



ENVISAGER UNE CONSTRUCTION PASSIVE

Pousser les mesures d'économie d'énergie jusqu'à ne plus avoir besoin d'un système de chauffage conventionnel.

PRINCIPES

DEMARCHE

La qualité de l'enveloppe des bâtiments est un élément déterminant de leur consommation énergétique. Depuis 20 ans, le niveau d'isolation des constructions neuves ne cesse de s'élever. Ces dernières années sont apparus des bâtiments dont les performances de l'enveloppe sont telles que, une fois équipés d'une récupération d'énergie sur la ventilation, le recours à une source de chaleur conventionnelle devient quasiment inutile. Les pertes de chaleur sont tellement limitées que la puissance de chauffage nécessaire n'excède pas +2000 W pour un logement de 200m². Pendant l'été, des protections solaires bien étudiées et la ventilation naturelle intensive évitent la surchauffe de l'habitation. A ce niveau de performance, on parle de « maisons passives ». Ces dernières consomment en moyenne 4 à 8 fois moins d'énergie qu'une construction neuve conforme aux réglementations régionales.

L'appellation « PassivHaus » est un standard énergétique d'origine allemande, géré par les asbl PassiefHuisPlatform et Plateforme Maison Passive. Ce label peut être attribué à de nombreuses affectations : maisons, bureaux, écoles, etc. Seules les asbl citées ci-dessus sont aptes à certifier la construction et à attribuer le label. Elles se basent pour cela sur des prévisions de consommations établies au moyen de logiciels de calcul reconnus (PHPP – Passivhaus Haus Projectierungs Paket et quelques tableurs associés) et sur une mesure de l'étanchéité à l'air du bâtiment réalisé.



Logo de la Plateforme Maison Passive a.s.b.l. et l'asbl PassiefHuisPlatform

OBJECTIFS A ATTEINDRE

Les performances exigées pour obtenir le label « PassiveHaus » sont les suivantes :

- Pour le logement :
 - Un besoin net en énergie de chauffage < 15kWh/m²an
 - Un niveau d'étanchéité à l'air n50 inférieur à 0,6 volumes/h (voir fiche ENE10 « Assurer une bonne étanchéité à l'air du bâtiment »)
 - Un risque de surchauffe <5%
- Pour le tertiaire :
 - Un besoin net en énergie de chauffage < 15kWh/m²an
 - Un besoin net en énergie de refroidissement < 15kWh/m²an
 - Une consommation d'énergie primaire < 90-(2,5 x compacité)
 - Un niveau d'étanchéité à l'air n50 inférieur à 0,6 volumes/h (voir fiche ENE10 « Assurer une bonne étanchéité à l'air du bâtiment »)
 - Un risque de surchauffe limité conformément aux recommandations de la norme NBN EN 15-251, évalué sur base d'une simulation dynamique.

Nous reprenons dans la section « dans la pratique » des recommandations constructives pour atteindre ces niveaux de performances.

ELEMENTS DE CHOIX

ASPECTS TECHNIQUES

> Quel impact sur la conception des parois ?

Les performances exigées impliquent une isolation très poussée des parois. Dans le cas des murs, il n'est pas rare de voir des épaisseurs supérieures à 30 cm de matériau isolant. .

Des techniques de construction à ossature, souvent en bois, seront généralement utilisées pour faciliter la mise en œuvre de telles épaisseurs. En noyant la structure dans l'isolation, on peut atteindre les performances « passives » sans surépaisseur de la paroi par rapport aux modes constructifs traditionnels nettement moins bien isolés.

Il est néanmoins techniquement possible de réaliser des maisons passives avec un gros œuvre en maçonnerie traditionnelle. Si l'on travaille avec des panneaux isolants à faible lambda (PUR ou PIR par exemple, avec $\lambda=0,024\text{W/mK}$ environ), on peut envisager un mode constructif basé sur une technique d'enduit sur isolant tout en restant dans des épaisseurs de parois proche des standards habituels. Si l'on travaille avec des isolants à plus haut lambda (laines minérales ou végétales, ou cellulose par exemple, avec $\lambda=0,04\text{W/mK}$ environ), il faudra probablement doubler la maçonnerie d'une structure en bois pour maintenir l'épaisseur d'isolant et le parement. Cependant, avant d'envisager une construction avec des isolants d'origine chimique, il est nécessaire de s'interroger sur leur impact environnemental global. La fiche MAT05 « Isolation thermique: choisir des matériaux sains et écologiques » aborde ces aspects. De récentes publications (Brunklaus, 2010) tendent à démontrer qu'une construction passive avec de tels matériaux n'a pas de sens d'un point de vue environnemental.

Enfin, les exigences en termes d'étanchéité à l'air étant particulièrement élevées, la réalisation d'une barrière étanche continue tout autour du volume chauffé est indispensable, de même que la réalisation de tests « blower door ». Ces aspects doivent être étudiés précocement car ils concernent non seulement le dessin des détails techniques et l'organisation du chantier, mais aussi le choix des modes constructif et parfois des éléments de conception comme la réalisation de sas. La fiche ENE10 « Assurer une bonne étanchéité à l'air » explique les enjeux et techniques de l'étanchéification.

> Quel impact sur la conception des techniques spéciales ?

La qualité thermique de l'enveloppe des maisons passives rend le chauffage central traditionnel inutile. Cependant, un faible apport de chaleur reste nécessaire dans les locaux au plus fort de l'hiver. Cet apport sera souvent assuré par l'installation de ventilation, laquelle sera équipée de résistances électriques ou de batteries d'eau chaude.



Ces batteries d'eau chaude peuvent être alimentées par une petite chaudière gaz ou bois (des chaudières de très petite puissance, quelques kilowatts, adaptées à des maisons passives sont maintenant disponibles sur le marché), par le ballon d'eau chaude sanitaire ou par une pompe à chaleur sur l'air extrait.

Dans le cas de maisons, on dispose parfois d'un poêle au bois d'appoint dans un espace central du bâtiment. La chaleur qui y est produite se distribuera dans le bâtiment, notamment via le système de ventilation.

La question de l'appoint de chauffage pour l'eau chaude sanitaire se pose également, d'autant que le réservoir d'eau chaude sanitaire peut devenir un réservoir de chaleur pour toute la maison. Là aussi, des résistances électriques ou des pompes à chaleurs peuvent être envisagées, tout comme des brûleurs au gaz ou au bois.

On le voit, le slogan « maison sans chauffage conventionnel » ne veut pas dire « maison sans installations techniques » : celles-ci consistent principalement en une installation de ventilation à double flux avec récupération de chaleur et appoint éventuel, et en la production d'eau chaude sanitaire, éventuellement partiellement solaire. Il s'agit là de technologies qui pouvaient paraître « originales » il y a quelques années mais qui sont maintenant courantes. Seule la question de l'appoint de chauffage et de sa gestion reste délicate et demande un examen particulier, surtout si cet appoint est lié à la production d'eau chaude sanitaire.

Vous trouverez plus de commentaires sur cet aspect, notamment une comparaison chiffrée de différents modes de chauffage, dans la fiche Bâtiment Exemple référencée en fin de document.

> En rénovation ?

Bien qu'en rénovation il soit souvent difficile d'atteindre le niveau passif, ce n'est pas impossible, comme le montrent des exemples de réalisations exemplaires à Bruxelles.

Ceci impliquera généralement :

- En façade arrière : une forte isolation par l'extérieur et une modification des surfaces vitrées ;
- Une forte isolation de la toiture ;
- L'ajout d'une ventilation double-flux avec récupération de chaleur ;
- Un remplacement ou dédoublement des menuiseries en façade avant ;
- Une isolation par l'intérieur de la façade avant, lorsque l'on souhaite conserver son aspect extérieur et son alignement de voirie ;
- Une interruption des planchers pour permettre une continuité d'isolation de la façade avant, sans générer de ponts thermiques. Attention : une telle interruption peut générer un besoin de contreventement des structures porteuses.

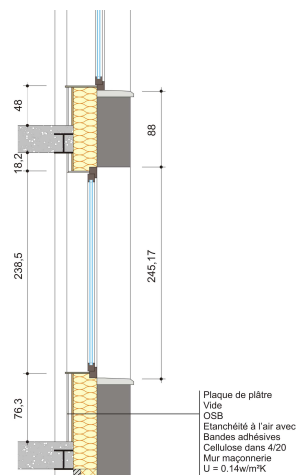


Illustration d'une isolation par l'intérieur avec interruption des planchers



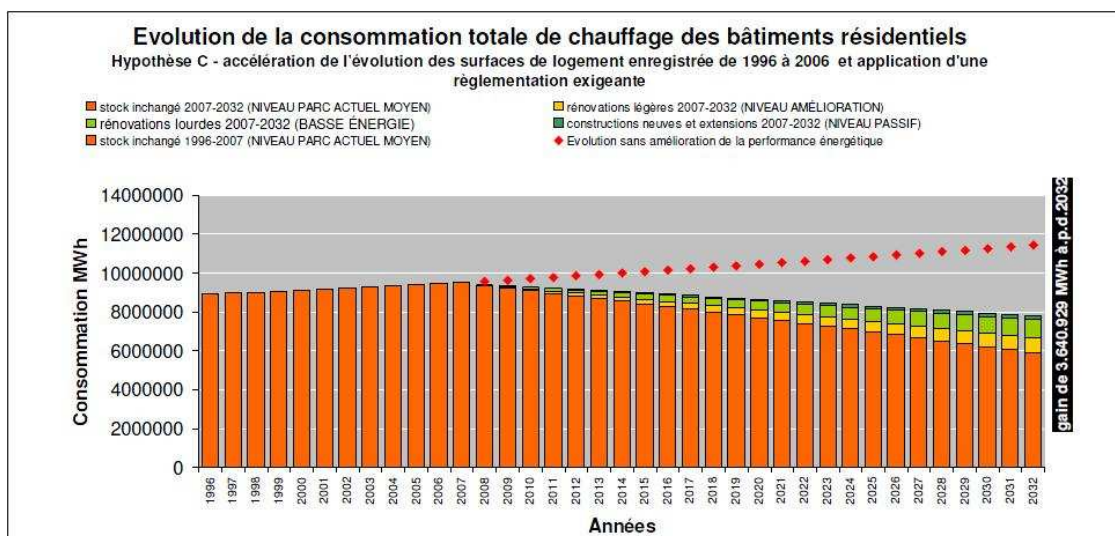
Généralement, l'intégration des modes constructifs « passifs » en rénovation permet d'atteindre des performances autour de 15 à 30 kWh/m² an, qui ne répondent pas toujours strictement au label « PassivHaus » et que l'on qualifie alors de « très basse énergie ».

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

> Bilan énergétique

La consommation d'énergie pour le chauffage représentait en 2003 72 % de la consommation d'énergie totale des logements Bruxellois, et près de 30 % de la consommation totale d'énergie de la Région.

Sur base d'une étude du CERAA réalisée à la demande du gouvernement régional en 2008, on estime que, dans un marché de la construction dynamique, une généralisation d'un mode constructif passif à toute construction neuve, combinée à un niveau de performance « basse énergie » pour toutes les rénovations lourdes, permettrait de réduire la consommation de chauffage cumulée des logements de la région selon la courbe ci-dessous :



Sur cette figure, on voit que grâce au niveau passif, la part des logements neufs dans les consommations d'énergie à l'horizon 2030 est négligeable. En outre, on constate une économie de 3.641000 kWh, soit près de 30% par rapport à un scénario « business as usual ».

Enfin, on voit qu'à côté de la performance des nouvelles constructions, c'est surtout à la qualité énergétique des rénovations qui faut être attentif. La généralisation d'une rénovation passive permettrait, dans la figure ci-dessus, de diviser encore par 4 les consommations associées aux rénovations lourdes (partie vert clair).

> Impact environnemental de la construction passive

Comme exposé dans la fiche MAT05 « Isolation thermique : choisir des matériaux sains et écologiques », les matériaux d'isolation ont lors de leur production, leur mise en œuvre, leur exploitation et leur fin de vie un impact sur l'environnement qu'il est nécessaire de minimiser.

Cette question est d'autant plus pertinente dans le cas des maisons passives, car la quantité de matériau d'isolation à mettre en œuvre est significativement plus importante que dans un bâtiment ne dépassant pas les performances stipulées par la réglementation régionale. Cependant, la réduction des émissions polluantes réalisée par la surisolation reste très largement supérieure à l'impact négatif sur ces mêmes émissions de la fabrication du matériau isolant. Il n'est donc pas pertinent de refuser un mode constructif passif sur base de l'impact environnemental des matériaux utilisés pour le réaliser.



Par contre, la logique d'éco-construction pousse à réaliser des constructions passives avec des matériaux à faible impact environnemental et sanitaires.

ASPECTS ECONOMIQUES

> Investissement

La construction d'une maison passive implique un surcoût par rapport à une construction classique (surisolation, triple vitrage, essai de pressurisation, etc.). Par contre, d'autres frais peuvent être réduits, notamment le coût de l'installation de chauffage. Au final, la maison passive reste cependant plus chère à la construction.

Avec une équipe de conception et des corps de métier expérimentés, un surinvestissement de 15% est à prévoir. Cet ordre de grandeur est confirmé par différentes sources (voir bibliographie). Ce surcoût pourra être sensiblement plus élevé si la forme du bâtiment est complexe et demande la résolution de nombreux détails spécifiques. Il est donc préférable, lorsqu'on se lance dans un projet de construction passive avec un budget limité, de faire au préalable un exercice de rationalisation de la forme, intégrant une maximisation de la compacité, une optimisation des surfaces vitrées et la limitation du nombre de détails complexes (terrasses, volumes débordants, renforcements dans les façades, etc.).

Sur base de l'expérience de bureaux d'étude consultés, cet ordre de grandeur de 15% peut a priori être considéré également pour les constructions tertiaires. Il existe cependant une assez grande variabilité dans les coûts au mètre carré des bâtiments tertiaire, ce qui complique l'établissement de ratios moyens. Des coûts de construction entre 1100 et 1400 €/m² ont été rencontrés pour des projets de bureaux passifs réalisés.

> Rentabilité

Différentes études reprises en bibliographie (notamment Audenaert et al.) estiment le temps de retour simple d'une maison passive entre 23 et 30 ans (hors aides publiques), pour des surinvestissements de 15% du coût du bâtiment. Cet ordre de grandeur est cohérent avec ceux constatés il y a quelques années lors du projet européen CEPHEUS sur les aspects technico-économiques du standard passif (Schnieders et al.) et peut a priori être considéré également pour les constructions tertiaires (les bureaux demandent moins de chauffage que les logements, il y a donc là une moindre économie, mais un bénéfice peut également être réalisé sur la climatisation, ce qui rétablit la rentabilité). En incluant les aides publiques et la croissance du coût de l'énergie, on peut considérer que l'investissement sera réellement retrouvé en 7 à 15 ans.

> Principe du double optimum

Abstraction faite des ordres de grandeur ci-dessus, un des arguments économiques justifiant le standard passif est celui du double optimum. Partant d'un cas de référence traditionnel, l'amélioration des performances entraîne un surcoût initial mais une économie de charge annuelle. Au plus la performance est poussée loin, au plus l'investissement est important, tandis que l'économie de charge devient relativement faible. De cette double tendance apparaît un optimum économique permettant de définir une architecture « basse énergie », généralement décrite par un niveau d'isolation entre K30 et K35. En poussant la performance jusqu'au niveau passif, un nouvel optimum apparaît, car cette très haute performance permet des économies d'investissement au niveau des installations de chauffage, de l'ordre de 5000€. C'est le principe illustré dans la figure ci-dessous :



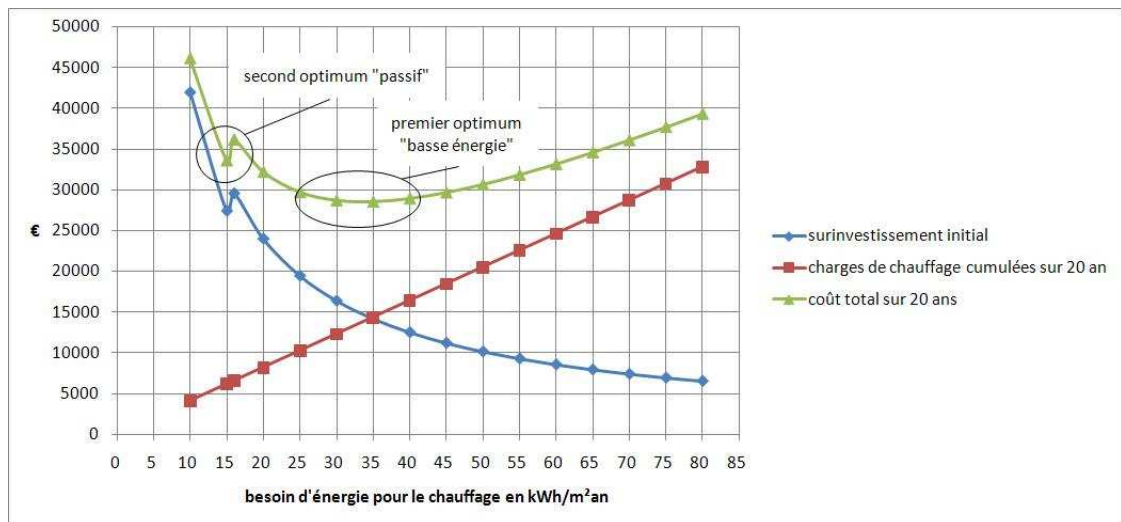


Figure théorique illustrant le principe du double optimum économique

ASPECTS SOCIAUX ET CULTURELS

> Quel impact sur le confort d'hiver ?

Une des conséquences de la surisolation et de la récupération de chaleur sur l'air extrait est l'uniformisation des températures dans la maison. Il n'est a priori pas possible de ménager par exemple une température plus basse dans les chambres, ou dans certains locaux moins utilisés, à moins de jouer avec des ouvertures de fenêtres, ce qui est contraire au principe de contrôle de l'étanchéité du bâtiment. Cette uniformité d'ambiance peut être regrettée par certains.

Par ailleurs, on voit fréquemment de petits radiateurs, lié au ballon d'eau chaude sanitaire, installés dans la salle de bains pour apporter un éventuel appoint localisé.

> Quel impact sur le confort d'été ?

De par leur très forte limitation des déperditions thermiques, les maisons passives sont sensibles à la surchauffe dès la mi-saison. Lorsqu'elles sont construites en ossature bois, elles présentent en outre une masse thermique limitée. Il sera, encore plus qu'ailleurs, nécessaire de disposer de protections solaires efficaces et d'une possibilité de ventilation nocturne importante. La présence de planchers massifs et un revêtement favorisant une bonne inertie thermique sont également conseillés. Le fiche ENE08 « Assurer une grande inertie thermique » développe la relation entre inertie thermique et confort d'été.

Une fois ces mesures prises, il est tout à fait possible de disposer d'un logement passif confortable en été



Maisons passives Heusden (Gand) 2005.



ARBITRAGE

> Une panacée ?

Le concept de maison passive permet de réduire drastiquement la consommation de chauffage, mais pour être agréable à vivre, il impose une réflexion du concepteur et du futur occupant sur les techniques de chauffage, sur la production d'eau chaude et sur la gestion du confort d'été.

D'autre part, la démarche « maison passive » est centrée sur les questions énergétiques et de confort. L'impact environnemental des matériaux mis en œuvre, ou la gestion de l'eau par exemple ne sont pas explicitement pris en compte par ce label, et doivent faire l'objet d'une démarche complémentaire pour que le projet soit exemplaire au niveau environnemental. Il ne s'agit donc pas d'une réponse « toute faite » à l'ensemble des enjeux de la construction durable.

Tout en souhaitant la multiplication des maisons passives, on ne saurait donc trop conseiller un examen minutieux de ces questions lors de la conception du bâtiment.

DANS LA PRATIQUE

Des mesures doivent être prises aux différentes phases de développement et de réalisation du projet :

PROGRAMMATION

- Dès les premiers stades du projet, prendre contact avec les asbl qui promeuvent le standard « maison passive ». Celles-ci ont pour vocation d'épauler l'architecte et le particulier lors de la réalisation de tels bâtiments.
- Si possible, s'entourer de professionnels ayant l'expérience de ce type de construction (voir listes de membres des asbl gestionnaires).
- Assurer une prise en compte d'autres enjeux environnementaux, tels que le bruit, les déchets, les matériaux, la gestion de l'eau, ...

AVANT-PROJET

Les recommandations techniques à suivre pour obtenir une certification « maison passive » sont les suivantes :

- Réduire les déperditions thermiques par une très bonne isolation des parois et le contrôle de tous les ponts thermiques. Il y a généralement entre 25 et 35 cm d'isolant sur les murs, 20 cm pour les sols et 40 à 45 pour les toits, selon le type de matériau utilisé (viser des valeurs U entre 0,15 et 0,10W/m²K). Les fenêtres doivent être en triple vitrage et les châssis sont spécialement conçus, ainsi que toute la menuiserie ($U_w < 0,85 \text{W/m}^2\text{K}$).
- Réduire les pertes de chaleur par un contrôle strict des défauts d'étanchéité à l'air du bâtiment (débit d'infiltration sous 50 Pa (appelé n50) inférieur à 0,6 volumes/h - voir fiche ENE10 « Assurer une bonne étanchéité à l'air du bâtiment' »).
- Garantir la qualité de l'air par un système mécanique de ventilation forcée avec récupérateur de chaleur à haut rendement (>75% - voir fiche ENE23 « Choisir un mode de ventilation efficace »), performant (consommation électrique <0,45Wh/m³) éventuellement couplé à un puits canadien (voir fiche ENE22 « Réaliser un puits canadien/provençal »), et dont le réglage a été effectué selon les règles de l'art.
- Valoriser les gains solaires gratuits par une orientation si possible Sud
- Valoriser éventuellement les énergies renouvelables (géothermique, solaire...).
- Réduire la demande énergétique par l'utilisation d'appareils ménagers (électroménager, luminaires,...) à meilleur rendement (Voir fiche ENE01 « Favoriser les



choix d'équipements électriques et d'éclairage efficaces »). Par exemple, dans les bureaux, viser 1.5W/m²/100lux au maximum.



*Capteurs solaires et groupe de ventilation double flux avec échangeur de chaleur.
Maisons passives Heusden (Gand) 2005.*

En outre, les recommandations architecturales suivantes sont pertinentes :

- Assurer une forte compacité.
- Prévoir une enveloppe en ossature bois mais une construction en planchers massifs pour maintenir une certaine inertie thermique dans le bâtiment.
- Limiter la surface vitrée et l'orienter principalement Sud, tout en prévoyant des protections solaires extérieures si possible mobiles.
- Avoir un premier contact avec la Plateforme maison passive ou le Passievehuisplatform. Eventuellement suivre une des formations qu'elles proposent.
- Se familiariser à l'utilisation de l'outil de calcul PHPP2007 (mise à jour attendue en 2010).
- Intégrer au design la question de la réalisation d'une barrière continue d'étanchéité à l'air.

PROJET D'EXECUTION, DOSSIER POUR LE PERMIS D'URBANISME

- Consacrer à la conception des techniques spéciales une attention particulière.
- Réaliser le calcul des performances du bâtiment avec l'outil adéquat.
- Eviter les ponts thermiques par l'étude de tous les détails techniques
- Etudier en détail la réalisation de l'étanchéité à l'air. L'improvisation sur chantier ne permet pas d'atteindre les niveaux de performance exigés et entraîne des surcoûts.

SUIVI ET SURVEILLANCE DES TRAVAUX

- Lors du suivi du chantier, le maître d'œuvre sera particulièrement attentif à la qualité de l'étanchéité de l'enveloppe et à la réalisation correcte des détails techniques.
- Consacrer à la mise en oeuvre des techniques spéciales une attention particulière.
- Réaliser un premier essai d'étanchéité à l'air en cours de chantier, à un stade permettant la correction facile des éventuels défauts identifiés lors de l'essai (en tous les cas avant la pose des parements intérieurs).

RECEPTION ET MISE EN EXPLOITATION

- Réaliser un essai final d'étanchéité à l'air par pressurisation.
- Informer le futur habitant sur la gestion des installations techniques et sur les mesures de prévention de la surchauffe.

ENTRETIEN

- Les filtres du réseau de ventilation double flux doivent être entretenus régulièrement.



INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

AUTRES ELEMENTS A GARDER A L'ESPRIT

Voici une liste de fiches dont les thématiques croisent celles de la maison passive :

- ENE01 - Favoriser le choix d'équipements électriques et d'éclairage efficaces
- ENE02 - Développer une stratégie du chaud
- ENE03 - Développer une stratégie du froid
- ENE04 - Construire un bâtiment bien isolé
- ENE06 - Optimiser la conception des fenêtres
- ENE08 - Assurer une grande inertie thermique »
- ENE10 - Assurer une bonne étanchéité à l'air de l'enveloppe
- ENE22 - Réaliser un puit canadien/provençal
- ENE23 - Choisir un mode de ventilation énergétiquement efficace
- MAT05 - Isolation thermique : choisir des matériaux sains et écologiques
- Fiche Bâtiment exemplaire : " Comparatif des systèmes de chauffage et ECS pour les maisons individuelles et les immeubles à appartements en conception passive et rénovation basse énergie".

BIBLIOGRAPHIE

Sources d'information sur les maisons passives :

- PassiefHuisPlatform vzw. : www.passiefhuisplatform.be
- Plateforme Maison Passive : www.maisonpassive.be

Sur les primes régionales et les déductions fiscales pour l'isolation et les installations techniques :

- Pour les particuliers : Le Centre Urbain asbl : www.curbain.be
- Pour les entreprises : www.ecosubsibru.be
- Déductions fiscales : http://mineco.fgov.be/energy/home_fr.htm
- Bruxelles Environnement - IBGE : www.bruxellesenvironnement.be

Etudes mentionnées dans la fiche :

- CERAA, L'application des principes de la maison passive en Région de Bruxelles-Capitale, Tech. Rep., Brussels Institute for the Management of the Environment, 2008
- Renard Frédéric, Di Pietrantonio Marny, Analyse économique d'une maison passive existante , Faculté Polytechnique de Mons, Pôle Energie, étude disponible sur le site www.maisonpassive.be
- A. Audenaert, S. D. Cleyn, B. Vankerckhove, Economic analysis of passive houses and low-energy houses compared with standard houses, Energy Policy 36 (2008) 47–55.
- B. Brunklaus; C. Thormark; H. Baumann, Illustrating limitations of energy studies of buildings with LCA and actor analysis, Building Research & Information, Volume 38, Issue 3, May 2010 , pages 265 – 279

Autres études sur les aspects économiques des maisons passives

- Environmental and economical performance of systems for energy-efficient dwellings : case of passive and low energy single-family houses, L. George, Université catholique de Louvain, submitted to Energy Policy
- K. Achten, R. D. Coninck, G. Verbeeck, J. V. der Veken, Analyzing the economic feasibility of permutations of energy-saving measures with batch simulations and Pareto optimization., in: Eleventh International IBPSA Conference, Glasgow, Scotland, 2009.
- R. D. Coninck, G. Verbeeck, Technical-economic analysis of the cost-effectiveness of energy saving investments, Tech. Rep., Brussels Institute for the Management of the Environment, Final Report, 2005.
- F. Renard, S. Nourricier, M. D. Pietrantonio, V. Feldheim, Technicaleconomic analysis of the cost-effectiveness of energy saving investments for residential buildings, Tech. Rep., Service Public de Wallonie, DG04, Final Report, 2008.

