEA SHC TASK 37, SUBTASK D environmental, impact, assessment, TRACHTE S., Architecture et climat, Université Catholique de Louvain, 2009

Fiche thématique Projet RELOSO, MATRIciel, Conseils et études en Architecture durable, GOETGHEBUER Th., 2008

La rénovation et l'énergie, Guide pratique pour les architectes, Université de Liège, Université Catholique de Louvain, Ministère de la Région Wallonne, sous la dir. de : HAUGLUSTAINÉ J.-M., SIMON F., Février 2006

IBGE - Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement, Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments, Infos fiches-éco-construction, (<http://www.ibgebim.be/>), 2007

La rénovation énergétique et durable des logements wallons, Analyse du bâti existant et mise en évidence de typologies de logements prioritaires, KINTS C., 2008

Enquête socio-économique 2001 monographies : Le logement en Belgique, VANNESTE D., THOMAS I., GOOSSENS L., Editeur responsable : N. DEMEESTER, SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie, Direction générale Statistique et Information économique, Bruxelles 2007

Wonen in Vlaanderen, De resultaten van de woonsurvey 2005 en de uitwendige woningschouwing 2005, HEYLEN K., LE ROY M., VANDEN BROUCKE S., VANDEKERCKHOVE B. et WINTERS S., 2007

Energie+, conception et rénovation des bâtiments tertiaires, Architecture et climat, Université Catholique de Louvain, version 6.

L'application de principes de la maison passive en Région de Bruxelles-Capitale, étude réalisée par le CERAA, Centre d'Etude, de Recherche et d'Action en Architecture asbl, <http://www.ceraa.be>, Juin 2008

Waterwegwijzer voor architecten : een handleiding voor duurzaam watergebruik in en om de particuliere woning, De Backer L. et Van Peteghem M., VMM (Vlaamse Milieumaatschappij), Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Brussel, 2000

Réglementation sur la performance énergétique des bâtiments : du nouveau à Bruxelles et en Wallonie, Les Dossiers du CSTC, N° 4, Cahier n° 1, DELMOTTE C., 2008

L'isolation écologique, conception, matériaux, mise en œuvre, OLIVA J.-P., éditions Terre vivante, Mens, France, 2001

Des villes pour une petite planète, ROGERS R., GUMUCHDJIAN P., Le Moniteur, Paris, 2000

Site internet

<http://www.lehr.be>

<http://www.energieplus-lesite.be>

<http://www.maisonpassive.be>

<http://www.passiefhuisplatform.be>

<http://www.cstc.be/> ou <http://www.wtcbe.be/>

<http://www.curbain.be/>

<http://www.ibgebim.be/> et <http://130.104.235.38/ibge-guide/guide.aspx>

<http://energie.wallonie.be/>

<http://www.energiesparen.be/>

<http://www.flir.com/thermography/eurasia/fr/index.cfm>

<http://www.ecobau.ch>

http://www.flirthermography.com/belgium_french/industries/industry/1010/

<http://www.brusselsinternational.be/>

https://portal.health.fgov.be/portal/page?_pageid=198,9830502&_dad=portal&_schema=PORTAL

<http://www.cogengreen.com/>

<http://www.cogensud.be/>

<http://www.icedd.be/cogencdrom/>

<http://www.synergid.be/>

<http://www.belsolar.be/>

http://mineco.fgov.be/energy/rational_energy_use/tax_reductions/home_fr.htm

<http://www.bag.admin.ch/>

<http://www.epuval.eu/>

<http://www.beterventileren.be>

<http://www.belgaqua.be/>

Principal auteur : T. de Meester

Architecture et climat
Place du Levant 1,
B-1348 Louvain-La-Neuve

Relecteurs : **Architecture et climat**

Place du Levant 1,
B-1348 Louvain-La-Neuve

E. Mlecnik & W. Hilderson

PHP/PMP
Gitschotellei 138
B-2600 Berchem

O. Lesage

CSTC/WTCB
Lozenberg 7
B-1932 St-Stevens-Woluwe (Zaventem)

Version mai 2009

Si, malgré les recherches entreprises en matière de copyright, il subsiste des personnes pouvant faire valoir des droits, celles-ci sont invitées à contacter l'éditeur.