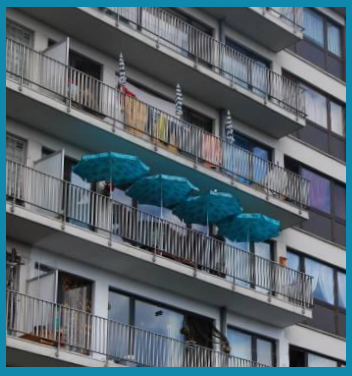
CHAPITRE 6
PROJETS ILLUSTRATIFS ET FICHES RÉALISATIONS



Wallonie

1. Projets illustratifs non réalisés

Objectifs

Trois typologies parmi les huit répertoriées au chapitre 4 et représentant 60 % du bâti wallon font l'objet d'une analyse à partir d'un projet illustratif non réalisé.

Pour chacune de ces typologies, une analyse de la situation existante avant transformation est effectuée en collectant les données de consommations réelles quand elles existent et en mettant l'accent sur les stratégies déjà mises en œuvre par les occupants pour augmenter leur confort et réduire la facture énergétique.

Des projets de transformations sont élaborés pour les différents bâtiments suivant deux scénarios principaux : [1]

- Un niveau « amélioration » qui devrait permettre d'atteindre le niveau PEB 2010 de +/- 90 kWh/m^2.an de besoin de chauffe.
- Un niveau « basse énergie » permettant d'atteindre la performance de +/-60 kWh/m^2.an
- Dans certains cas la transformation jusqu'au standard passif sera envisagée.

Pour chaque typologie et pour les trois niveaux d'énergie (existant, amélioration et basse énergie), les calculs suivants seront effectués :

- Les mesures d'amélioration d'isolation thermique des différentes parties de l'enveloppe sont simulées au moyen des logiciels de PAE d'audit énergétique, de PEB wallonne et comparées au logiciel PHPP.
- Illustration de mise en œuvre des isolations et des performances de parois.

Pour la typologie la plus représentée, celle des maisons ouvrières et maisons urbaines, une étude d'impact environnemental est réalisée en lien avec les comparaisons énergétiques entre constructions neuves et rénovées développée au chapitre 4 pages 78 à 79.
Une estimation du prix des diverses transformations énergétiques est jointe à l'étude.

2. Projets illustratifs réalisés

Trois projets réalisés sont présentés suivant la même grille d'analyse que les projets d'écoles non réalisés. Les typologies choisies sont celles qui n'ont pas été explorées dans le cadre des projets illustratifs non réalisés.

1 La mise en œuvre de système de production d'énergies renouvelable telles que la géothermie, la cogénération, le solaire thermique, etc. ne seront pas abordés dans cette analyse de cas. Ces systèmes bien que très intéressant envisagent la production d'énergie sur site à partir d'une source renouvelable alors que l'étude vise plutôt à diminuer les besoins de chauffe principalement à partir de mesures architectoniques. La mise en œuvre d'un système de ventilation centralisé avec récupération de chaleur sera cependant envisagée pour les versions « Basse énergie » de chaque projet.

Source : Modelmo Photo : Marc Opdebeeck

MAISON OUVRIÈRE EN CONTEXTE URBAIN

SITUATION : Rue de Fontaine, Ressaix

PROVINCE : Hainaut

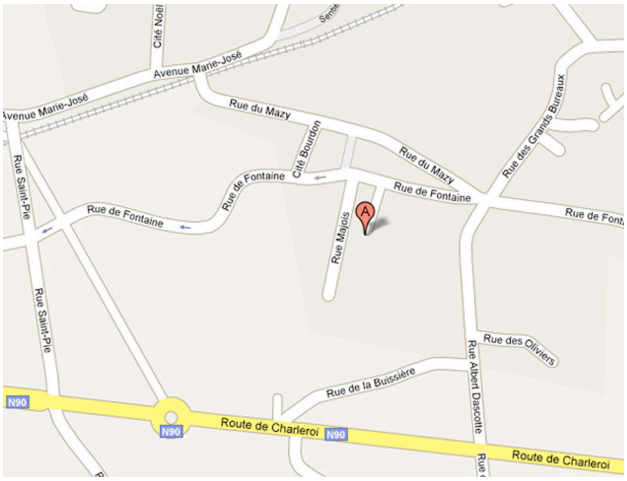
1.1 Typologie

La maison étudiée recouvre deux typologies, celle des maisons ouvrières et celles des maisons urbaines.
+/-18 % des logements wallons sont des maisons ouvrières, les maisons urbaines mitoyennes ou semi-mitoyennes représentent quand à elles 16 % du parc immobilier. Ces deux typologies représentent à elle seule 1/3 du bâti. [1]

Source : Modelmo Photo : Marc Opdebeeck

1.2 Contexte

La maison de contremaître analysée ne diffère des maisons ouvrières que par ses trois façades et une superficie construite légèrement supérieure. Elle est située sur l'entité de Ressaix à quelques kilomètres de la ville de Binche. L'ensemble des maisons de la cité ouvrière a été construit entre 1875 et 1899 lors d'une des grandes périodes d'expansion économique de la fin du 19e et du début du 20e siècle dans la région du centre située entre les deux bassins industriels du « Borinage » et du « Pays Noir ». Les corons se développent alors en périphérie des sites industriels implantés sur des terres autrefois agricoles. Dans les années 1970, le déclin industriel s'amorce et les industries encore en activité, principalement dans le textile et la confection, ferment leurs portes. À présent, ce quartier n'est plus exclusivement occupé par la classe ouvrière.



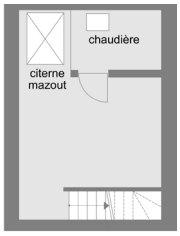
1.3 Programme

L'habitation est une maison unifamiliale comportant trois chambres à l'étage et deux pièces de vie, une cuisine et une salle de bains au rez-de-chaussée soit +/- 135 m² habitable. La maison dispose encore d'un espace de rangement en cave de +/-22 m² et d'un grenier non aménagé d'une superficie de +/-36 m². Le tout fait donc +/-190 m² brut (murs compris).

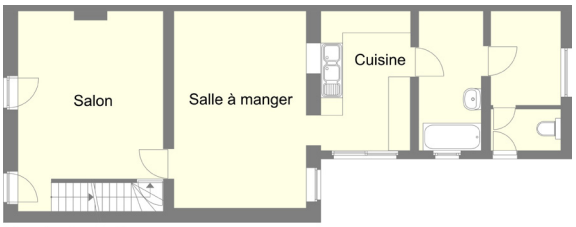
1 Reprise comme typologie 1 et 2 au chapitre 4 analyse du bâti pp. 173-175

Source : Modelmo Photo : Marc Opdebeeck

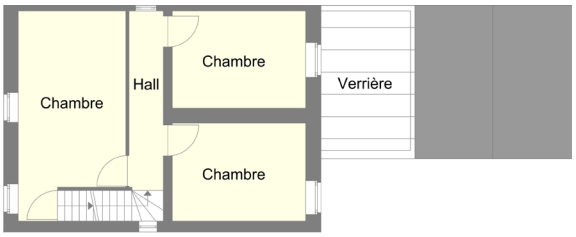
Environnement bâti



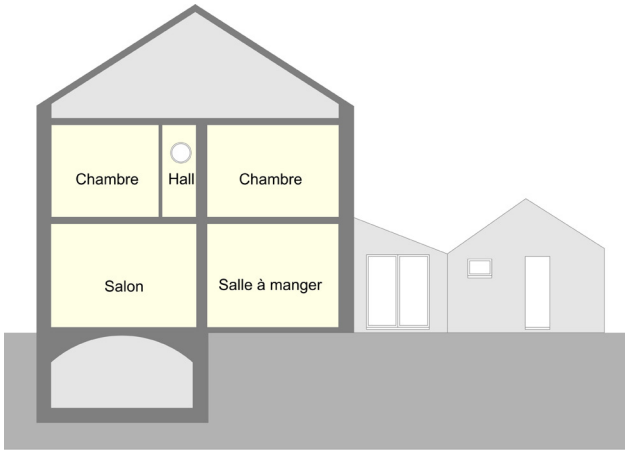
Cave



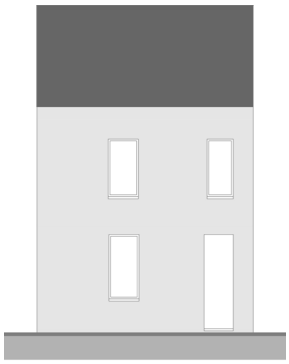
Rez-de-chaussée

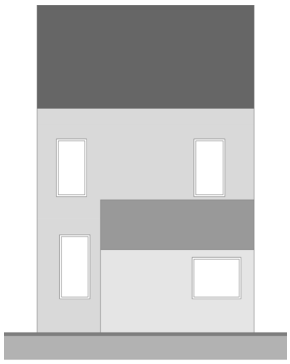


Etage



Coupe


Façade avant


Façade arrière

1.4 Architecture

Adossée à son pendant symétrique, la maison présente une emprise au sol de six mètres sur huit, sur deux niveaux et combles, pour le corps de logis principal, et une annexe de quatre mètres sur sept sur un niveau.
Les murs en maçonnerie de boutisses et panneresses ont une épaisseur d'une brique et demi pour le corps de bâtisse principal et d'une brique pour les annexes.
Les baies de fenêtres sont étroites et peu nombreuses, une par pièce. Au total, les fenêtres représentent moins de 10 % de la surface des façades. Une verrière de 9 m^2 couvre l'espace cuisine.

1.5 Techniques existantes

Un système de chauffage central n'a été placé que très récemment (moins de 5 ans). Il est composé d'une chaudière au mazout raccordée à des radiateurs en tôle assez imposant uniquement au rez-de-chaussée. L'étage ne dispose toujours pas de corps de chauffe.
L'eau sanitaire est produite par un préparateur sanitaire électrique situé dans la réserve située à l'arrière de la salle de bain au rez-de-chaussée.

1.6 Stratégies d'habitation et d'occupation

Dans les pièces du rez, l'absence de double vitrage et d'isolation des murs ainsi que la température élevée de l'eau circulant dans les radiateurs créent les conditions d'une grande différence entre la température des parois et de l'air. Les conditions de confort sont particulièrement dégradées dans la cuisine qui est entièrement couverte par une verrière en simple vitrage martelé. Pendant les grands froids, il arrive que l'eau de la cuvette de WC située dans l'annexe se couvre d'une pellicule de glace.
Pour limiter les frais de chauffage, la chaudière est coupée en journée pendant la semaine de travail et mise en abaissement de nuit par un thermostat à horloge.
Les chambres sont chauffées de manière ponctuelle et en alternance par un radiateur électrique mobile.

1.7 Principes des analyses thermiques

Besoin de chauffe par calcul de performance de l'enveloppe du bâtiment

Différentes approches du calcul de performance d'enveloppe ont été abordées pour la situation existante et les scénarios PEB 2010 ou « basse énergie ».

- Le besoin de chauffe obtenu par la méthode de la PAE utilisée par les auditeurs énergétiques agréés en région Wallonne.
- Le besoin de chauffe suivant PEB 2010
- Le besoin de chauffe obtenu par logiciel PHPP

1.8 Situation existante
Calculs et consommations réelles

Le cas d'étude fait partie des 11 % de maisons en Wallonie qui ne sont pas isolées (les logements non isolés sont principalement localisés au sein des centres urbains et à l'ouest de la région. On en retrouve également dans le sud, au sein des communes proches de la frontière française) [2]

SITUATION EXISTANTE	
Surface de déperdition de l'enveloppe m^2	341
Volume Protégé m^3	479
K (PEB 2010)	189
Besoin de chauffe kWh/m^2.an par PAE	387
Besoin de chauffe kWh/m^2.an par PEB 2010	332
Besoin de chauffe kWh/m^2.an par PHPP 2007	361
Surface brute en m^2	190
Surface énergétique planchers PHPP en m^2	161
U toiture en W/m^2K	3,488
U murs de façades en W/m^2K	1,821
U châssis, U vitrage en W/m^2K	4,5 - 5,8
U sol en W/m^2K	1,331
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 7,8 PEB 12

- Les ponts thermiques n'ont pas été pris en compte puisque la maison n'est pas isolée.
- L'étanchéité du bâtiment a été fixée à la valeur par défaut de 7,8 h^{-1} admise en région bruxelloise pour les calculs PHPP à la valeur par défaut de 12 h^{-1} admise en PEB wallonne.

Résultats

L'étude de la situation initiale au moyen du logiciel PHPP montre un besoin de chauffe annuel de +/-58 000 kWh/an +/-62 000 kWh/an par PAE et +/-53 500 par PEB 2010.
Les approches et les hypothèses de calcul des trois méthodes étant relativement différentes on peut considérer qu'une différence entre les résultats de +/-15% est tout à fait acceptable.

L'analyse qualitative rendue par la PAE apprécie la qualité de l'enveloppe du bâtiment par une échelle d'évaluation allant de **A+** à **E** (**A+** évaluation excellente, **E** évaluation médiocre, **A B C D** évaluations intermédiaires).

L'enveloppe non isolée de la maison reçoit sans surprise l'évaluation globale **E** (isolation médiocre). [3]
Avec quelques nuances suivant les parois considérées :
- La toiture **E**
- Les murs en contact avec l'extérieur **D**
- La porte vers caves **D**
- La cloison vers caves **E**
- Le plancher sur caves **B**
- Le dessus d'escalier **E**
- Les planchers en contact avec le sol **E**
- Les portes et fenêtres extérieures **E**

Consommations réelles

La consommation réelle de la chaudière en 2008 est de +/-1 800 litres de mazout pour 161 m^2 de surface énergétique chauffés (surface sans les murs). Le mazout consommé représente +/-18 000 kWh soit +/-112 kWh/m^2.an
La consommation électrique, qui comprend, rappelons-le, une partie du chauffage (radiateur électrique d'appoint à l'étage) et la totalité de la préparation de l'eau chaude sanitaire, est de +/-2 850 kWh pour l'année 2008.
La consommation électrique moyenne en Wallonie par logement, occupé par un ménage de 3 à 4 personnes, était de +/-2 745 kWh pour l'année 2005. [4]
La production de l'eau chaude sanitaire par un préparateur électrique peu performant est la principale cause de cette consommation élevée.

Ramenée en énergie primaire, la consommation électrique est de +/-7 125 kWh pour 2008.
L'énergie primaire totale consommée par la maison est de +/-25 125 kWh par an soit +/-156 kWh/m^2.an
Cette consommation réelle finale est relativement basse par rapport à la consommation obtenue par calcul.

Ces chiffres, illustrent bien la différence qu'il peut y avoir entre le besoin de chauffe déterminé par le calcul de performance de l'enveloppe et les consommations réelles. Ici une consommation calculée trois fois supérieure à la consommation réelle.

Deux facteurs expliquent cette différence

- les logiciels calculent les besoins de chauffe en faisant l'hypothèse d'une température constante de 19° C de jour comme de nuit dans tous les locaux habités ce qui est rarement le cas dans la réalité. De plus, ils se mettent du côté de la sécurité en surestimant les besoins.

2 Voir chapitre 4 p. 153

3 En annexe, les formulaires du calcul PAE p. 292-295

4 Voir chapitre 4 p. 141 et 147

– On mesure ici aussi l'ampleur des compromis que des habitants sont prêts à faire en matière de confort thermique, par habitude, par crainte de transformer ou par manque de moyens nécessaires à faire mettre en œuvre les travaux indispensables à l'amélioration de ce confort.

La propriétaire est cependant bien consciente que ce type de stratégie n'est pas tenable à long terme. L'évolution de la composition familiale de son ménage conduira un jour à une occupation plus complète de la maison et à une forte augmentation des consommations de chauffage.
Elle envisage de procéder à des travaux d'amélioration de la performance énergétique de son logement à moyen terme.

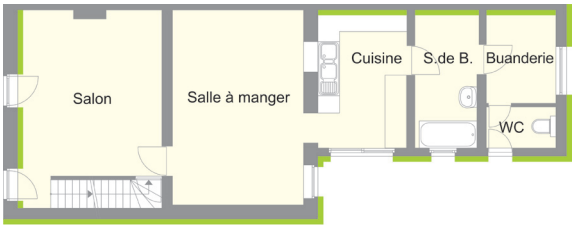
1.9 Mise à jour thermique à hauteur de la PEB 2010 (90 kWh/m².an en besoin de chauffe)

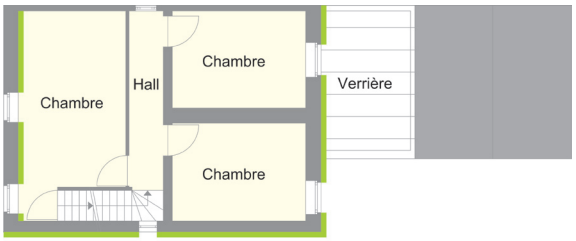
La transformation de l'enveloppe de la maison existante doit permettre de réduire le besoin de chauffe jusqu'à 90 kWh/m².an, c'est-à-dire au niveau des exigences légales en terme de performances énergétiques pour un bâtiment neuf qui aurait la même volumétrie.
La performance à atteindre en région Wallonne (pour les logements neufs) est de K45 depuis le 1er septembre 2008 pour les logements neufs.

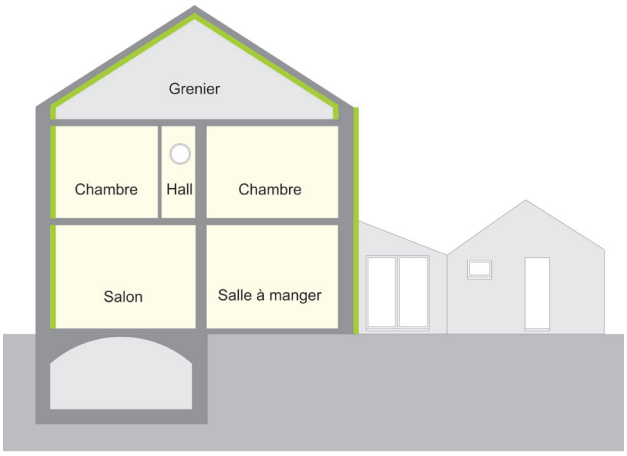
MISE À NIVEAU PEB 2010 À 90 KWH/M².AN	
Surface de déperdition de l'enveloppe m²	341
Volume Protégé m³	479
K (PEB 2010)	42
Besoin de chauffe kWh/m².an par PAE	130
Besoin de chauffe kWh/m².an par PEB 2010	88
Besoin de chauffe kWh/m².an par PHPP 2007	97
Surface brute en m²	190
Surface énergétique planchers PHPP en m²	161
U toiture en W/m²K	0,128
U murs de façades en W/m²K	0,439 et 0,443
U châssis, U vitrage en W/m²K	1,6 - 1,1
U sol en W/m²K	1,331
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 7,8 PEB 12

La performance obtenue dans le cadre cette rénovation légère est de K42.
Il est à noter que selon la PAE le besoin de chauffe pour la transformation est de 130 kWh/m².an et non de 90 kWh/m².an soit une différence de 35 % ce qui est notablement plus que la différence enregistrée lors de l'évaluation du besoin de chauffe de la situation existante.
L'analyse qualitative de l'enveloppe par PAE reçoit la notation **B**

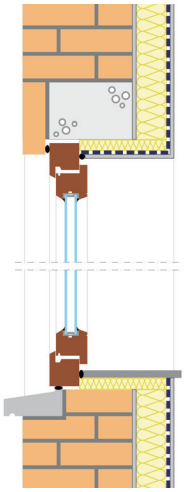
Notons que la dalle de sol au rez-de-chaussée n'a pas été isolée, car cela nécessitait la démolition d'une grande partie des revêtements de sol et la repose d'un nouveau revêtement sur isolant. Ce qui implique aussi l'adaptation des portes.







L'isolation de la façade avant est réalisée par l'intérieur en fibre de bois de 6 cm pour maintenir la cohérence d'aspect avec la façade de la maison jumelle. L'isolant est placé entre une structure de bois qui reçoit une finition en plaques de fibro-plâtre.
Un freine vapeur à perméabilité variable à la diffusion de vapeur d'eau sera mis en œuvre sur l'isolant côté ambiance intérieure de manière à assurer l'étanchéité à l'air.



Il a été tenu compte des ponts thermiques suivants

- Interruption de l'isolant au droit de la dalle de sol et des façades.
- Interruption de la continuité de l'isolant à l'angle formé par le pignon isolé de l'extérieur et la façade avant isolée de l'intérieur.
- Interruption de l'isolant au droit du plancher d'étage et de la façade avant.

Pertes par ventilation et infiltration

Une ventilation mécanique à extraction simple (type C) a été prévue dans les locaux humides pour la salle de bains et la toilette au rez-de-chaussée. La hotte de cuisine adopte le même principe.
Les cases reprenant les résultats du test d'infiltrométrie ont été remplies par les valeurs par défaut de 7,8 h-1 dans le formulaire PHPP. La PAE n'exigeant que le respect de la norme NBN D50-001. Ces valeurs d'étanchéité à l'air très médiocres dispensent de faire le test d'étanchéité à l'air en Région Bruxelloise.

Bilan

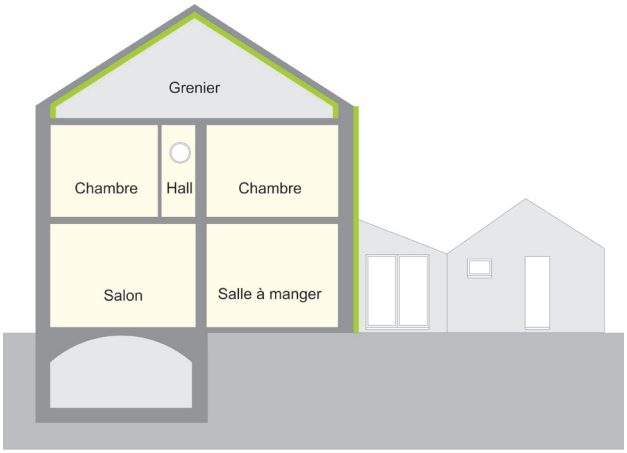
Le changement des châssis par des châssis et des vitrages performants, une intervention poussée en toiture avec la mise en place de 30 cm d'isolant et l'isolation de la façade avant par l'intérieur et des autres façades par l'extérieur permettent de diviser le besoin de chauffe calculé par trois et demi (de +/-360 kWh par an à +/-90 kWh par an).
Les consommations de mazout devraient chuter en proportion tout en maintenant un confort thermique important dans toutes les pièces, ce qui n'est pas le cas actuellement.
Les performances pourraient même se révéler meilleures encore, car les valeurs par défaut de pertes par infiltration d'air devraient être moins pénalisantes que celles prises par défaut, si les travaux, principalement d'isolation, sont faits soigneusement en faisant attention aux raccords d'étanchéité à l'air à tous les nœuds problématiques de l'enveloppe.

1.10 Variante de la mise à jour thermique à hauteur de la PEB 2010 (90 kWh/m².an en besoin de chauffe)

Une variante à ce premier projet consiste à imaginer que le pignon soit couvert par la construction d'une maison mitoyenne contiguë. Le cas d'étude passe de trois façades à deux façades. La suppression de la surface de déperdition du mitoyen diminue sensiblement les pertes par transmission et permet d'atteindre la performance en mettant moins d'isolation en œuvre.

Bilan

Dans ce cas, la performance de 90 kWh/m².an est atteinte sans que l'isolation de la façade avant ne soit nécessaire. L'isolation par l'intérieur de la façade avant, étant la partie la plus difficile à réaliser et la plus coûteuse, puisqu'elle nécessite la réfection complète des parachèvements intérieurs (plafonnage, tablettes de fenêtres et déplacement des radiateurs). Il est donc compréhensible que ce soit le premier poste que le candidat à une rénovation thermique soit tenté d'éliminer.
La mise en œuvre en discontinuité des isolations ne doit cependant être encouragée, elle ne peut intervenir qu'en cas d'absolue nécessité, pour des raisons patrimoniales par exemple.
Cette variante met néanmoins en lumière l'avantage en termes de compacité qu'une maison entre mitoyens peut avoir par rapport à une maison trois façades.



1.11 Mise à jour thermique « basse énergie » (60 kWh/m².an en besoin de chauffe)

Il n'existe pas de définition clairement établie des standards basse énergie. Certains pays ou régions de l'Union Européenne ont défini ce qu'il fallait entendre par bâtiment basse énergie. On parle de bâtiment basse énergie quand le besoin de chauffe se situe entre 40 à 60 kWh/m².an

La Région wallonne n'ayant pas encore défini son « standard » basse énergie en rénovation de bâtiment et les éventuelles primes qui y seront associées, on se référera aux performances définies en Région bruxelloise qui fixe la basse énergie pour l'attribution de primes à un besoin de chauffe de 60 kWh/m².an.

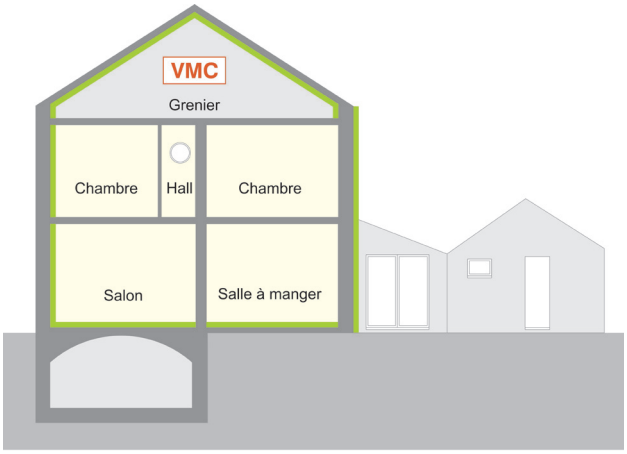
Le niveau de performance atteint est de 57 kWh/m².an par logiciel PHPP et est de 104 kWh/m².an par méthode PAE. Il semble que plus la performance du bâtiment est élevée plus la différence entre les deux méthodes devient importante. Le logiciel PAE n'est pas conçu pour tenir compte des gains thermiques réalisés grâce au placement d'un système de ventilation double flux à récupération de chaleur. L'analyse qualitative de l'enveloppe par PAE reçoit l'appréciation A qui est pratiquement la plus élevée.

Pour atteindre le niveau basse énergie des travaux plus lourds doivent être réalisés.

MISE À NIVEAU BASSE ÉNERGIE À 60 KWH/M².AN	
Surface de déperdition de l'enveloppe m²	341
Volume Protégé m³	479
K (PEB 2010)	28
Besoin de chauffe kWh/m².an par PAE	104
Besoin de chauffe kWh/m².an par PEB 2010	55
Besoin de chauffe kWh/m².an par PHPP 2007	57
Surface brute en m²	190
Surface énergétique planchers PHPP en m²	161
U toiture en W/m²K	0,128
U murs de façades en W/m²K	0,351 et 0,443
U châssis, U vitrage en W/m²K	1,6 - 1,1
U sol en W/m²K	0,64
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 2 PEB 2

Il est nécessaire d'isoler la dalle de sol, ce qui oblige à remplacer les revêtements de sols au rez-de-chaussée. L'isolation des façades passe de 6 à 8 cm d'épaisseur.

Un système de ventilation double flux centralisé (type D) à récupération de chaleur doit être placé, ce qui nécessite la mise en œuvre de bouches d'extraction d'air dans les locaux humides et d'une bouche de pulsion dans chaque autre pièce.



Pertes par transmission

Il a été tenu compte des ponts thermiques suivants :

- Interruption de l'isolant au droit de la dalle de sol et des façades.
- Interruption de la continuité de l'isolant à l'angle formé par le pignon isolé de l'extérieur et la façade avant isolée de l'intérieur.
- Contrairement à la version 90 kWh/m².an, l'isolant est continu en façade avant et aura nécessité le chevalement des planchers.

Pertes par ventilation et infiltration

Les pertes en ventilation à extraction simple sont devenues trop importantes pour pouvoir atteindre la performance énergétique demandée. Une ventilation centralisée double flux avec récupération de chaleur devra être placée. Le rendement théorique de l'échangeur sera de 93 % pour un rendement réel de 85,9 %.

La valeur devant être atteinte lors du test d'infiltrométrie sera de 2 h^{-1}. Une mise en œuvre soignée des châssis (avec mise en œuvre de bavettes de raccord d'étanchéité entre gros-oeuvre et châssis) et des isolants permettront d'atteindre la performance souhaitée.

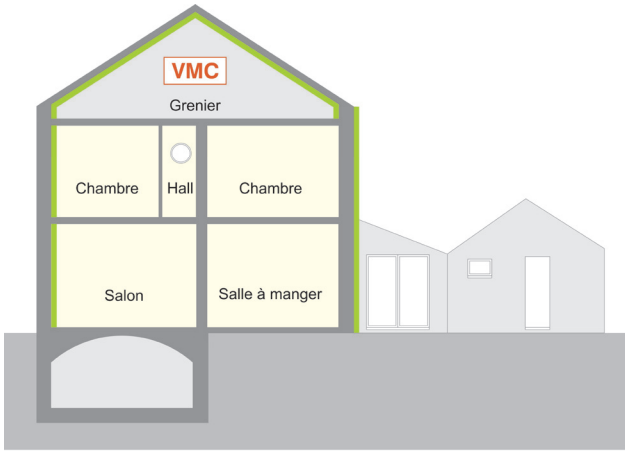
Bilan

Des travaux plus importants et plus coûteux comme l'isolation du sol au rez-de-chaussée et la mise en place d'une ventilation double flux de type D sont nécessaires en plus du remplacement des châssis par des châssis et des vitrages performants. Une intervention poussée en toiture avec la mise en place de 30 cm d'isolant et l'isolation de la façade avant par l'intérieur et des autres façades par l'extérieur sont aussi nécessaires. L'ensemble des travaux

permettent de diviser le besoin de chauffe calculé par six (de +/-360 kWh par an à +/-60 kWh par an).

1.12 Variante de la mise à jour thermique « basse énergie » (60 kWh/m².an en besoin de chauffe)

Là encore, en imaginant une configuration mitoyenne, la performance de 60 kWh/m2.an est atteinte sans que l'isolation au niveau du sol du rez-de-chaussée ne soit mise en œuvre.



Bilan

Le facteur « mitoyenneté » permet de ne pas réaliser le travail de remplacement des revêtements de sol et de l'adaptation des portes et des chambranles qui sont la conséquence de la rehausse du niveau fini. Une isolation moins poussée sur le sol sera aussi moins pénalisante que la diminution de la résistance thermique à un autre endroit, car en hiver la température du sol est plus élevée que la température extérieure. La résistance thermique peut donc être moins importante à cet endroit.

1.13 Mise à jour thermique au standard passif (15 kWh/m².an en besoin de chauffe)

Les résultats des calculs par les trois méthodes PAE, PEB, PHPP deviennent assez divergents, c'est pourquoi la méthode PHPP est privilégiée, puisque c'est elle qui sert de base à la certification pour le «passif» en Région wallonne.

Pertes par transmission

La mise au standard passif nécessite :

- la mise en œuvre d'une isolation de toiture par l'extérieur de type « sarking », si on veut pouvoir conserver les éléments de charpente. Cette isolation aura 30 cm d'épaisseur pour un λ de 0,035 W/m.K
- Les façades ne peuvent plus être isolées par l'extérieur étant donné l'épaisseur d'isolant à mettre en œuvre, 25 cm pour un λ de 0,035 W/m.K
- Les châssis sont remplacés par des châssis triple vitrages. La valeur U des châssis sera de 0,7 W/m².K et celle du vitrage de 0,6 W/m².K

Les ponts thermiques doivent être résolus :

- L'isolant doit être continu en façade et aura nécessité le chevalement de tous les planchers au droit des façades.
- Les murs de refends et les cloisons en contact avec les façades doivent être désolidarisés.
- L'interposition d'un isolant résistant à la compression aura été réalisé à la base des murs de refends.

Pertes par ventilation et infiltration

La ventilation double flux avec récupération de chaleur est identique à celle du projet basse énergie. La valeur devant être atteinte lors du test d'infiltrométrie passe à 0,6 h^{-1}.

MISE À NIVEAU PASSIF À 15 KWH/M².AN	
Surface de déperdition de l'enveloppe m²	341
Volume Protégé m³	479
K (PEB 2010)	/
Besoin de chauffe kWh/m².an par PAE	/
Besoin de chauffe kWh/m².an par PEB 2010	/
Besoin de chauffe kWh/m².an par PHPP 2007	15
Surface brute en m²	190
Surface énergétique planchers PHPP en m²	161
U toiture en W/m²K	0,12
U murs de façades en W/m²K	0,15
U châssis, U vitrage en W/m²K	0,7 - 0,6
U sol en W/m²K	0,2
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 0,6 PEB 0,6

Bilan

La mise au standard passif de la maison est un véritable challenge puisqu'elle consiste pratiquement à doubler l'épaisseur des parois par l'intérieur avec ce que cela suppose comme perte d'habitabilité. L'élimination des ponts thermiques nécessitant l'interruption des liaisons des murs de refends avec la dalle de sols et les façades constituent des prises de risques quant à la stabilité des ouvrages, ce qui rend l'option passive peu réaliste.

1.14 Budget estimé

L'approche du coût des travaux d'amélioration des performances énergétiques des bâtiments s'est faite en effectuant le métré de chaque proposition de transformation en incluant non seulement le coût des nouveaux isolants, châssis et autre systèmes de ventilations, mais en intégrant aussi le coût de la démolition et de la réfection de certains parachèvements, comme par exemple la démolition d'un revêtement de sol et son remplacement pour pouvoir mettre en œuvre un isolant. La plupart des études rencontrées jusqu'à présent se bornent à évaluer la quantité d'isolation à mettre en œuvre et à la multiplier par un prix unitaire sans tenir compte des frais annexes engendrés par la mise en œuvre de celles-ci. Les enveloppes budgétaires obtenues permettent de déduire des prix au m² obtenus par performance énergétique. Les sources utilisées sont le bordereau de prix de l'Union Professionnelle des Architectes (UPA-édition 2009) et des prix récents reçus pour des chantiers de rénovation basse énergie et de constructions passives neuves.

1.15 Budget de la mise à jour thermique à hauteur de la PEB 2010 (90 kWh/m².an en besoin de chauffe)

Le coût des travaux avoisine les 45 000 euros htva, soit un peu moins de 280 euros htva par m² de surface énergétique traitée. Cela comprend les améliorations thermiques et les travaux de réfections des plafonnages et peintures.

On remarque aussi que près de la moitié des investissements ne sont pas liés à l'amélioration énergétique du logement (en vert dans le tableau des coûts), mais sont la conséquence de celle-ci en terme de réfection des parachèvements.

L'économie en besoin de chauffe par rapport aux consommations réelles (112 kWh/m².an) n'est théoriquement que de +/-22 kWh/m².an et de +/-3 542 kWh par an soit +/-350 litres de mazout. L'amélioration va permettre d'occuper la maison complètement et d'améliorer radicalement le confort. L'économie réelle sera probablement beaucoup plus importante étant donné les hypothèses de dimensionnement prises comme base de dimensionnement des isolants (étanchéité par défaut et température de consigne de 19° C en permanence).

Borderau des prix unitaires UPA		Projet Illustratif non réalisé Rue Fontaine à Ressaix					90kWh Quantité	90kWh Montant	60kWh Quantité	60kWh Montant	15kWh Quantité	15kWh Montant
		Démolitions					1,00 ff	5.000,00€	1,00 ff	5.000,00€	1,00 ff	5.000,00€
Isolation mur exterieur	22.01	polystyrene extrudé 6cm		14,85€ m2		0,06cm	38,00 m2	564,30€		0,00€		0,00€
		polystyrene extrudé 8cm		19,80€ m2				0,00€	0,08cm 38,00 m2	752,40€		0,00€
	22.02	cellulose		17,05€ m2				0,00€		0,00€		0,00€
		cellulose soufflée mur		78,00€ m3		0,15cm	12,41 m3	967,71€	0,15cm 12,41 m3	967,71€	0,30cm 52,11 m3	4.064,81€
		cellulose soufflée sol		78,00€ m3							0,30cm 78,32 m2	6.108,96€
								0,00€		0,00€		0,00€
		panneau fibre de bois/cellit		14,05€ m2			82,71 m2	1.162,08€	82,71 m2	1.162,08€	82,71 m2	1.162,08€
								0,00€		0,00€		0,00€
Element de façade	23.03	grille de ventilation PVC		42,00€ pce			1,00 pce	42,00€	1,00 pce	42,00€	1,00 pce	42,00€
		percement+grille		148,00€ pce			1,00 pce	148,00€	1,00 pce	148,00€	1,00 pce	148,00€
Element de façade	24.01	seuil (pierre bleue) scié 20/6 cm		85,20€ m			7,34 m	625,11€	7,34 m	625,11€	7,34 m	625,11€
Panneau reconstitué	29.04	OSB 12mm		19,65€ m2			82,71 m2	1.625,25€	82,71 m2	1.625,25€	82,71 m2	1.625,25€
Toiture inclinée		section 32/15mm (3,5/15)		9,80€ m2			82,71 m2	810,56€	82,71 m2	810,56€		0,00€
		section 10/30		48,10€ m2				0,00€		0,00€	82,71 m2	3.978,35€
Sous-toiture	30.04	PE micro-perforé		7,00€ m2			26,10 m2	182,70€	26,10 m2	182,70€	26,10 m2	182,70€
		laine de verre 6cm	panneaux	13,75€ m2			26,10 m2	358,88€	26,10 m2	358,88€		0,00€
	31.04	Pare vapeur et freine vapeur		7,35€ m2			82,71 m2	607,92€	82,71 m2	607,92€	82,71 m2	607,92€
Ouverture de toiture fenêtre	36.03	verrière fixe-aluminium-double vitrage		500,00€ m2			11,00 m2	5.500,00€	11,00 m2	5.500,00€		
		verrière fixe-bois-triple vitrage		700,00€ m2							11,00 m2	7.700,00€
Rive de toiture et corniche	37.03	planche de rive 25/150mm		25,60€ m			7,96 m	203,78€	7,96 m	203,78€	18,33 m	469,25€
Porte et fenêtre exterieur	40.01			Double vitrage	Triple vitrage		16,99 m2	9.004,97€	16,99 m2	9.004,97€	16,99 m2	12.403,07€
		coulissant D.V.	173*200	530,00€ m2	730,00€ m2		3,46 m2		3,46 m2		3,46 m2	
		simple ouvrant D.V.	66*46	530,00€ m3	730,00€ m3		0,30 m2		0,30 m2		0,30 m2	
		porte arrière D.V.	68*195	530,00€ m4	730,00€ m4		1,33 m2		1,33 m2		1,33 m2	
		porte entrée D.V.	90*260	530,00€ m5	730,00€ m5		2,34 m2		2,34 m2		2,34 m2	
		simple ouvrant D.V.	83*177	530,00€ m6	730,00€ m6		1,47 m2		1,47 m2		1,47 m2	
		simple ouvrant D.V.	83*158	530,00€ m7	730,00€ m7		1,31 m2		1,31 m2		1,31 m2	
		simple ouvrant D.V.	72*158	530,00€ m8	730,00€ m8		1,14 m2		1,14 m2		1,14 m2	
		simple ouvrant D.V.	83*158	530,00€ m9	730,00€ m9		1,31 m2		1,31 m2		1,31 m2	
		simple ouvrant D.V.	85*158	530,00€ m10	730,00€ m10		1,34 m2		1,34 m2		1,34 m2	
		simple ouvrant D.V.	83*176	530,00€ m11	730,00€ m11		1,46 m2		1,46 m2		1,46 m2	
		simple ouvrant D.V.	134*114	530,00€ m12	730,00€ m12		1,53 m2		1,53 m2		1,53 m2	
Enduits de façade	45.02	Enduit sur PSE		69,25€ m2			38,00 m2	2.631,50€	38,00 m2	2.631,50€	38,00 m2	2.631,50€
		Enduit sur laine minérale		72,00€ m2			102,90 m2	7.408,80€	102,90 m2	7.408,80€	102,90 m2	7.408,80€
Enduits interieur	50.01	couche d'accrochage		5,15€ m2			26,10 m2	134,42€	26,10 m2	134,42€	26,1 m2	134,42€
		finition mince 3mm		10,20€ m2			26,10 m2	266,22€	26,10 m2	266,22€	26,1 m2	266,22€
Cloisons de doublage	51.02	carton-plâtre 12mm sur lattage		44,10€ m2				0,00€		0,00€		0,00€
		MDF sur structure en bois		153,45€ m2				0,00€		0,00€		0,00€
Revetements de plafond	51.03	carton-plâtre+enduit/lattage		52,85€ m2			82,71 m2	4.371,22€	82,71 m2	4.371,22€	82,71 m2	4.371,22€
Isolation thermiques sol	52.05	liège expansé plaque ep 4cm		15,80€ m2			0,00 m2	0,00€	0,04cm 78,32 m2	1.237,46€	0,00 m2	0,00€
Revetement sol interieur	53.01	carrelages céramique 30/30cm		52,10€ m2			0,00 m2	0,00€	78,32 m2	4.080,47€	78,32 m2	4.080,47€
	52.06	Chape		52,10€ m2			0,00 m2	0,00€	78,32 m2	4.080,47€	78,32 m2	4.080,47€
	53.09	Plinthes bois 19/70mm		21,15€ m			0,00 m	0,00€	58,46 m	1.236,43€	58,46 m	1.236,43€
Ventilation	68.00	système A complet		1.790,00€ pce			1,00 pce	1.790,00€	0,00 pce	0,00€		0,00€
		système D avec echangeur		5.522,00€ pce				0,00€	1,00 pce	5.522,00€		0,00€
		système D avec echangeur et post-chauffe		7.767,00€ pce				0,00€		0,00€	1,00 pce	7.767,00€
Peinture intérieur	80.02	peintures sur mur		19,00 m2			26,10 m2	495,90€	26,10 m2	495,90€	26,10 m2	495,90€
	80.03	peinture sur plafond		18,20 m2			82,71 m2	1.505,32€	82,71 m2	1.505,32€	82,71 m2	1.505,32€
Total général								45.406,62€		59.961,55€		78.095,25€
Total des postes réellement consacrés à l'amélioration énergétique								18.348,54€		25.296,10€		39.996,53€

1.16 Budget de la mise à jour thermique « basse énergie » (60 kWh/m².an en besoin de chauffe)

Le coût des travaux avoisine les 60 000 euros htva, soit un peu moins de 370 euros htva par m² de surface énergétique traitée. Cela comprend les améliorations thermiques, la mise en œuvre du système de ventilation de type D à récupération de chaleur et les travaux de réfections des plafonnages, des sols au rez-de-chaussée et des peintures ont été pris en compte.

Là encore, on se rend compte que 50 % des budgets sont consacrés au ragréage des travaux d'amélioration énergétiques proprement dits.

L'économie en besoin de chauffe étant de +/-52 kWh/m².an et de +/-8 372 kWh par an soit +/-740 litres de mazout. La première année, l'économie sera de +/-570 euros (0,77 euro/litre prix du mazout au 20 février 2011).

L'investissement proprement énergétique est amorti en +/-20 ans en tenant compte d'une augmentation des produits pétroliers de 5 % par an. Ce retour sur investissement est de +/-12 ans si on tient compte des primes à l'isolation et des abattements fiscaux.

1.17 Budget estimé de la rénovation passive 15 kWh/m².an

Par curiosité, l'étude a été poussée plus loin et une estimation a été faite de ce que coûterait la mise au standard passif de la maison, en imaginant que ce soit possible en conservant la plupart des éléments de charpente et en faisant l'hypothèse que l'isolation par l'intérieur de +/-25 cm d'épaisseur ne réduirait pas l'habitabilité de manière inacceptable.

Il en ressort que pour un investissement de presque 80 000 euros, soit un peu moins de 500 euros htva par m² de surface énergétique traitée, l'économie de chauffe est de +/-97 kWh/m².an soit +/-15 617 kWh par an pour 1 370 litres de mazout. L'économie la première année est de +/-1 055 euros (0,77 euro/litre prix du mazout au 20 février 2011). L'investissement proprement énergétique est amorti en +/-25 ans en tenant compte d'une augmentation des produits pétroliers de 5 % par an. Ce retour sur investissement est de +/-15 ans si on tient compte de la prime maison passive en région Wallonne et des abattements fiscaux.

Bilan

Le projet basse énergie est le plus rapidement amorti. L'écart relativement peu important entre le coût de mise en œuvre de la version PEB 2010 et la transformation basse énergie est dû à certains effets d'échelle. Le coût de la mise en œuvre d'une isolation un peu plus importante est, en effet, relativement marginal par rapport aux travaux de parachèvements qu'il faudra de toute manière mettre en œuvre.

1.18 Bilan en énergie grise, généralités

Jusqu'à présent, l'étude a abordé les aspects de consommations énergétiques liés au chauffage et secondairement à la production d'eau chaude sanitaire ainsi qu'à la consommation électrique. Ces énergies sont consommées lors de l'utilisation du logement par les habitants.

Il est aussi important de mesurer l'impact sur l'environnement du choix des matériaux qui seront mis en œuvre pour parvenir aux performances énergétiques que nous nous proposons d'atteindre dans le cadre des opérations de rénovation.

Ces impacts sont de plusieurs ordres :

- Consommation d'énergie à la fabrication, à l'élimination ou au recyclage
- Émission de gaz à effet de serre, à la fabrication, à l'élimination ou au recyclage
- Émission de gaz acidifiants (à l'origine des pluies acides)[5] à la fabrication, à l'élimination ou au recyclage
- Émission de gaz provoquant la formation d'ozone troposphérique (à l'origine du smog) [6] à la fabrication, à l'élimination ou au recyclage

Les éléments que sont les énergies grises, les gaz à effet de serre, les gaz acidifiants et les gaz provoquant la formation de l'ozone troposphérique sont quantifiables.

Le bilan en énergie grise est exprimé en mJ (mega Joules) que nous ramenons en kWh pour pouvoir facilement les comparer aux énergies de fonctionnement.[7] Le bilan en énergie grise tient compte des impacts en consommation d'énergie d'un matériau depuis l'extraction, en passant par sa fabrication et/ou sa transformation, son transport et/ou sa distribution, sa mise en œuvre, son entretien éventuel pendant sa durée de vie jusqu'à son élimination ou son recyclage.

La prise en compte de ce type de bilan énergétique est assez récente puisque la dépense d'énergie grise était négligeable par rapport à l'énergie de fonctionnement de bâtiments peu économes. La part de l'énergie grise dans les bilans énergétiques globaux devient beaucoup plus importante quand les performances énergétiques attendues des constructions ou des opérations de rénovation deviennent élevées.

Liée à l'énergie grise, il y a l'émission de gaz à effet de serre et de gaz polluants. Les deux sont comme on le verra toujours fortement corrélés.

5 Les pluies acides résultent essentiellement de la pollution de l'air par le dioxyde de soufre (SO_2) produit par l'usage de combustibles fossiles riches en soufre.

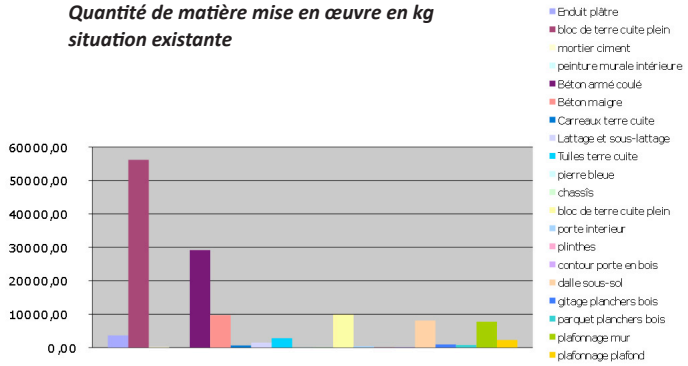
6 Le smog est une forme de brouillard qui résulte de la condensation de l'eau sur des poussières en suspension et de la présence d'ozone dans la troposphère (couche basse de l'atmosphère). Le smog est associé à plusieurs effets néfastes pour la santé et pour l'environnement.

7 Le kilowatt-heure (kWh) est une unité pratique de mesure d'énergie valant 3,6 méga joules.

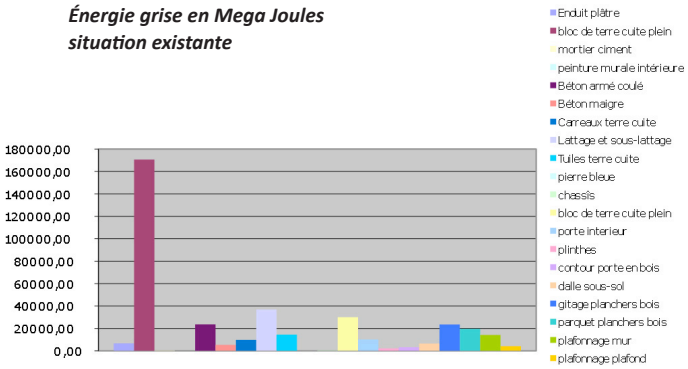
1.19 Bilan en énergie grise et en polluants

Un bilan détaillé en masse de matière mise en œuvre, en énergie grise, en émission de gaz à effet de serre, de gaz acidifiants et de gaz provoquant la formation de l'ozone troposphérique, a été élaboré pour les matériaux (gros-oeuvre et parachèvements) déjà mis en œuvre lors de la construction de la maison, et pour ceux nécessaires aux différentes simulations de mise à jour énergétique (gros-oeuvre et parachèvements). Il n'a pas été tenu compte des équipements techniques (sanitaires, chauffage, électricité, ventilation) difficiles à quantifier avec précision.
Le bilan énergie grise de la construction du bâtiment existant est de +/-106 000 kWh [8], soit l'équivalent de l'énergie consacrée au chauffage de la maison sur base de consommations réelles pendant +/-6 ans.

Quantité de matière mise en œuvre en kg situation existante



Énergie grise en Mega Joules situation existante

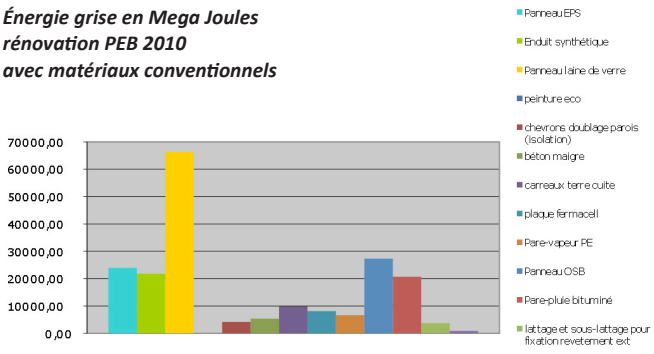


Les deux graphes ci-dessus reprennent l'importance relative de chaque matériau mis en œuvre lors de la construction de la maison ainsi que leur impact en énergie grise. Ce sont les matériaux mis en œuvre en plus grande quantité, dont la masse est la plus élevée et ceux dont le processus de fabrication demande des températures élevées comme les maçonneries en terre cuite qui présentent les signatures en énergie grise les plus importantes. Le gros-oeuvre représente pratiquement 80 % de l'énergie grise totale en construction traditionnelle, les maçonneries en terre cuite plus de 40 %.

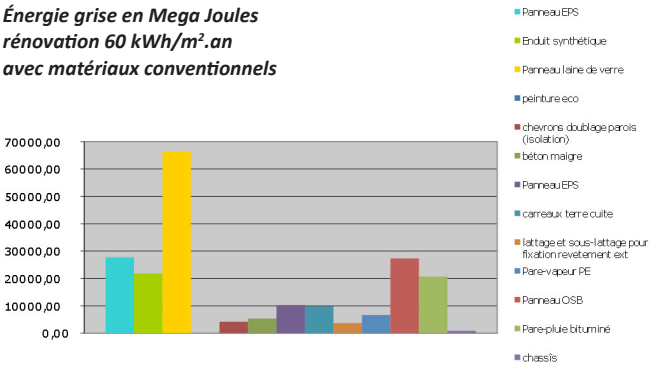
Détail des bilans en énergie grise des mises à jour thermiques PEB 2010, 60 kWh/m².an et 15 kWh/m².an [9] avec des matériaux conventionnels

La mise à jour énergétique de la maison avec des matériaux conventionnels (isolants minéraux et synthétiques)
à hauteur de la PEB 2010 demande +/-62 000 kWh
à hauteur de 60 kWh/m².an demande +/-66 000 kWh
à hauteur de 15 kWh/m².an demande +/-100 000 kWh
L'énergie qui serait consacrée aux différentes transformations représente 60 et 100 % de celle qui a été consacrée à l'édification de la maison et l'équivalent de 3 à 5 années de chauffe de la maison non isolée.
La différence en énergie grise entre la transformation suivant les critères de la PEB 2010 et celle à 60 kWh/m².an est d'un an de consommation en configuration 60 kWh/m².an. Le surcoût en énergie grise pour arriver au standard passif est de 3 années de chauffe de la maison basse énergie.

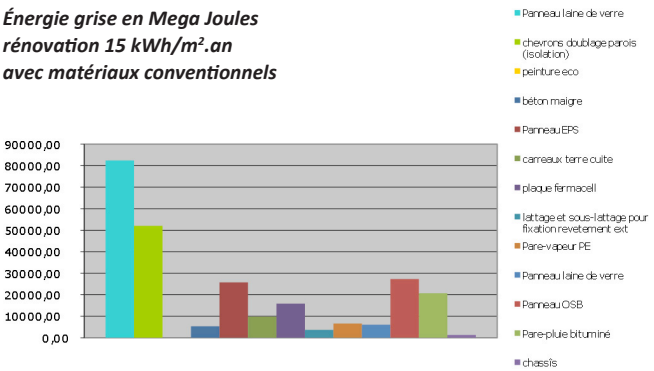
Énergie grise en Mega Joules rénovation PEB 2010 avec matériaux conventionnels



Énergie grise en Mega Joules rénovation 60 kWh/m².an avec matériaux conventionnels



Énergie grise en Mega Joules rénovation 15 kWh/m².an avec matériaux conventionnels



8 Chapitre 3 Impact environnemental 78 p.

9 Voir aussi chapitre 3 Impact environnemental 79 p.

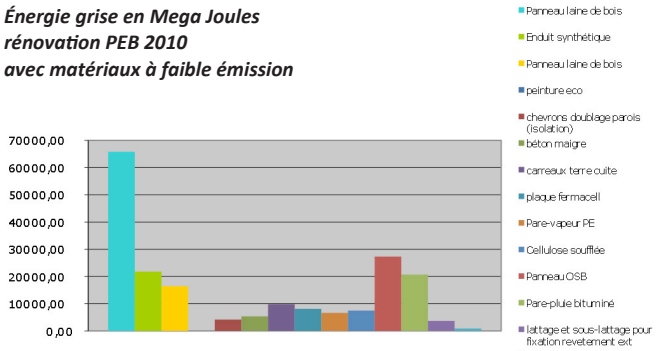
On constate que c'est la laine minérale qui par les quantités mises en œuvre et le caractère relativement énergivore du matériau représente entre 30 à 50 % de l'énergie grise de l'ensemble des matériaux entrant dans les différentes options de rénovation en matériaux conventionnels.

On remarque que les isolants en laine de bois ont un bilan en énergie grise assez élevé, celui de la cellulose par contre reste assez bas malgré les quantités importantes utilisées.

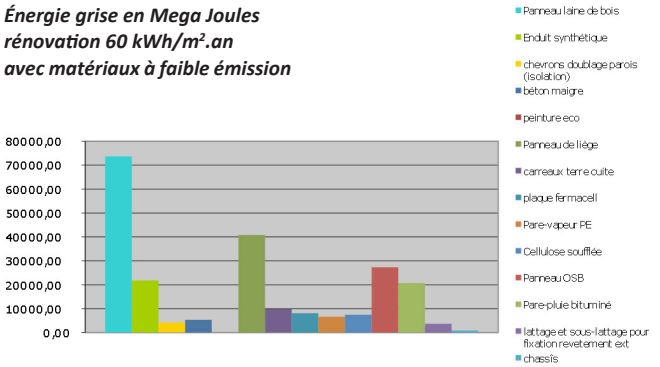
Détail des bilans en énergie grise des mises à jour thermiques PEB 2010, 60 kWh/m².an et 15 kWh/m².an [10] avec des matériaux à faible émission

La mise à jour énergétique de la maison avec des matériaux à faible émission (isolants végétaux)
à hauteur de la PEB 2010 demande +/-62 000 kWh
à hauteur de 60 kWh/m².an demande +/-71 000 kWh
à hauteur de 15 kWh/m².an demande +/-150 000 kWh
Les bilans en énergie grise des matériaux à faible émission de gaz à effet de serre sont de 10 à 50 % plus élevés qu'avec des matériaux conventionnels pour une performance énergétique équivalente.

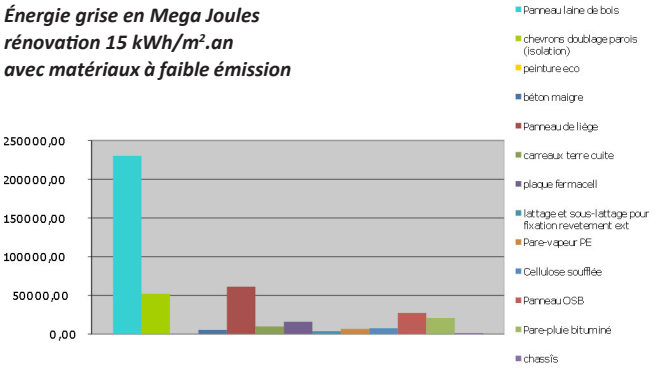
Énergie grise en Mega Joules
rénovation PEB 2010
avec matériaux à faible émission



Énergie grise en Mega Joules
rénovation 60 kWh/m².an
avec matériaux à faible émission



Énergie grise en Mega Joules
rénovation 15 kWh/m².an
avec matériaux à faible émission

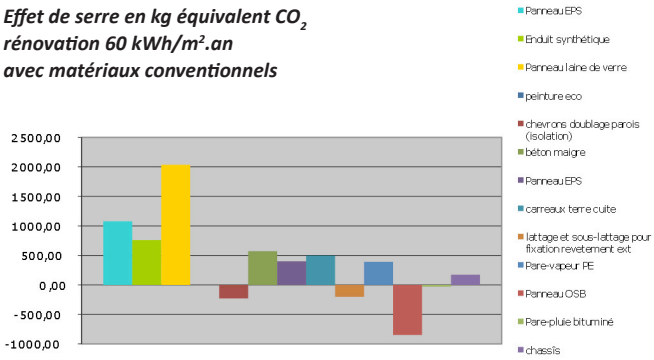


10 Voir aussi chapitre 3 Impact environnemental 79 p.

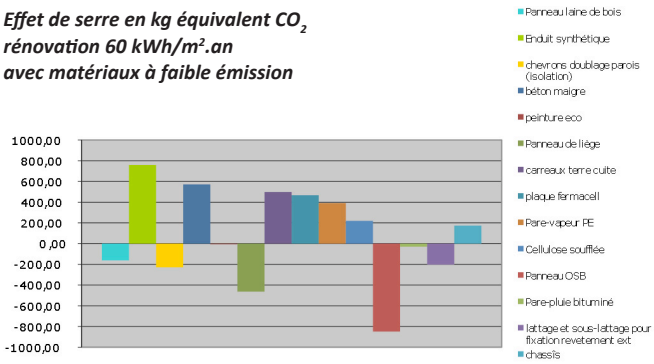
Comparaison de bilans en émissions en équivalent CO_2 entre une mise à jour thermique en matériaux conventionnels et en matériaux à faible émission

Pour une même performance en besoins de chauffe de 60 kWh/m².an.
La rénovation faite avec des matériaux conventionnels émet +/-10 000 kg [11] d'équivalent CO_2
La rénovation faite avec des matériaux à faible émission libère +/-6 000 kg d'équivalent CO_2
Les matériaux de la filière bois (isolants et panneautages) ont des émissions négatives, c.-à-d. qu'ils se comportent comme un réservoir de CO_2. L'isolation en cellulose à une signature faible mais néanmoins positive.

Effet de serre en kg équivalent CO_2
rénovation 60 kWh/m².an
avec matériaux conventionnels



Effet de serre en kg équivalent CO_2
rénovation 60 kWh/m².an
avec matériaux à faible émission

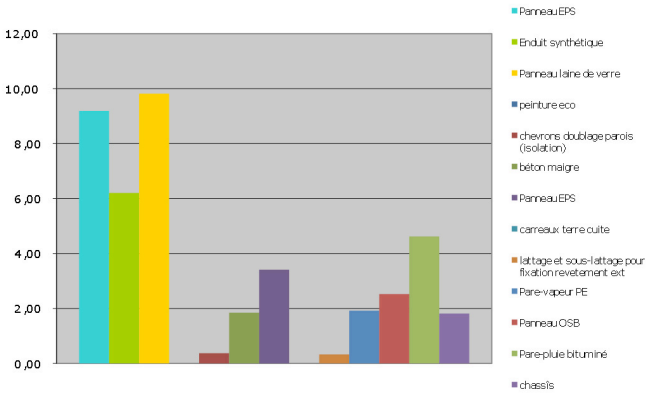


11 Une voiture émettant 100 gr de CO_2 par km « voiture verte » et roulant 20 000 km émettra 2 000 kg de CO_2

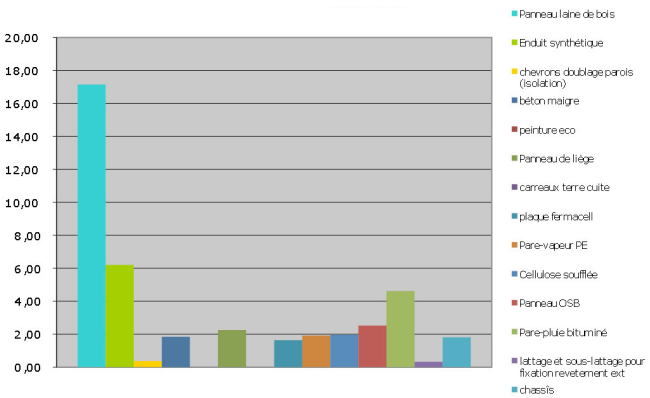
Comparaison de bilans en émissions d'équivalent dioxyde de soufre SO_2 (gaz acidifiant) entre une mise à jour thermique en matériaux conventionnels et en matériaux à faible émission

Pour une même performance en besoins de chauffe de 60 kWh/m².an.
La rénovation faite avec des matériaux conventionnels émet +/-345 kg d'équivalent SO_2
La rénovation faite avec des matériaux à faible émission libère +/-346 kg d'équivalent SO_2
Les deux options de construction libèrent +/- la même quantité de polluants acidifiants. Les matériaux isolants à faible émission étant plus denses (donc plus lourds) et légèrement moins performants du point de vue thermique donc mis en œuvre en plus grande quantité que les matériaux conventionnels, expliquent que le bilan soit sensiblement le même. On notera que les matériaux libérant de grandes quantités de SO_2, principalement les éléments métalliques, sont présents en assez petites quantités sur les chantiers de rénovation de logements.[12]

Acidification en kg équivalent SO_2 rénovation 60 kWh/m².an avec matériaux conventionnels



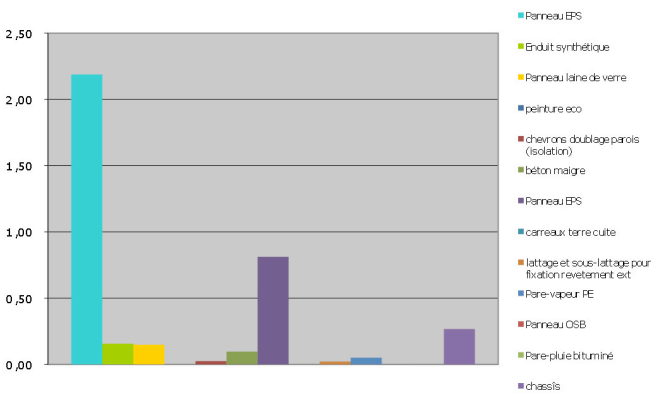
Acidification en kg équivalent SO_2 rénovation 60 kWh/m².an avec matériaux à faible émission



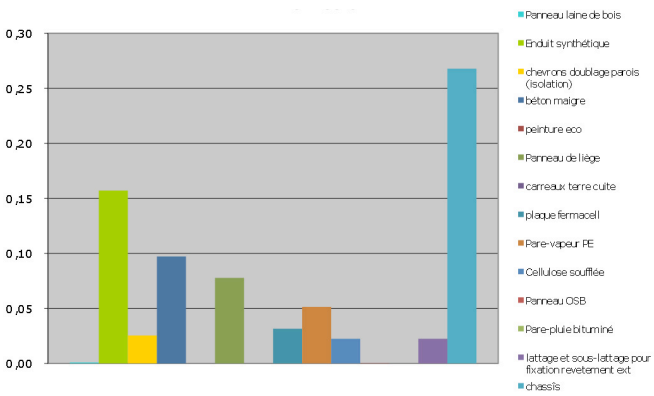
Comparaison de bilans en émissions d'équivalent éthylène C_2H_2 (Ozone troposphérique) entre une mise à jour thermique en matériaux conventionnels et en matériaux à faible émission

Pour une même performance en besoins de chauffe de 60 kWh/m².an.
La rénovation faite avec des matériaux conventionnels émet +/-8 kg d'équivalent C_2H_2
La rénovation faite avec des matériaux à faible émission libère +/-5 kg d'équivalent C_2H_2
Sans surprise les matériaux en produisant le plus sont tous issus de la filière pétrolière.
En mise en œuvre conventionnelle ce sont les panneaux d'isolant EPS qui produisent près de 50 % des émissions. Dans la version en matériaux à faible émission ce sont les châssis qui représentent la plus grande part de ses émissions.

Ozone troposphérique en kg équivalent C_2H_2 rénovation 60 kWh/m².an avec matériaux conventionnels



Ozone troposphérique en kg équivalent C_2H_2 rénovation 60 kWh/m².an avec matériaux à faible émission



12 Les éléments de structure en acier libèrent jusqu'à 3 fois plus de SO_2 que des éléments en bois de capacité portante comparable, les éléments en inox et en aluminium jusqu'à 10 fois plus.

1.20 Bilan en énergie grise et en polluants, quelques pistes

Quelques pistes pour tenter de diminuer la quantité d'énergie grise et de polluants émis par les matériaux mis en œuvre.

- Agir sur les matériaux présents en plus grande quantité. Ces éléments devront être les moins gourmands en énergie pendant leur cycle de vie et présenter les émissions les plus faibles possible en terme de polluants.
- Éviter les « pièges » énergétiques et environnementaux constitués par des matériaux très intéressants d'un point de vue environnemental, mais tellement peu performants qu'ils doivent être mis en œuvre dans de telles quantités qu'ils en perdent leurs avantages.
- Éviter la mise en œuvre de grandes quantités de matériaux qui présentent une signature en énergie grise ou en polluants très élevée, comme les métaux, les terres cuites et les matériaux fortement liés au secteur pétrochimique.

Pour pouvoir détecter les pièges et procéder aux arbitrages nécessaires, il est indispensable d'établir un métré précis des travaux de rénovation liés à un bilan environnemental de manière à pouvoir facilement explorer différentes alternatives de mise en œuvre. [13]
Les différentes simulations montrent [14] qu'en rénovation le rapport entre l'énergie grise des matériaux mis en œuvre et le retour sur énergie d'utilisation est extrêmement favorable.
Les transformations entreprises devront donc toujours tendre à maximiser la performance énergétique en ayant à l'esprit que la prochaine campagne de rénovation n'aura peut-être pas lieu avant une trentaine voire une cinquantaine d'années.

13 Le document « choix des matériaux, écobilans de parois », Sophie Trachte - Architecture et climat peut contribuer au choix des matériaux. Téléchargeable:http://energie.wallonie.be/fr/de-nouveaux-outils-pour-la-conception-de-maisons-a-tres-basse-consommation-d-energie-et-pour-l-isolation-par-l-interieur.html?IDC=6302&IDD=44707

14 Voir chapitre 3 Impact environnemental p. 76-78

Évaluation de l'« amélioration » jusqu'à 100 kWh/m².an par méthode PAE

E.1. Évaluation — Enveloppe du bâtiment

	Évaluation	Surface [m²]	Dép. therm. [%]	Um [W/m²K]	Remarque [*]
Bâtiment dans son ensemble	E – Isolation médiocre	349,27	100	2,22	
Toiture ou plafond – tout type					
toiture principale à rue	E	26,15	7,5	3,48	3
toiture principale arrière	E	24,47	7,0	3,48	3
toiture veranda	E	10,51	3,0	3,48	3
toiture extension avant	E	10,12	2,9	3,48	3
toiture extension arrière	E	10,13	2,9	3,48	3
Total toiture ou plafond		81,38	23,3		
Murs en contact avec l'extérieur					
façade à rue	D	37,13	10,6	1,82	3
façade arrière	D	23,71	6,8	1,82	3
Façade arrière annexe	D	9,77	2,8	1,82	3
mur mitoyen sur ext	D	64,18	18,4	1,82	3
mur latéral annexe	D	19,71	5,6	1,82	3
Murs à l'abri du gel					
porte cave	D	2,10	0,6	2,41	3
cloisons sur cave	E	2,46	0,7	2,63	3
Total murs		159,06	45,5		
Plancher(s) à l'abri du gel					
plancher sur cave	B	25,20	7,2	1,33	3
escalier	E	3,10	0,9	3,07	3
Plancher(s) en contact avec le sol					
plancher sur sol	E	53,08	15,2	1,33	3
Total planchers		81,38	23,3		
Portes et fenêtres					
chassis metalique SV	E	4,09	1,2	5,32	3
chassis bois SV	D	19,89	5,7	3,90	3
chassis bois DV	A+	3,46	1,0	1,55	3
Total portes et fenêtres		27,45	7,9		

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix — Date : 01/11/2009

Auditeur (nom, prénom) : — Version (logiciel) : 1.0.5

Note(s)

(*) La nature et l'épaisseur des matériaux qui composent les parois ne sont pas toujours connues avec précision ; en regard de chaque paroi figure un indice qui indique l'origine des informations :
1. Vérifié sur place
2. Information non vérifiée en provenance du propriétaire
3. Valeur par défaut - hypothèse défavorable

Conseil n°	Portant sur	Valeur U rénovée [W/m²K]	Économie d'énergie [kWh]	Économie d'énergie [%]	Economies estimées [€]	Temps de retour [année]
1	toiture principale à rue	0,13	2.343	9,8	117	
2	mur mitoyen sur ext	0,49	2.287	9,5	114	
3	toiture principale arrière	0,13	2.194	9,1	110	
4	façade à rue	0,49	1.334	5,6	67	
5	chassis bois SV	1,43	1.105	4,6	55	
6	toiture veranda	0,13	957	4,0	48	
7	toiture extension arrière	0,13	923	3,8	46	
8	toiture extension avant	0,13	922	3,8	46	
9	façade arrière	0,49	839	3,5	42	
10	mur latéral annexe	0,49	697	2,9	35	
11	Façade arrière annexe	0,43	361	1,5	18	
12	chassis metalique SV	1,43	354	1,5	18	
13	escalier	0,75	127	0,5	6	
14	cloisons sur cave	0,53	92	0,4	5	
15	porte cave	0,52	70	0,3	4	

Évaluation de l'enveloppe du bâtiment en situation rénovée

	Énergie épargnée [%]	Temps de retour [année]
B	60,3	

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix — Date : 01/11/2009

Auditeur (nom, prénom) : — Version (logiciel) : 1.0.5

E.4.1 Évaluation et amélioration confort d'été — Enveloppe du bâtiment

La répartition des gains solaires provenant des fenêtres est la suivante en situation initiale ainsi qu'en situation rénovée

Orientation	Surface [m²]	Situation actuelle [kWh]	Situation actuelle [%]	Situation après rénovation [kWh]	Situation après rénovation [%]	Placement de protections solaires
Nord	15,63					non
Est	5,09					non
Sud	6,72					non
Ouest	0,00					non
Horizontale	0,00					non

La recommandation relative au placement de protections solaires concerne des protections solaires extérieures pour les fenêtres dont l'orientation principale correspond à celle indiquée dans ce tableau. Toutes les fenêtres présentant une orientation de +/- 45° autour de cette orientation principale sont classées dans cette catégorie.

Évaluation de l'efficacité d'une stratégie de rafraîchissement nocturne du bâtiment par ventilation intensive de nuit :

Une estimation du potentiel de rafraîchissement du bâtiment via une stratégie de ventilation intensive de nuit est donnée ici. La stratégie de ventilation intensive de nuit consiste à profiter de la fraîcheur de la nuit pour rafraîchir le bâtiment en le ventilant intensivement et en évacuant ainsi la chaleur accumulée dans le bâtiment lors de la journée écoulée. Cette stratégie peut amener une amélioration dans le confort intérieur du bâtiment en été si elle est appliquée en combinaison avec les autres mesures recommandées dans cet avis. Des informations relatives à cette technique sont données dans la fiche technique 'confort d'été' (fiche E5).

Potentiel de ventilation intensive de nuit : C
Disponibilité et accessibilité de la masse thermique du bâtiment : B
Intérêt de la technique appliquée à votre cas : B

Index standardisé d'augmentation de température

Les index (sans unité) repris ci-dessous sont destinés à établir des statistiques et à permettre la comparaison entre la situation actuelle et la situation après rénovation ainsi que de permettre la comparaison entre différents bâtiments. Un index élevé indique que les gains de chaleur sont proportionnellement plus élevés que les pertes de chaleur, ce qui pourrait se traduire par un risque plus élevé de surchauffe.

Index situation initiale :
Index situation rénovée :

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix — Date : 01/11/2009

Auditeur (nom, prénom) : — Version (logiciel) : 1.0.5

E. Annexe Composition des parois — Enveloppe du bâtiment

toiture principale à rue

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Situation rénovée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]
Cellulose	0,039	0,300	7,692

mur mitoyen sur ext

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Situation rénovée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]
Mousse de polystyrène extrudé	0,035	0,060	1,714
Brique type inconnu	0,900	0,400	0,444

toiture principale arrière

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Situation rénovée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]
Cellulose	0,039	0,300	7,692

façade à rue

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix — Date : 01/11/2009

Auditeur (nom, prénom) : — Version (logiciel) : 1.0.5

SPECIMEN

Rue de fontaine

Évaluation de l'« amélioration » jusqu'à 100 kWh/m².an par méthode PAE

E. Annexe
Composition des parois

Enveloppe du bâtiment

Situation rénovée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

chassis bois SV

Situation actuelle

		U [W/m²K]
Châssis	Bois	2,20
Vitrage	Vitrage simple	5,70
Paneau		

Situation rénovée

		U [W/m²K]
Châssis	Bois	1,60
Vitrage	Vitrage double low-e (sans autre information)	1,10
Paneau		

toiture veranda

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Situation rénovée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]
Cellulose	0,039	0,300	7,692

toiture extension arrière

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Situation rénovée

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix — Date : 01/11/2009
Auditeur (nom, prénom) : — Version (logiciel) : 1.0.5

E. Annexe
Composition des parois

Enveloppe du bâtiment

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]
Cellulose	0,035	0,300	8,571

toiture extension avant

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Situation rénovée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]
Cellulose	0,039	0,300	7,692

façade arrière

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Situation rénovée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]
Mousse de polystyrène extrudé	0,035	0,060	1,714
Brique type inconnu	0,900	0,400	0,444

mur latéral annexe

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Situation rénovée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]
Mousse de polystyrène extrudé	0,035	0,060	1,714
Brique type inconnu	0,900	0,400	0,444

Façade arrière annexe

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix — Date : 01/11/2009
Auditeur (nom, prénom) : — Version (logiciel) : 1.0.5

E. Annexe
Composition des parois

Enveloppe du bâtiment

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Situation rénovée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]
Mousse de polystyrène extrudé	0,035	0,060	1,714
Brique type inconnu	0,900	0,400	0,444

chassis metalique SV

Situation actuelle

		U [W/m²K]
Châssis	Métallique SANS coupure thermique	5,90
Vitrage	Vitrage simple	5,70
Paneau		

Situation rénovée

		U [W/m²K]
Châssis	Bois	1,60
Vitrage	Vitrage double low-e (sans autre information)	1,10
Paneau		

escalier

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Situation rénovée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

cloisons sur cave

Situation actuelle

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix — Date : 01/11/2009
Auditeur (nom, prénom) : — Version (logiciel) : 1.0.5

G.1.1. Synthèse générale

Général

Évaluation en situation rénovée

		Énergie épargnée [%]	Temps de retour [année]
Enveloppe du bâtiment	B	60,3	
Système de chauffage	secteur A	1,8	
Total des économies d'énergie réalisables pour l'enveloppe du bâtiment et le système de chauffage en appliquant l'ensemble des recommandations reprises dans cet avis énergétique			66,8%
Eau chaude sanitaire		49,7	

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix — Date : 01/11/2009
Auditeur (nom, prénom) : — Version (logiciel) : 1.0.5

SPECIMEN

Wallonie

Rue de fontaine

Évaluation de l'« amélioration » jusqu'à 60 kWh/m².an par méthode PAE

E.1. Évaluation — Enveloppe du bâtiment

	Évaluation	Surface [m²]	Dép. therm. [%]	Um [W/m²K]	Remarque [*]
Bâtiment dans son ensemble	E – Isolation médiocre	349,27	100	2,22	
Toiture ou plafond – tout type					
toiture principale à rue	E	26,15	7,5	3,48	3
toiture principale arrière	E	24,47	7,0	3,48	3
toiture veranda	E	10,51	3,0	3,48	3
toiture extension avant	E	10,12	2,9	3,48	3
toiture extension arrière	E	10,13	2,9	3,48	3
Total toiture ou plafond		81,38	23,3		
Murs en contact avec l'extérieur					
façade à rue	D	37,13	10,6	1,82	3
façade arrière	D	23,71	6,8	1,82	3
Façade arrière annexe	D	9,77	2,8	1,82	3
mur mitoyen sur ext	D	64,18	18,4	1,82	3
mur latéral annexe	D	19,71	5,6	1,82	3
Murs à l'abri du gel					
porte cave	D	2,10	0,6	2,41	3
cloisons sur cave	E	2,46	0,7	2,63	3
Total murs		159,06	45,5		
Plancher(s) à l'abri du gel					
plancher sur cave	B	25,20	7,2	1,33	3
escalier	E	3,10	0,9	3,07	3
Plancher(s) en contact avec le sol					
plancher sur sol	E	53,08	15,2	1,33	3
Total planchers		81,38	23,3		
Portes et fenêtres					
chassis metalique SV	E	4,09	1,2	5,32	3
chassis bois SV	D	19,89	5,7	3,90	3
chassis bois DV	A+	3,46	1,0	1,55	3
Total portes et fenêtres		27,45	7,9		

E.2. Propositions d'amélioration — Enveloppe du bâtiment

Évaluation de l'enveloppe du bâtiment en situation rénovée

Énergie épargnée [%]	Temps de retour [année]
A – 68,2	

Conseil n°	Portant sur	Valeur U rénovée [W/m²K]	Économie d'énergie [kWh]	Économie d'énergie [%]	Economies estimées [€]	Temps de retour [année]
1	mur mitoyen sur ext	0,34	2.530	10,5	127	
2	toiture principale à rue	0,13	2.343	9,8	117	
3	toiture principale arrière	0,13	2.194	9,1	110	
4	façade à rue	0,34	1.474	6,1	74	
5	chassis bois SV	1,43	1.105	4,6	55	
6	plancher sur sol	0,64	995	4,1	50	
7	toiture veranda	0,13	957	4,0	48	
8	façade arrière	0,34	951	4,0	48	
9	toiture extension arrière	0,13	923	3,8	46	
10	toiture extension avant	0,13	922	3,8	46	
11	mur latéral annexe	0,34	772	3,2	39	
12	Façade arrière annexe	0,34	383	1,6	19	
13	chassis metalique SV	1,43	354	1,5	18	
14	plancher sur cave	0,59	329	1,4	16	
15	escalier	0,53	139	0,6	7	
16	cloisons sur cave	0,53	92	0,4	5	
17	porte cave	0,52	70	0,3	4	

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix — Date : 01/11/2009

Auditeur (nom, prénom) : — Version (logiciel) : 1.0.5

E.4.1 Évaluation et amélioration confort d'été — Enveloppe du bâtiment

La répartition des gains solaires provenant des fenêtres est la suivante en situation initiale ainsi qu'en situation rénovée

Orientation	Surface [m²]	Situation actuelle [kWh]	Situation actuelle [%]	Situation après rénovation [kWh]	Situation après rénovation [%]	Placement de protections solaires
Nord	15,63					non
Est	5,09					non
Sud	6,72					non
Ouest	0,00					non
Horizontale	0,00					non

La recommandation relative au placement de protections solaires concerne des protections solaires extérieures pour les fenêtres dont l'orientation principale correspond à celle indiquée dans ce tableau. Toutes les fenêtres présentant une orientation de +/- 45°autour de cette orientation principale sont classées dans cette catégorie.

Évaluation de l'efficacité d'une stratégie de rafraîchissement nocturne du bâtiment par ventilation intensive de nuit :

Une estimation du potentiel de rafraîchissement du bâtiment via une stratégie de ventilation intensive de nuit est donnée ici. La stratégie de ventilation intensive de nuit consiste à profiter de la fraîcheur de la nuit pour rafraîchir le bâtiment en le ventilant intensivement et en évacuant ainsi la chaleur accumulée dans le bâtiment lors de la journée écoulée. Cette stratégie peut amener une amélioration dans le confort intérieur du bâtiment en été si elle est appliquée en combinaison avec les autres mesures recommandées dans cet avis. Des informations relatives à cette technique sont données dans la fiche technique 'confort d'été' (fiche E5).

Potentiel de ventilation intensive de nuit : C
Disponibilité et accessibilité de la masse thermique du bâtiment : B
Intérêt de la technique appliquée à votre cas : B

Index standardisé d'augmentation de température

Les index (sans unité) repris ci-dessous sont destinés à établir des statistiques et à permettre la comparaison entre la situation actuelle et la situation après rénovation ainsi que de permettre la comparaison entre différents bâtiments. Un index élevé indique que les gains de chaleur sont proportionnellement plus élevés que les pertes de chaleur, ce qui pourrait se traduire par un risque plus élevé de surchauffe.

Index situation initiale :
Index situation rénovée :

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix — Date : 01/11/2009

Auditeur (nom, prénom) : — Version (logiciel) : 1.0.5

E. Annexe Composition des parois — Enveloppe du bâtiment

mur mitoyen sur ext

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Situation rénovée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]
Mousse de polystyrène extrudé	0,035	0,080	2,286
Brique type inconnu	0,900	0,400	0,444

toiture principale à rue

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Situation rénovée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]
Cellulose	0,039	0,300	7,692

toiture principale arrière

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Situation rénovée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]
Cellulose	0,039	0,300	7,692

façade à rue

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix — Date : 01/11/2009

Auditeur (nom, prénom) : — Version (logiciel) : 1.0.5

SPECIMEN

Rue de fontaine

Évaluation de l'« amélioration » jusqu'à 60 kWh/m².an par méthode PAE

E. Annexe
Composition des parois

Enveloppe du bâtiment

Situation rénovée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]
Mousse de polystyrène extrudé	0,035	0,080	2,286
Brique type inconnu	0,900	0,400	0,444

chassis bois SV

Situation actuelle

		U [W/m²K]
Châssis	Bois	2,20
Vitrage	Vitrage simple	5,70
Paneau		

Situation rénovée

		U [W/m²K]
Châssis	Bois	1,60
Vitrage	Vitrage double low-e (sans autre information)	1,10
Paneau		

plancher sur sol

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Situation rénovée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

toiture veranda

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Situation rénovée

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix — Date : 01/11/2009

Auditeur (nom, prénom) : — Version (logiciel) : 1.0.5

E. Annexe
Composition des parois

Enveloppe du bâtiment

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]
Cellulose	0,039	0,300	7,692

façade arrière

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Situation rénovée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]
Mousse de polystyrène extrudé	0,035	0,080	2,286
Brique type inconnu	0,900	0,400	0,444

toiture extension arrière

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Situation rénovée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]
Cellulose	0,039	0,300	7,692

toiture extension avant

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Situation rénovée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]
Cellulose	0,039	0,300	7,692

mur latéral annexe

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix — Date : 01/11/2009

Auditeur (nom, prénom) : — Version (logiciel) : 1.0.5

E. Annexe
Composition des parois

Enveloppe du bâtiment

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Situation rénovée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]
Mousse de polystyrène extrudé	0,035	0,080	2,286
Brique type inconnu	0,900	0,400	0,444

Façade arrière annexe

Situation actuelle

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]

Situation rénovée

Matériau	Lambda [W/mK]	d [m]	Ri [m²K/W]
Mousse de polystyrène extrudé	0,035	0,080	2,286
Brique type inconnu	0,900	0,400	0,444

chassis metalique SV

Situation actuelle

		U [W/m²K]
Châssis	Métallique SANS coupure thermique	5,90
Vitrage	Vitrage simple	5,70
Paneau		

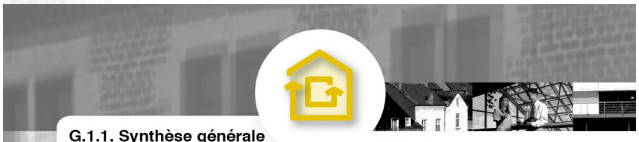
Situation rénovée

		U [W/m²K]
Châssis	Bois	1,60
Vitrage	Vitrage double low-e (sans autre information)	1,10
Paneau		

plancher sur cave

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix — Date : 01/11/2009

Auditeur (nom, prénom) : — Version (logiciel) : 1.0.5



G.1.1. Synthèse générale

Général

Évaluation en situation rénovée

		Énergie épargnée [%]	Temps de retour [année]
Enveloppe du bâtiment	A	68,2	
Système de chauffage	secteur A	1,8	
Total des économies d'énergie réalisables pour l'enveloppe du bâtiment et le système de chauffage en appliquant l'ensemble des recommandations reprises dans cet avis énergétique		**75,1%**	
Eau chaude sanitaire		49,7	

Adresse du bâtiment : Rue Fontaine, 7134 Ressaix — Date : 01/11/2009

Auditeur (nom, prénom) : — Version (logiciel) : 1.0.5

SPECIMEN

Wallonie

MAISON DE LOTISSEMENT

SITUATION : Avenue des Petits Champs, Waterloo

PROVINCE : Brabant Wallon

1.1 Typologie

Les maisons quatre façades en lotissement représentent +/- 13 % des logements construits avant 1991 en Région Wallonne. [1]

1.2 Contexte

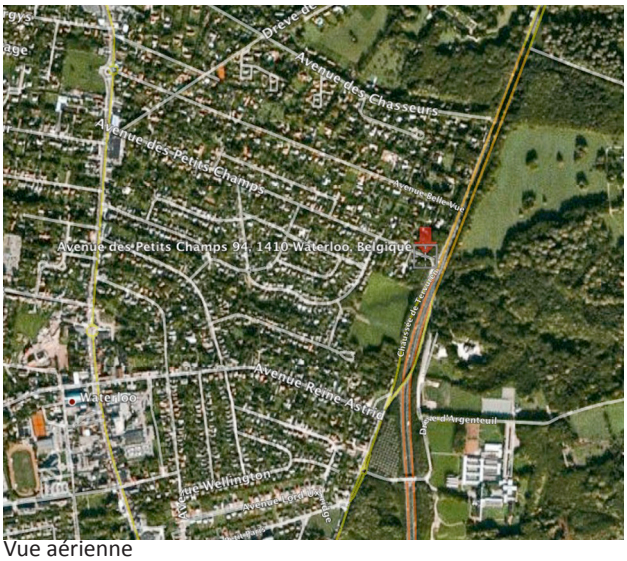
Le type de maison quatre façades construites dans des lotissements représente un mode d'habitat qui s'est fort développé depuis la fin des années soixante jusqu'à devenir la troisième typologie d'habitat la plus rencontrée en Wallonie. Elle représente le rêve d'une classe moyenne supérieure souhaitant habiter au vert à l'extérieur des villes tout en étant proche des nœuds de communication routiers, les déplacements se faisant essentiellement en voiture.

La densité d'occupation des parcelles dans ce type d'urbanisme est faible. La parcelle représente souvent six à dix fois l'emprise au sol du bâtiment et les constructions ont rarement plus d'un étage fréquemment intégré dans la toiture. Ce type d'habitat est donc grand consommateur de territoire.

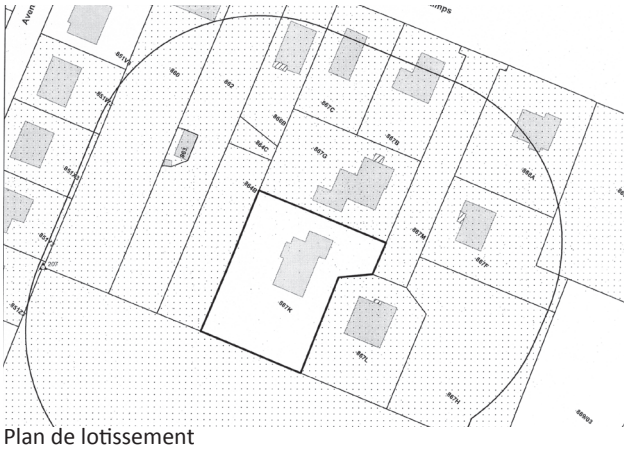
L'exemple choisi est situé à Waterloo à quelques centaines de mètres d'une sortie de l'autoroute E19 dans une très grande zone lotie. La maison fait partie d'un petit lotissement de six maisons desservies par une allée privative.

1.3 Programme

Cette maison unifamiliale de +/-290 m² habitable comprend quatre chambres et deux salles de bains à l'étage. Le rez-de-chaussée regroupe toutes les pièces de vie et services ainsi qu'un garage pour deux voitures. Le bâtiment ne dispose pas de caves, mais bien d'un grenier.



Vue aérienne


Plan de lotissement

1 Reprise comme typologie 3 au chapitre 4 analyse du bâti pp. 173-175

1.4 Architecture

La maison construite en 1987 présente deux volumes encastrés l'un dans l'autre et tous deux couverts d'une toiture à deux versants. Le volume principal présente une emprise au sol de 9 m sur 14,5 m, le volume secondaire de 5,5 m sur 7,5 m. Le tout est complété au rez-de-chaussée par une loggia à l'arrière de 1,3 m sur 4,5 m. Nous avons à faire ici à un type de maison qui dans le langage populaire est qualifiée de « Fermette » bien qu'elle n'ait que peu de choses en commun avec l'architecture des fermes brabançonnes ou flamandes. Les murs des façades sont constitués de murs creux isolés de 30 cm d'épaisseur (porteur de 14 cm, parement de 9 cm, coulisse isolée de 7 cm).

Façade avant

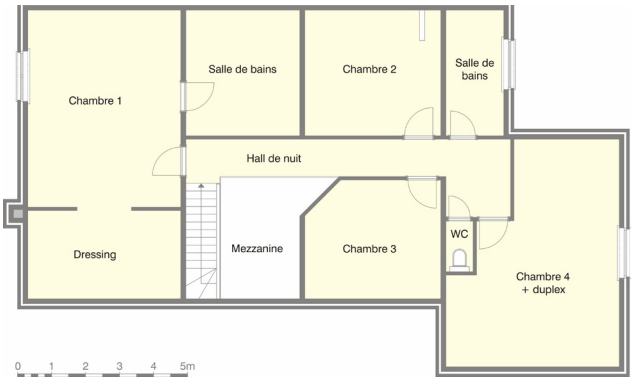
1.5 Techniques existantes

Le système de chauffage central date de la construction de la maison. Il est composé d'une chaudière au gaz classique (les chaudières à condensation apparaissent sur le marché dans les années 1990), raccordée à des radiateurs en tôle placés dans chaque pièce. L'eau sanitaire est produite par un préparateur relié à la chaudière.

1.6 Stratégies d'habitation et d'occupation

L'occupation se fait sans grande stratégie d'économie.
La famille, composée de deux adultes et deux enfants, n'est pas prête à faire des compromis importants avec la notion qu'elle se fait du confort. Dans leur esprit, c'est la maison qui par ses performances devrait y pourvoir, ce qui est un raisonnement somme toute assez logique. Les consommations plutôt élevées de la maison les ont conduits à demander un audit énergétique. Cette démarche dénote une volonté de connaître les causes de leurs consommations élevées et d'améliorer leur logement sur ce point, quitte à consentir des investissements importants pour y arriver, à condition que cet investissement soit rentable à moyen terme.

Rez-de-chaussée



1er étage

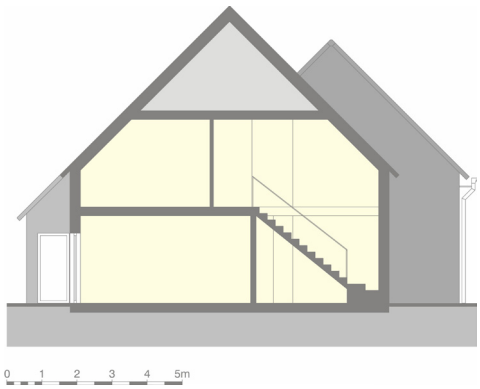
1.7 Principes des analyses thermiques

Différentes approches du calcul de performance d'enveloppe ont été abordées pour la situation existante et les scénarios PEB 2010 ou « basse énergie ».

- Le besoin de chauffe suivant PEB 2010
- Le besoin de chauffe obtenu par logiciel PHPP

Façade arrière

Coupe



1.8 Situation existante Calculs et consommations réelles

SITUATION EXISTANTE	
Surface de déperdition de l'enveloppe m²	539
Volume Protégé m³	999
K (PEB 2010)	75
Besoin de chauffe kWh/m².an par PAE	/
Besoin de chauffe kWh/m².an par PEB 2010	219
Besoin de chauffe kWh/m².an par PHPP 2007	204
Surface brute en m²	330
Surface énergétique planchers PHPP en m²	286
U toiture en W/m²K	0,544 et 0,7
U murs de façades en W/m²K	1,542
U châssis, U vitrage en W/m²K	2 - 1,6
U sol en W/m²K	0,684
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 7,8 PEB 12

- Les résultats obtenus par calcul semblent bien confirmer que la maison n'a pas été isolée selon l'obligation légale de K55 (aujourd'hui K45) en vigueur à la fin des années 80 pour des logements neufs. À la lumière des investigations menées, la toiture est isolée avec 8 cm de laine minérale, les lucarnes avec 5 cm du même matériau, la coulisse du mur de façade semble avoir été isolée de manière discontinue avec 4 cm de polystyrène extrudé. Le coefficient d'enveloppe atteint est proche de K 75, ce qui constitue une infraction à la réglementation en vigueur à l'époque. Ce cas de figure n'est pas rare. L'obligation d'isoler était souvent perçue comme une imposition inutile par la plupart des architectes et considéré comme une charge budgétaire supplémentaire pour nombre de maîtres de l'ouvrage. Les 6 maisons du lotissement ont été construites dans le cadre d'une promotion immobilière clef sur porte. En l'absence de test de pressurisation, l'étanchéité à l'air a été fixée à la valeur par défaut admise en région wallonne pour le calcul PEB et en région bruxelloise pour le calcul PHPP.

Résultats

Selon les résultats du logiciel PHPP, le besoin de chauffe de la maison avec l'isolation d'origine devrait être de +/-58 344 kWh par an soit +/-204 kWh/m².an.

Consommations réelles

La consommation réelle de la chaudière et du préparateur d'eau chaude sanitaire est de
- 53 476 kWh pour 2004
- 57 533 kWh pour 2005
- 45 977 kWh pour 2006

soit 52 328 kWh en moyenne pour ces trois années ou +/-183 kWh/m².an.
La consommation calculée est donc de +/-10% plus élevée que la consommation réelle, production d'eau chaude sanitaire comprise.
Une fois de plus la différence s'explique par le fait que dans la réalité tous les locaux ne sont pas chauffés en permanence à 19° C de jour comme de nuit.
Notons qu'ici les consommations calculées et les consommations réelles assez sont assez proches.

La consommation électrique atteint pour l'année 2006 8300 kWh en consommation de jour et 2 300 kWh en compteur de nuit. Soit 10 600 kWh par an.
La consommation électrique moyenne en Wallonie par logement, occupé par un ménage de 3 à 4 personnes, était de +/-2 745 kWh pour l'année 2005.. [2]
La consommation électrique de la maison est entre 3 et 4 fois plus élevée que la moyenne en Wallonie.

Quelques pistes d'explication

- 3 200 kWh sont consacrés au chauffage par pompe à chaleur air-air et au filtrage de l'eau d'une piscine implantée dans le jardin et utilisée de juin à septembre.
- L'électroménager tout à l'électricité, l'éclairage par une multitude de spots halogènes basse tension de 50 W encastrés dans les faux plafonds, de nombreux appareils audiovisuels laissés en mode veille explique cette consommation élevée.

Ramenée en énergie primaire, la consommation électrique est de +/-20 750 kWh pour 2006

2 Voir Chapitre 4 p. 141 et 147

L'énergie primaire totale consommée par la maison est de +/-73 000 kWh par an soit +/-255 kWh/m².an.
Un record ! Record qui ne doit malheureusement pas être un cas unique.

1.9 Mise à jour thermique à hauteur de la PEB 2010 (90 kWh/m².an en besoin de chauffe)

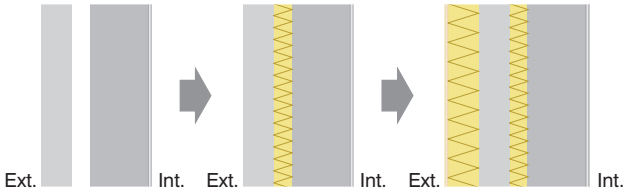
MISE À NIVEAU PEB 2010 À 90 KWH/M².AN	
Surface de déperdition de l'enveloppe m²	539
Volume Protégé m³	999
K (PEB 2010)	44
Besoin de chauffe kWh/m².an par PAE	/
Besoin de chauffe kWh/m².an par PEB 2010	87
Besoin de chauffe kWh/m².an par PHPP 2007	94
Surface brute en m²	330
Surface énergétique planchers PHPP en m²	286
U toiture en W/m²K	0,172
U murs de façades en W/m²K	0,421
U châssis, U vitrage en W/m²K	2 - 1,6
U sol en W/m²K	0,684
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 7,8 PEB 12

Si la construction avait été conforme à la réglementation K55 en vigueur dans les années 80, il aurait suffi d'un petit complément d'isolation pour permettre de réduire le besoin de chauffe jusqu'à 90 kWh/m².an.
Le laxisme des différents acteurs de la construction (promoteur, architecte et entrepreneur) rend nécessaire une intervention 25 ans seulement après la construction de la maison pour atteindre des performances relativement proches de celles qui auraient dû être rencontrées à l'origine.

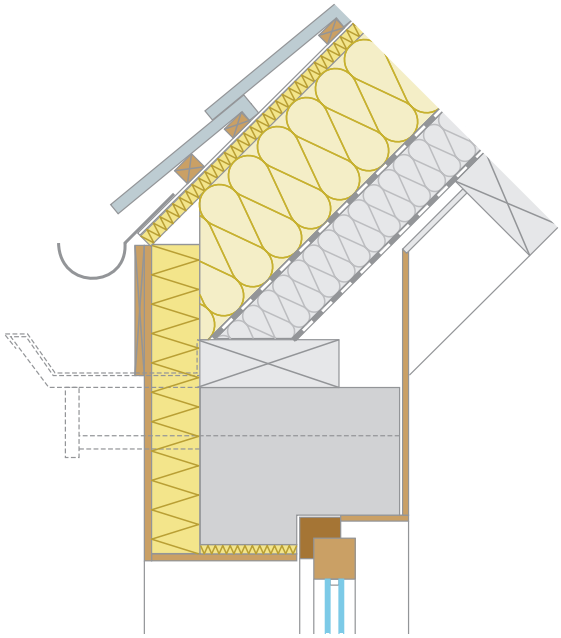
Étant donné le niveau de finition très élevé de la maison, les interventions seront envisagées exclusivement depuis l'extérieur.

Pertes par transmission

- Les châssis sont laissés en place.
- La coulisse des murs de façade de +/-6 cm de large est injectée avec de la mousse de polyuréthane. La façade est encore isolée d'avantage avec des panneaux de polystyrène expansé de 6 cm d'épaisseur recouvert d'un enduit gratté.



- 16 cm d'isolant sont rajoutés en toiture aux 8 cm déjà existants suivant la technique de la toiture « sarking » de manière à atteindre une valeur U de 0,172 W/m².K



Pertes par ventilation et infiltration

- Le système de ventilation reste le système type C d'origine avec extraction dans les pièces humides (2 salles de bains).
- Les châssis existants ne sont pas équipés de grilles de ventilation, une amenée d'air sera créée en façade pour être conforme à la norme NBN D50-001
- Aucune mesure pour améliorer l'étanchéité à l'air n'est prise au niveau des châssis, la mise en œuvre de la toiture sarking contribuera cependant à une amélioration globale de celle-ci par la mise en œuvre d'un nouveau pare-vapeur posé selon les règles de l'art sur la totalité de la surface de la toiture.

1.10 Mise à jour thermique « basse énergie » (60 kWh/m².an en besoin de chauffe)

MISE À NIVEAU BASSE ÉNERGIE À 60 KWH/M².AN	
Surface de déperdition de l'enveloppe m²	539
Volume Protégé m³	999
K (PEB 2010)	32
Besoin de chauffe kWh/m².an par PAE	/
Besoin de chauffe kWh/m².an par PEB 2010	72
Besoin de chauffe kWh/m².an par PHPP 2007	60
Surface brute en m²	330
Surface énergétique planchers PHPP en m²	286
U toiture en W/m²K	0,127
U murs de façades en W/m²K	0,284
U châssis, U vitrage en W/m²K	1,6 - 1,1
U sol en W/m²K	0,684
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 4 PEB 4

Pertes par transmission

- Les châssis doivent être changés pour des châssis plus performants et équipés d'aérateurs dont l'ouverture est proportionnelle à la demande d'extraction. Les châssis seront placés avec des bandes d'étanchéité à l'air.
- 24 cm d'isolant sont rajoutés en toiture aux 8 cm déjà existants suivant la technique de la toiture « sarking » de manière à atteindre une valeur U de 0,127 W/m².K
- La coulisse des murs de façade de +/6cm de large est injectée avec de la mousse de polyuréthane. La façade est encore isolée d'avantage avec des panneaux de polystyrène expansé de 10 cm d'épaisseur recouvert d'un enduit gratté.

Pertes par ventilation et infiltration

- Le système de ventilation existant est remplacé par un système C+ où le débit de ventilation est contrôlé par une action au niveau des bouches d'extraction. L'intensité d'aération augmente quand c'est nécessaire, le débit d'extraction est réglé automatiquement en fonction de l'humidité et/ou de la présence. Les pertes par ventilations sont limitées.
- L'étanchéité à l'air est portée à 4 h^{-1}

Bilan

Dans les deux cas les travaux peuvent être exécutés sans intervention à l'intérieur de la maison permettant aux occupants de continuer à y habiter.

- La mise en œuvre de l'isolant en toiture et en façade, nécessite le démontage, remontage des gouttières et des descentes d'eau et l'adaptation du réseau d'égout au droit de leur raccordement.
- Les corniches devront être adaptées.
- Les deux lucarnes en façade avant devront être, soit démolies, soit adaptées pour tenir compte de la rehausse du plan de toiture.
- La couverture en tuiles pourra être reposée après mise en œuvre du nouveau complexe l'isolation de toiture. Des tuiles complémentaires devront être mises en œuvre pour tenir compte des surépaisseurs des isolants placés en façade et de la casse qu'entraîne généralement une dépose/repose. Il convient de se renseigner si les tuiles sont encore disponibles sur le marché 25 après la construction de la maison.
- La quantité d'isolant mis en œuvre en toiture est très importante, elle représente jusqu'à 58 m³ dans la version basse énergie. Pour des questions de coût et d'impact environnemental, il convient de bien choisir le type d'isolant à mettre en œuvre. Dans ce cas, un isolant d'origine végétale en vrac est probablement le meilleur choix environnemental et financier.

Une mise à jour thermique peut se faire presque totalement par l'extérieur préservant intégralement les matériaux mis en œuvre à l'intérieur et principalement les sols en marbre au rez-de-chaussée puisque l'isolation des sols n'a pas dû être renforcée. Dans ce cas de figure le « standard » basse énergie peut être atteint sans le placement d'un système de ventilation D à récupération de chaleur dont le placement entraine généralement d'importants travaux de ragréage des parachèvements.

Pour diminuer les consommations électriques, la pompe à chaleur destinée au chauffage de la piscine est remplacée par un système de capteurs solaires de type opaque placés dans le jardin. [3]
Les spots halogènes dichroïques de 50 W sont remplacés par 80 % d'ampoules GU10 fluo-compacts de 8 W et par 20 % d'ampoules powerled colorées de 3 W.

3 Voir chapitre 5 p. 255

Source : Reloso

APPARTEMENT DANS UN GRAND ENSEMBLE

SITUATION : Foyer Jambois

PROVINCE : Namur

1.1 Typologie

Les appartements dans des grands ensembles représentent +/-6% des logements construits avant 1991 en Région Wallonne. On relève aussi une proportion de +/-6% d'appartements résultant de la division de bâtiments existants en plusieurs unités de logements.

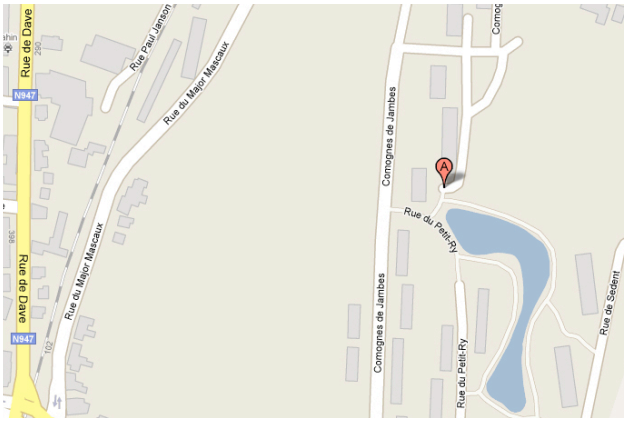
Les deux typologies peuvent être rapprochées, les solutions développées ci-dessous sont souvent applicables dans les maisons transformées en appartements. Les solutions étant d'ailleurs parfois plus simples à mettre en œuvre dans des bâtiments plus anciens, notamment au niveau des ponts thermiques. Reste la contrainte patrimoniale, plus difficile à gérer dans le bâti ancien. [1]

1.2 Contexte

Les immeubles à appartements du foyer Jambois sont nés à la fin des années septante et au début des années quatre-vingt qui furent des années fastes pour la construction de logements sociaux. Beaucoup sont des barres de logements (immeubles de type Etrimo-Amelincks) conçues sur base des réflexions théoriques modernistes. Cette typologie d'immeubles à appartements de 8 à 12 niveaux en moyenne, aura tendance à être remplacée à la fin des années quatre-vingt par des immeubles de 3 à 4 niveaux plus intégrés dans le tissu urbain existant et mieux acceptés par les habitants.

Relevons cependant un phénomène nouveau au début du 21e siècle, qui est l'apparition de petits immeubles à appartements en dehors des agglomérations, notamment choisis par des périurbains plus âgés.

Source : Reloso



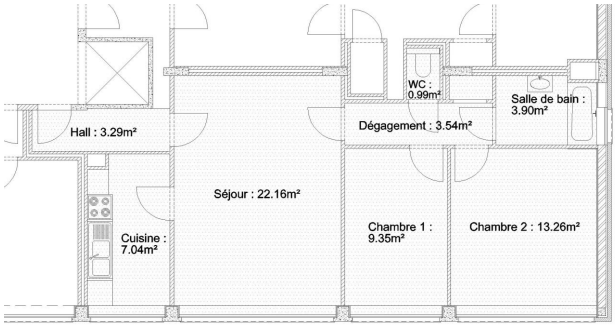
1.3 Architecture

Sur le plan architectural, le caractère immuable, souvent non transformable des logements se traduit par un manque de souplesse dans l'usage des espaces.

L'implantation des barres nord-sud (partie étroite du parallélépipède orienté au nord) pour assurer un ensoleillement maximal des logements n'est que rarement traduite en plan. Les appartements traversants constituent des ex-

1 Reprise comme typologie 5 et 7 au chapitre 4 analyse du bâti pp. 173-175

ceptions. Sur le plan constructif, la mauvaise qualité des réalisations pose aujourd'hui de nombreux problèmes techniques difficiles à résoudre pour les gestionnaires. Les charges locatives pour le chauffage, l'ascenseur, l'entretien des communs et des espaces verts sont souvent très élevées.



Source : Reloso

1.4 Programme

L'appartement étudié est situé au 161 Comognes de Jambes et se développe au 4e niveau en façade ouest et sud. Il s'agit d'un appartement deux chambres de +/- 76 m² brut et de +/-64 m² de surface énergétique (surface sans les murs).

1.5 Stratégies d'habitation et d'occupation

Ces derniers hivers (2008, 2009, 2010), la majorité des locataires sociaux ont dû affronter une facture de chauffage supérieure à leur loyer.

Les occupants des logements sociaux ont assez peu de moyens d'améliorer leurs logements du point de vue énergétique. Ils n'en ont souvent pas les moyens financiers, ni les moyens juridiques, n'étant pas propriétaires de leur logement. Ils dépendent de la qualité de la gestion des immeubles assurée par les sociétés de logements sociaux.

La plupart des chaufferies collectives de ces immeubles sont actuellement équipées d'une horloge permettant un abaissement nocturne et pratiquent la mise à l'arrêt ou au ralenti pendant l'été d'une partie des chaudières (hors de celles produisant l'eau sanitaire).

Dans les appartements, les grilles d'amenée d'air en façade sont sources d'inconfort en hiver de sorte que les occupants ont tendance à les fermer manuellement avec pour conséquence une dégradation de la qualité de l'air intérieur. Parfois les bouches d'extraction d'air dans les salles d'eau le sont aussi, empêchant une ventilation correcte du logement, ce qui peut mener à l'apparition de phénomènes de condensation.

En été, les logements dont les pièces sont majoritairement orientées à l'ouest et pour lesquels les terrasses faisant office de pare-soleil sont peu efficaces, subissent des surchauffes.

Source : Reloso

Des tentes solaires, des séries de parasols ou de protections de fortune sont mis en place par les habitants là où les surchauffes sont les plus importantes.

Des campagnes ont été menées pour équiper les logements de luminaires économiques de type fluo-compacts pour tenter de faire baisser les consommations électriques. L'expérience a montré que les ampoules économiques usées n'étaient pas remplacées par des ampoules aux performances énergétiques équivalentes, et que dans certains cas, les ampoules étaient revendues par les locataires pour être remplacées par des ampoules bas de gamme, obligeant les sociétés de logements sociaux à mettre en œuvre des luminaires spécifiques avec des culots peu répandus. La généralisation des ampoules économiques et la disparition des ampoules classiques devrait solutionner ce type de problématique.

1.6 Hypothèse de travail

Les projets exemplatifs prennent comme hypothèse de base que les travaux de mise à jour thermique soient pris en charge par les sociétés gestionnaires de logements sociaux, ou que le propriétaire d'un appartement dans un immeuble similaire du secteur privé puisse procéder aux adaptations des châssis, à la mise en œuvre des isolations par l'extérieur ainsi qu'aux installations techniques en accord avec la copropriété.

1.7 Situation existante

Situation existante

Le bâtiment est faiblement isolé par l'intérieur (U de parois de 0,6 à 0,9 W/m².K), les châssis sont en bois avec un double vitrage clair peu performant, valeur U des châssis de 2,5 W/m².K et celle du vitrage de 2,9 W/m².K

De nombreux ponts thermiques sont identifiés. Un système C (grille dans les fenêtres et extraction dans les pièces humides) assure la ventilation des appartements. Malgré sa très faible isolation, l'appartement obtient une meilleure performance thermique que les maisons précédemment analysées, c'est dû au fait que 4 des 6 parois de déperditions sont mitoyennes avec d'autres appartements.

- Les ponts thermiques ont été pris en compte, ils représentent 15 % des pertes par l'enveloppe non rénovée.
- L'étanchéité de l'appartement a été fixée à la valeur de 3 h^{-1} pour les besoins de l'étude et devrait être vérifiée in-situ lors d'une éventuelle campagne de rénovation.

SITUATION EXISTANTE	
Surface de déperdition de l'enveloppe m²	267
Volume Protégé m³	219
K (PEB 2010)	159
Besoin de chauffe kWh/m².an par PAE	162
Besoin de chauffe kWh/m².an par PEB 2010	135
Besoin de chauffe kWh/m².an par PHPP 2007	141
Surface brute en m²	76
Surface énergétique planchers PHPP en m²	64
U toiture en W/m²K	Mitoyen
U murs de façades en W/m²K	0,9 - 0,6
U châssis, U vitrage en W/m²K	2,5 - 2,9
U sol en W/m²K	Mitoyen
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 3 PEB 3

1.8 Mise à jour thermique à hauteur de la PEB 2010 (90 kWh/m².an en besoin de chauffe)

Pertes par transmission

Aucune isolation complémentaire n'est mise en œuvre et les ponts thermiques ne sont pas résolus.

Les fenêtres sont remplacées par des châssis et des vitrages performants, valeur U des châssis de 1,6 W/m².K et du vitrage de 1,1 W/m².K

Le niveau d'isolation des allèges de fenêtres est également amélioré. Pour limiter la surface vitrée, il est proposé de travailler d'une part sur la suppression des allèges vitrées et d'autre part sur la largeur des baies.

Pertes par ventilation et infiltration

Le système de ventilation reste le système type C d'origine avec des grilles dans les fenêtres et extraction dans les pièces humides.

Surchauffe en période estivale

Ventilation naturelle de nuit

Sans ventilation naturelle de nuit, aucune configuration existante ou de mise à niveau énergétique ne permet d'apporter le confort en été. Pour que la ventilation intensive fonctionne correctement, il faut encourager les habitants à ouvrir préventivement les fenêtres, c'est-à-dire, ne pas attendre que la surchauffe se soit installée pour ouvrir les fenêtres.

Protections solaires

Des stores extérieurs correctement gérés permettent d'atteindre les objectifs de confort quelque soit le degré d'ouverture de la façade.

Cela s'explique aisément puisqu'un store extérieur arrête 80 % du rayonnement solaire. Le confort dépendra fortement de la bonne gestion des stores :

Automatique

L'installation et la gestion sont coûteuses et relativement fragiles ;

Manuelle

La gestion réclame une certaine discipline et une bonne compréhension des habitants : souvent descendu trop tard, le store ne sert plus à rien.

Le vitrage sélectif

Le vitrage sélectif est une alternative intéressante (bien que moins efficace que le store) puisqu'il permet d'atteindre le degré de confort souhaité à condition que la surface vitrée de la façade soit revue à la baisse.

Le vitrage sélectif diminue néanmoins les apports solaires en hiver de sorte que les besoins de chaleur augmentent.

Bilan

La performance légale est atteinte assez facilement en changeant les châssis par des châssis et des vitrages performants et en supprimant les allèges vitrées qui sont remplacées par des menuiseries garnies de panneaux isolants ou du béton cellulaire enduit U = 0,5 W/m².K

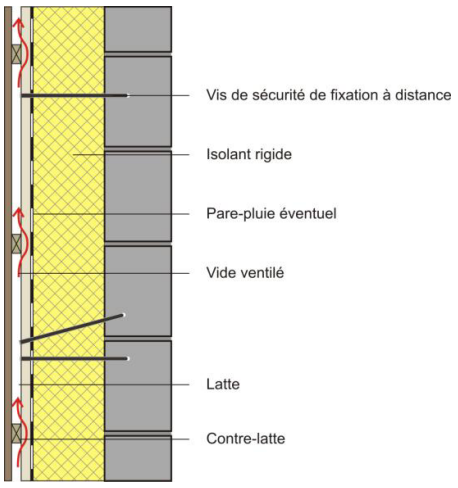
MISE À NIVEAU PEB 2010 À 90 KWH/M².AN	
Surface de déperdition de l'enveloppe m²	267
Volume Protégé m³	219
K (PEB 2010)	43
Besoin de chauffe kWh/m².an par PAE	/
Besoin de chauffe kWh/m².an par PEB 2010	82
Besoin de chauffe kWh/m².an par PHPP 2007	88
Surface brute en m²	76
Surface énergétique planchers PHPP en m²	64
U toiture en W/m²K	Mitoyen
U murs de façades en W/m²K	0,5-0,25
U châssis, U vitrage en W/m²K	1,6 - 1,1
U sol en W/m²K	Mitoyen
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 3 PEB 3

1.9 Mise à jour thermique « basse énergie » (60 kWh/m².an en besoin de chauffe)

MISE À NIVEAU BASSE ÉNERGIE À 60 KWH/M².AN	
Surface de déperdition de l'enveloppe m²	267
Volume Protégé m³	219
K (PEB 2010)	32
Besoin de chauffe kWh/m².an par PAE	/
Besoin de chauffe kWh/m².an par PEB 2010	52
Besoin de chauffe kWh/m².an par PHPP 2007	58
Surface brute en m²	76
Surface énergétique planchers PHPP en m²	64
U toiture en W/m²K	Mitoyen
U murs de façades en W/m²K	0,3
U châssis, U vitrage en W/m²K	1,6 - 1,1
U sol en W/m²K	Mitoyen
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 1 PEB 1

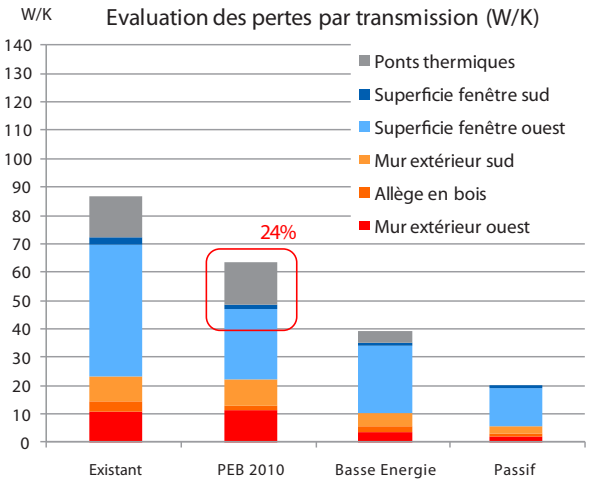
Pertes par transmission

- Les châssis sont remplacés comme dans la version PEB 2010.
- L'étanchéité à l'air avec le gros œuvre devra être soignée.
- Les parois de l'enveloppe sont correctement réisolées par l'extérieur jusqu'à une valeur U = 0,3 W/m².K soit l'application d'un isolant continu d'une épaisseur de +/-10 cm pour un λ de 0,035 W/m.K



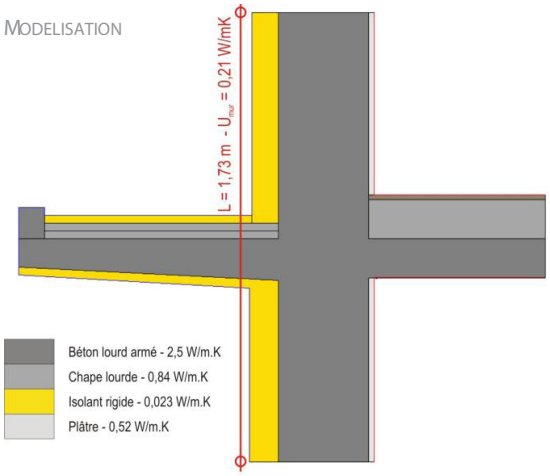
Source : Reloso

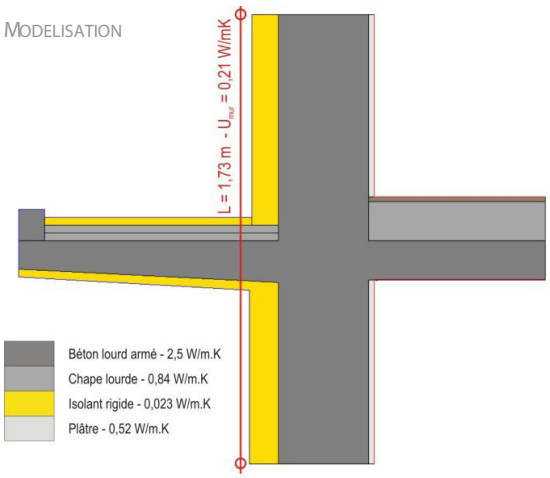
- Les pertes par ponts thermiques doivent impérativement être diminuées pour arriver à la performance « basse énergie ». Ces pertes représentaient déjà de l'ordre de 20 à 25 % des pertes par transmission de l'enveloppe dans la version PEB 2010.



Source : Reloso

- Les ponts thermiques en terrasse seront limités suivant les schémas ci-après. Il est constaté que le bénéfice d'un enrobage complet du balcon est relativement faible au vu des contraintes de mise en œuvre supplémentaires. Un bénéfice de 0,03 W/mK est réalisé (ψ e = 0,45 W/mK ou ψ e = 0,42 W/mK).

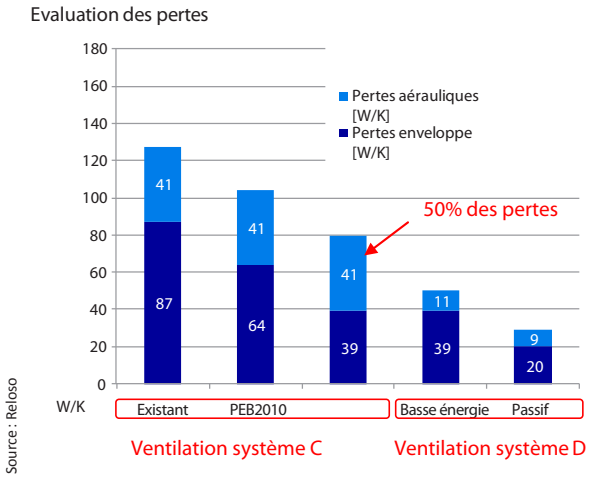




Source : Reloso

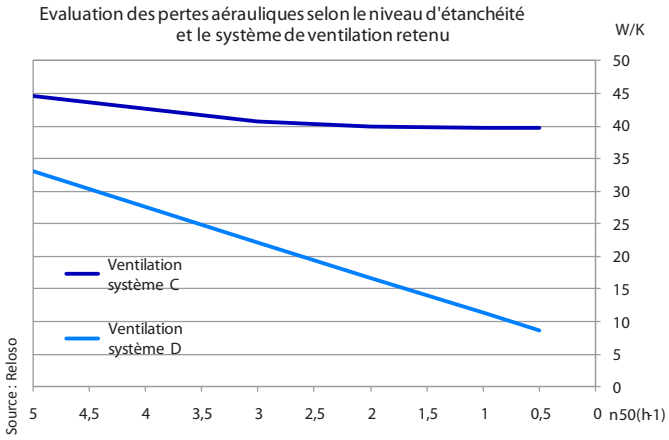
Pertes par ventilation et infiltration

Si le bâtiment ou l'appartement est réisolé par l'extérieur et que le système de ventilation existant est conservé, les pertes par ventilation représenteront 50 % des pertes globales (voir tableau ci-dessous).



Source : Reloso

Pour atteindre les 60 kWh/m² en besoin de chauffe, il faudra donc placer une ventilation double flux à récupération de chaleur (système D) et assurer une étanchéité à l'air de l'appartement de $1h^{-1}$ (voir tableau ci-dessous qui met en évidence l'importance de l'étanchéité à l'air par rapport au système retenu).



Source : Reloso

Dans la pratique

- la pulsion d'air neuf doit se faire dans le séjour et les chambres ;
- l'air repris dans le séjour est extrait par la cuisine ;
- l'air repris des chambres est extrait par le WC et la salle de bain via le hall de nuit.

Le placement du système implique dans tous les cas :

- de créer des ouvertures de transfert dans les portes intérieures ou de les détalonner, c.-à-d. de les raccourcir de 1 à 2 cm dans le bas ;
- de mettre en œuvre des soffites ou des faux plafonds dans le hall de nuit et en cuisine pour permettre le placement des gaines de ventilation.

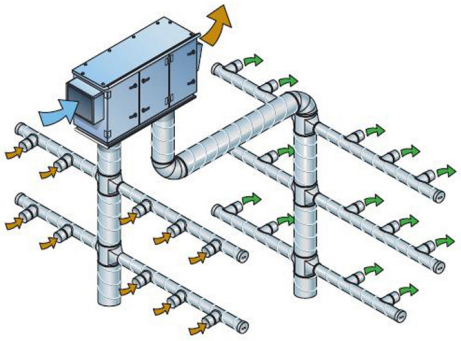
Les autres travaux dépendent du choix d'une installation centralisée ou décentralisée :

Installation centralisée

Cette option n'est possible qu'en cas de rénovation globale à l'échelle de l'immeuble, ou par groupes d'appartements superposés.

Elle nécessite :

- le placement d'un groupe de ventilation centralisé en toiture, un par ensemble d'appartements superposés.
- l'élargissement de la trémie verticale dans la cuisine avec adaptation du mobilier.
- la création d'une trémie verticale entre la salle de bain et la toilette, un placard devra être transformé en trémie.



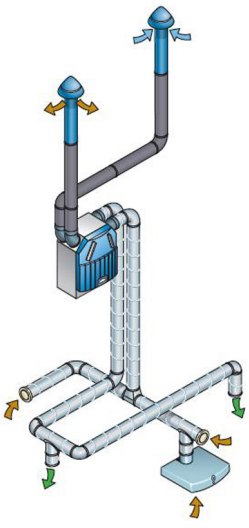
Source : Stork-air

Installation décentralisée

Permet un équipement appartement par appartement, mais nécessite l'aménagement de grilles de ventilations en façade pour chaque entité rénovée. La mise en œuvre d'un système de ventilation pour chaque appartement sera au final beaucoup plus onéreux qu'un système collectif.

Elle nécessite :

- le placement d'une unité de ventilation dans le placard entre la salle de bain et la toilette ;
- le placement d'une prise et rejet d'air directement sur la façade Sud au niveau de la salle de bains.



Source : Stork-air

Bilan

Pour atteindre la performance énergétique la mise en place d'un système de ventilation double-flux à récupération de chaleur est nécessaire (le rendement du récupérateur étant au minimum de 85 %). L'intégration des réseaux de distribution devra être faite dès le début de la conception du projet car il aura une grande incidence sur les ragréages des finitions.

En maintenance

Du point de vue de la maintenance, la centralisation des ventilateurs et éventuellement des récupérateurs de chaleur doit être privilégiée malgré une souplesse d'utilisation moindre.
La centralisation des ventilateurs est généralement beaucoup plus simple à mettre en œuvre techniquement, particulièrement en rénovation d'immeubles collectifs.
La centralisation facilite la maintenance et garantit l'entretien du récupérateur de chaleur (filtres, échangeur, etc.). Un récupérateur de chaleur mal entretenu aura un impact néfaste sur la qualité de l'air.

En performance

Du point de vue énergétique, des unités de ventilation décentralisées doivent être privilégiées. Outre le gain thermique, le gain électrique (jusqu'à 70 %) est très important d'une part à cause d'une diminution des débits et d'autre part à cause d'une meilleure efficacité énergétique des unités de ventilation. Cependant un contrat d'entretien adapté ou l'implication des habitants est indispensable pour garantir la propreté des filtres et de l'échangeur et donc le bon fonctionnement de l'installation.
Une bonne sensibilisation des occupants à la problématique de la qualité de l'air est nécessaire. A défaut les grilles de ventilation risquent d'être obstruées par les locataires pour diverses raisons : croyance que les insectes peuvent rentrer par les bouches, que la pulsion refroidit l'appartement, etc.

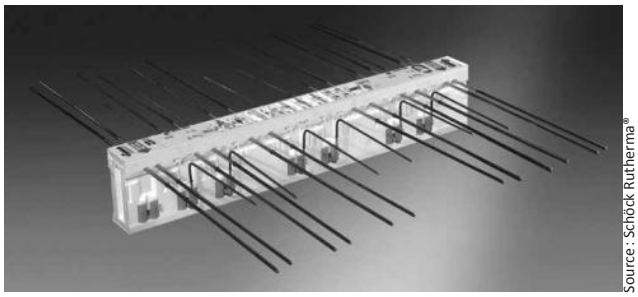
1.10 Mise à jour thermique au standard passif (15 kWh/m².an en besoin de chauffe)

MISE À NIVEAU PASSIF À 15 KWH/M².AN	
Surface de déperdition de l'enveloppe m²	267
Volume Protégé m³	219
K (PEB 2010)	/
Besoin de chauffe kWh/m².an par PAE	/
Besoin de chauffe kWh/m².an par PEB 2010	/
Besoin de chauffe kWh/m².an par PHPP 2007	14,5
Surface brute en m²	76
Surface énergétique planchers PHPP en m²	64
U toiture en W/m²K	Mitoyen
U murs de façades en W/m²K	0,15
U châssis, U vitrage en W/m²K	0,7 - 0,6
U sol en W/m²K	Mitoyen
Test d'infiltrométrie n50	PHPP 1 PEB 1

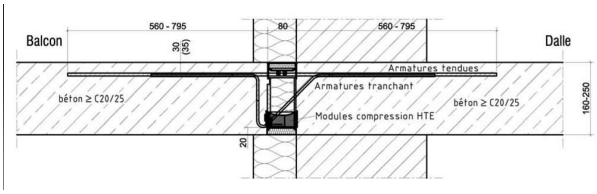
Pertes par transmission

- Les châssis sont remplacés par des châssis triple vitrages. La valeur U des châssis sera de 0,7 W/m².K et celle du vitrage de 0,6 W/m².K
- L'étanchéité à l'air avec le gros-œuvre devra être particulièrement soignée, elle doit atteindre 0,6h^{-1}.
- Les parois de l'enveloppe seront post-isolées par l'extérieur jusqu'à une valeur U = 0,15 W/m².K soit l'application d'un isolant continu d'une épaisseur de +/-20 cm pour un λ de 0,035 W/m.K
- Aucun pont thermique ne peut normalement subsister.

Pour atteindre le standard passif, il est nécessaire soit de désolidariser le balcon de la façade (cas idéal), soit de l'ancrer dans la structure portante à l'aide d'un dispositif de rupture de pont thermique. Ces solutions sont cependant difficilement envisageables en rénovation à un coût raisonnable. Désolidariser le balcon de la façade permet de supprimer le pont thermique contrairement à un dispositif d'ancrage qui ne permet que de limiter celui-ci.
Un dispositif de coupure thermique (voir illustration) permet d'atteindre une valeur ψ qui varie entre 0,1 et 0,30 W/m.K selon le type de dispositif utilisé, la position de l'isolant dans le mur et selon le pouvoir isolant de la façade. Plus le mur est isolé, plus l'influence du pont thermique sera grande.



Source : Schöck Rutherma®



Pertes par ventilation et infiltration

Les appareils de ventilation sont identiques à la mise à niveau basse énergie, l'étanchéité à l'air sera portée à 0,6h^{-1}. La mise au standard passif permettrait de supprimer les radiateurs existants et de distribuer le peu de chaleur d'appoint encore nécessaire à travers le système de ventilation, qu'il soit centralisé ou décentralisé.

Dans la pratique, la régulation de la distribution de la chaleur par l'air de ventilation est assez difficile puisqu'il faut pouvoir tenir compte des apports solaires et des charges internes différentes dans chaque pièce. Le réseau de radiateurs existants restera en place, mais pourra être alimenté par de l'eau à très basse température (50° C, voire moins) et ne servira réellement que quelques dizaines de jours par an.

Bilan

Dans ce cas, le standard passif est très difficile, voire impossible à atteindre à un coût raisonnable. Le système constructif de l'immeuble en est principalement responsable. On pourra cependant atteindre des performances « très basse énergie » situées entre 20 et 30 kWh/m^2.an en besoin de chauffe.

Wallonie

MAISON CRUYT

LIEU : Bousval

TYPOLOGIE : Ferme, architecture vernaculaire

DATE DE CONSTRUCTION : 1403

DATE DE RENOVATION : 2007-2009

SURFACE CHAUFFEE : 543 m²

BESOIN DE CHAUFFAGE : 32 kWh/m².an (PHPP)

MAÎTRE D'OUVRAGE : Sébastien Cruyt

ARCHITECTE : Synergy International
Sébastien Cruyt

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE [1]

Bousval présente un habitat dispersé, héritage de la division du territoire en petites seigneuries. Le paysage, qui a été creusé par la Dyle et son principal affluent, la Cala, est très vallonné et diversifié. La ferme de la Baillerie a été le siège d'une des six seigneuries du village. La première mention de celle-ci date de 1413. La ferme se dresse sur un promontoire, face au château de Bousval.

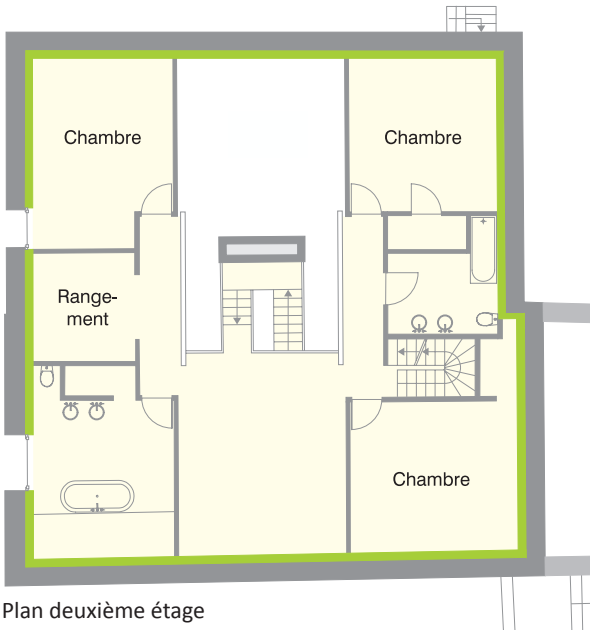
En 2006, la ferme est mise en vente. Le site est en partie classé. Il nécessite de lourdes interventions d'entretien et de rénovation. Cinq personnes décident de s'associer pour acheter l'ensemble et s'y installer en copropriété. Pour des raisons d'ordre sanitaire et technique, certains bâtiments sont difficilement compatibles avec un usage agricole contemporain. Tout en maintenant une exploitation agricole dans les parties les plus propices, les acheteurs demandent de déroger à l'affectation de zone agricole pour implanter cinq logements unifamiliaux dans les autres bâtiments.

Le projet d'agriculture mis en place consiste en un élevage de chèvres et une fromagerie artisanale. L'exploitation se veut entièrement écologique et tente de respecter au maximum les équilibres naturels en produisant sur place les éléments nécessaires à l'alimentation des chèvres. Les logements tendent également vers ce principe en étant tous conçus pour être basse énergie.

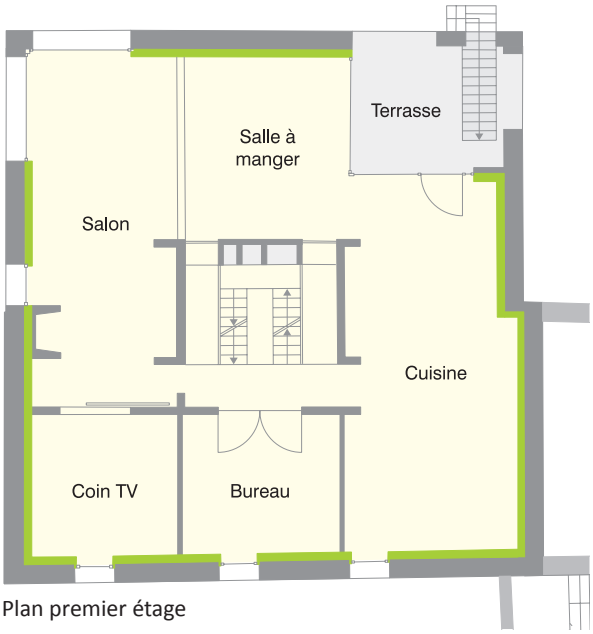
Le bâtiment étudié ici (bâtiment A) est l'habitation d'un des copropriétaires, Sébastien Cruyt, et de sa famille. Sébastien Cruyt est ingénieur architecte chez Synergy International, un bureau travaillant dans l'esprit du développement durable depuis des années.

1 Les maisons vernaculaires sont reprise comme typologie 4 au chapitre 4 analyse du bâti pp. 173-175

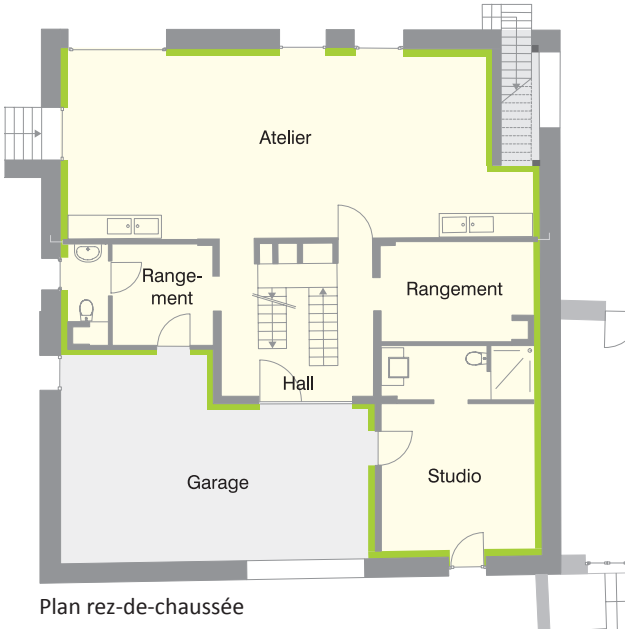
Bâtiment A avant rénovation.



Plan deuxième étage



Plan premier étage



Plan rez-de-chaussée

1.2 PROGRAMME

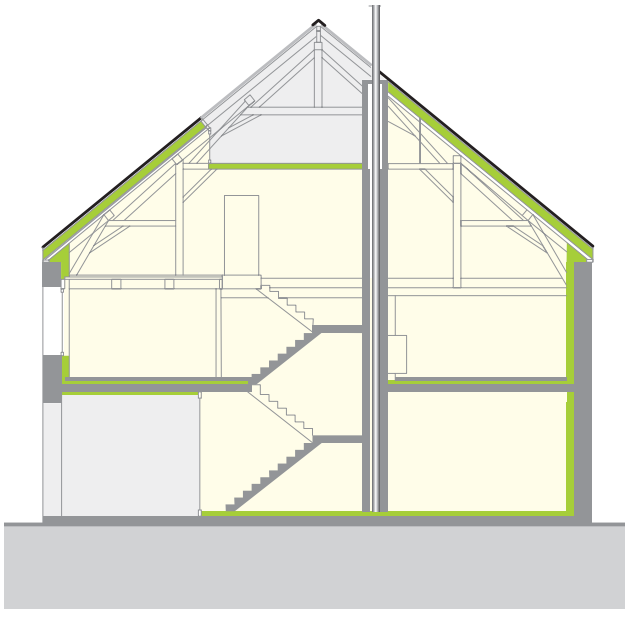
L'habitation unifamiliale est prévue pour Sébastien Cruyt, son épouse et leurs deux enfants. L'espace de vie se trouve au premier étage et la zone de nuit au deuxième étage.
Le rez-de-chaussée est occupé par un espace d'atelier, un studio pour accueillir une fille au pair et un garage couvert.

1.3 RESUME DE LA RENOVATION

- Rénovation de la toiture
- Isolation de l'enveloppe par l'intérieur
- Agrandissement et création de nouvelles baies + châssis double vitrage
- Ventilation double flux + échangeur de chaleur
- Poêle à bois
- Serre en toiture
- Panneaux solaires thermiques
- Panneaux solaires photovoltaïques
- Matériaux écologiques
- Récupération des eaux de pluie

1.4 ARCHITECTURE

Le projet respecte le site existant et profite du paysage qui l'entoure. Les volumes extérieurs des bâtiments ne sont pas modifiés afin de respecter la typologie de la cour qui donne son caractère au site.
Les interventions au niveau des baies donnant sur la cour restent sobres et suivent les proportions et le style des baies existantes. Les ouvertures vers la nature alentour sont plus franches. Il s'agit de grands vitrages d'une seule pièce dont le châssis est placé fortement en retrait de façon à exprimer des ouvertures brutes et sobres. Une terrasse est creusée dans le volume du premier étage, créant un lien supplémentaire avec l'extérieur.


Coupe transversale

De l'intérieur, ces baies offrent de larges vues vers le paysage et un apport de lumière important. La serre située en toiture offre deux bandeaux de lumière naturelle au coeur de la maison.
La charpente et les poutres en bois existantes sont préservées et mises en valeur par l'architecture. Les nouvelles interventions tranchent avec le côté rustique de l'existant : chape de béton lissé au premier étage, mobilier industriel pour la cuisine, escalier central en béton avec garde-corps en métal, murs blancs, finitions nettes et sobres.
Le faux-plafond et les garde-corps opaques du deuxième étage sont détachés et décalés au niveau du plan par rapport aux autres éléments constructifs. À certains endroits, la charpente est également désolidarisée des parois pleines. Ces écartements créent des espaces vides intéressants qui accentuent la relation entre les espaces, créent un jeu d'ombre et de lumière et donnent de la légèreté à l'ensemble.
À l'exception des chambres à coucher et des salles de bain, les espaces sont très ouverts. Le noyau central composé de l'escalier et d'une gaine technique crée à la fois une limite et un lien entre les différents espaces.

Rénovation de la toiture.

1er et 2e étage - mise en place du nouveau plancher et des caissons où la cellulose sera insuflée.

Noyau central vu du rez-de-chaussée.

Terrasse au 1er étage, nouveau plancher au 2e.

Cellulose insufflée derrière les panneaux OSB.

Volume salle de bain au 2e étage.

2. CONSTRUCTION ET TECHNIQUES

2.1 STRUCTURE

Tous les éléments structurels existants ont été conservés les murs extérieurs, le plancher à voussettes du premier étage et la structure métallique qui le soutient, ainsi que l'imposante charpente en bois portant la toiture.
La charpente a été renforcée à certains endroits où le bois avait été fortement attaqué. Plusieurs chevrons ont dû être remplacés et la structure de support de la couverture a entièrement été refaite.
De nouveaux murs en maçonnerie ont été construits autour du noyau central. Les planchers du deuxième étage et de la serre ont été créés à l'aide de nouvelles structures en bois. Des améliorations acoustiques ont été apportées à tous les planchers par une couche de 5 cm de sable tassé.

2.2 ENVELOPPE

Composition des parois et valeurs U (existant - neuf)

Toiture

Tuiles terre cuite	3 cm
Lame d'air + lattage	6 cm
Panneaux fibres de bois bitumé	2 cm
Isolation flocage cellulose (+ structure bois)	31 cm
Panneaux isolation fibres de bois	3,5 cm
Panneaux fibres de bois bitumé	4 cm
U = 0,14 W/m²K	49 cm

Mur extérieur type

Briques terre cuite	50 cm
Isolation flocage cellulose (+ structure bois)	20 cm
Panneaux OSB	1,8 cm
Panneaux isolation fibres de bois	5 cm
Plaques fibro-plâtre	1,5 cm
U = 0,21 W/m²K	78,3 cm

Plancher entre 1er étage et garage non à l'abri du gel

Chape béton - finition résine	10 cm
Panneaux isolation mousse de polyuréthane	8 cm
Béton	3 cm
Briques voussettes (entre poutrelles acier)	10 cm
Panneaux isolation mousse de polyuréthane	10 cm
Plaque fibro-plâtre	1,5 cm
U = 0,12 W/m²K	42,5 cm

Plancher serre

Plancher	1,5 cm
Panneaux OSB	1,5 cm
Sable	4 cm
Plaques sapin	6 cm
Panneaux isolation mousse de polyuréthane (+ structure bois)	8 cm
Plaques fibro-plâtre	1,5 cm
U = 0,38 W/m²K	21 cm

Fenêtres

Toutes les fenêtres percées dans les murs extérieurs de la maison sont en bois mérantis. Les nouvelles fenêtres en toiture, à l'exception de la verrière de la serre, sont des Vélux bois - polyuréthane.

Les coefficients de transmission thermique U sont identiques pour les deux types de fenêtres :

- Châssis : U = 1,5 W/m²K
- Double vitrage : U = 1,1 W/m²K
- Valeur moyenne fenêtre : 1,4 W/m²K

Caissons isolants mis en place autour des poutres métalliques.

Traitement des ponts thermiques

Tout a été mis en oeuvre pour isoler l'enveloppe de façon poussée et continue. Quelques ponts thermiques subsistent au niveau des appuis dans les murs extérieurs des poutres métalliques existantes soutenant le plancher du premier étage. L'isolation du plancher entre l'atelier et l'espace de vie du premier étage permet d'atténuer l'effet de ces ponts thermiques sur la zone chauffée.

Une attention particulière a également été apportée à l'isolation de la terrasse creusée dans le volume du bâtiment.

Injections de mousse isolante dans les joints entre les châssis et les murs.

Etanchéité à l'air

Différentes mesures ont été prises pour rendre le bâtiment étanche à l'air. Les panneaux de fibres de bois bitumés placés du côté intérieur permettent de garantir l'étanchéité à l'air de la toiture. Au niveau des murs, les panneaux OSB agissent de la même façon. Les joints entre panneaux ont été rendus étanches grâce à des rubans adhésifs étanches. Les trous créés pour l'insufflation de la cellulose ont également été recouverts de patchs adhésifs étanches.

Les fenêtres originellement mises en oeuvre dans les batées des murs épais de la maison ont été remplacées par de nouveaux châssis placés en retrait, à la jonction des anciens murs et des caissons remplis de cellulose formant l'isolation par l'intérieur. Les joints de raccord ont été étanchéisés à l'aide d'injections de mousse isolante.

Les fenêtres de toiture ont été placées vers l'extérieur. L'encadrement des fenêtres a été pourvu d'un freine-vapeur étanche à l'air à diffusion variable selon le taux d'humidité. Des bandes adhésives assurent la continuité de l'étanchéité entre les différents composants.

Le test blower door n'a pas encore été réalisé mais le résultat estimé via le logiciel PHPP est de 2 h^{-1}. L'architecte estime qu'il y a encore des améliorations à faire à ce niveau-là.

Bandes adhésives étanches sur les joints des panneaux OSB et sur les trous d'insuflation.

Freine-vapeur et raccords étanches au niveau des encadrements des fenêtres de toiture

Bandes adhésives étanches sur les joints des panneaux OSB - couche de sable sur le plancher pour isolation acoustique.

Poêle à bois installé dans la trémie centrale.

Bouches d'arrivée d'air chauffé par le poêle à l'arrière de la trémie centrale.

Poêle à bois dans le séjour.

Serre en toiture pour capter la chaleur en hiver et rafraîchir la maison en été par tirage thermique. La serre est séparée de l'ambiance intérieure par du double vitrage.

Stratégie d'hiver

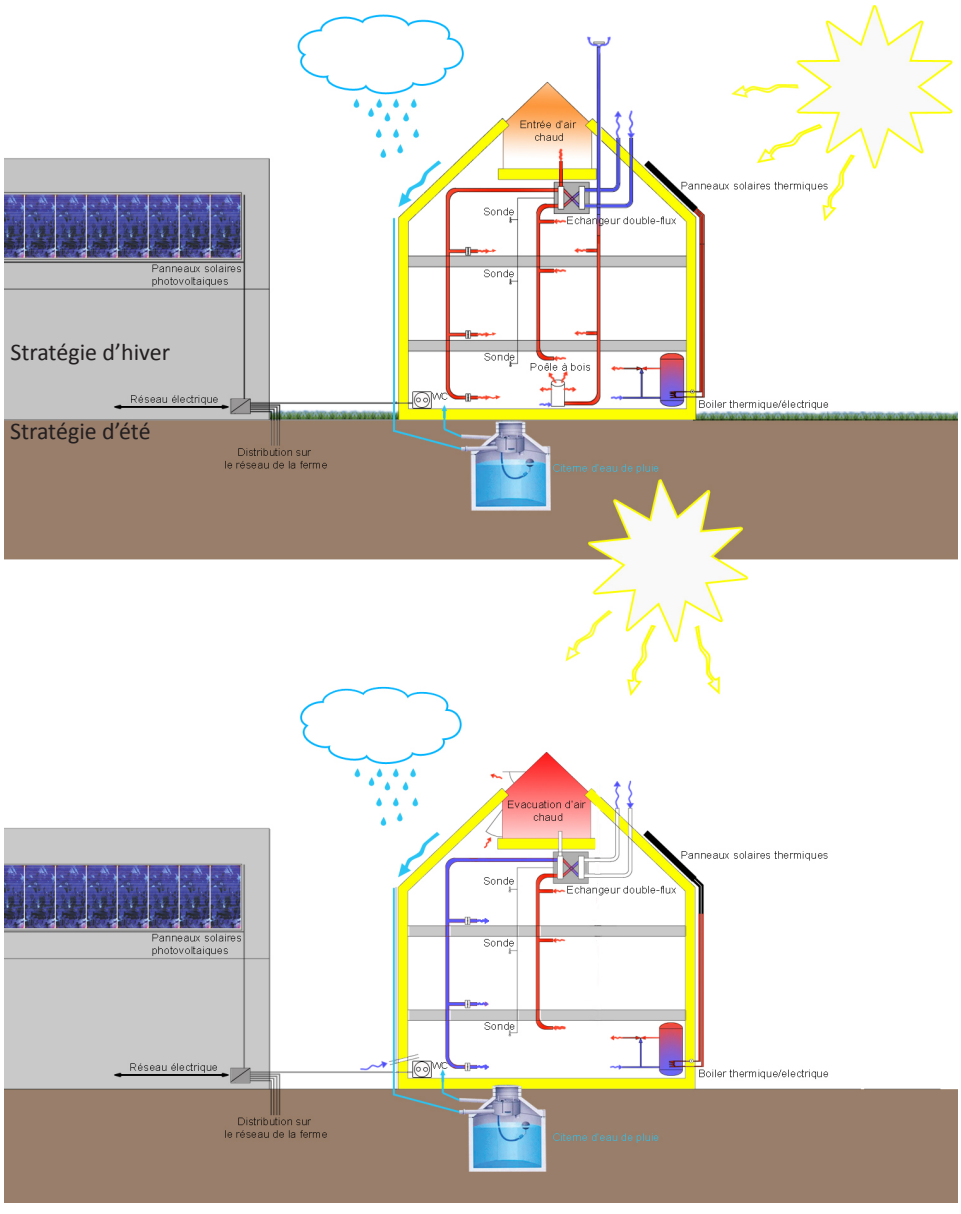
L'air de ventilation entrant est préchauffé dans un échangeur grâce à l'air sortant et à l'air chaud accumulé dans la serre. Pour les périodes plus froides, un poêle à bois situé au centre de la maison permet d'apporter l'appoint de chaleur nécessaire. L'air intérieur est chauffé en passant dans un conduit à l'arrière du poêle et est pulsé dans les pièces connexes au noyau central. La maçonnerie constituant la cheminée stocke également de la chaleur grâce à son inertie.

Stratégie d'été

L'inertie des murs extérieurs massifs n'est plus accessible du fait de l'isolation par l'intérieur. Cependant, divers éléments lourds, comme le noyau central en bloc de terre cuite ou les dalles du rez-de-chaussée et du premier étage en béton, apportent une certaine inertie au bâtiment.

Les baies ne sont pas munies de protections solaires mais la position du châssis en retrait par rapport aux façades crée déjà un masque. De plus, les grandes baies sont orientées Nord-Nord-Est et Est-Sud-Est et ne reçoivent donc pas de rayonnement solaire trop important. Un film de protection extérieur est prévu sur les fenêtres de toiture.

En période de surchauffe, la serre peut être ouverte, soit en permanence, soit uniquement la nuit, afin de réaliser une ventilation intensive. Si la serre est fermée en journée, le tirage thermique est renforcé par la différence de température entre la serre et le reste du bâtiment. L'évacuation de chaleur en soirée se fait alors plus rapidement.



2.4 ENERGIE

Ventilation

L'air capté à l'extérieur passe dans un échangeur à plaques avant d'être pulsé dans le bâtiment. En hiver, l'air neuf est préchauffé par l'air extrait et par l'air chaud capté dans la serre. Une batterie de chauffe située à la sortie de l'échangeur permet d'apporter un appoint de chaleur si nécessaire. En été l'air neuf est refroidi par l'air extrait. Pendant la nuit, la serre est ouverte afin de créer une ventilation intensive et la ventilation mécanique contrôlée (VMC) est coupée.
Le rendement thermique de l'échangeur installé est de 91 %. Le débit d'air pulsé est de 410 m³/h à vitesse 7. Une régulation peut être programmée (8 vitesses) de façon hebdomadaire et/ou selon des sondes vérifiant le taux de CO_2 et les conditions hygrométriques intérieures.

Echangeur et caisson de répartition du système de ventilation hygiénique.

Chauffage

Le bâtiment étant fortement isolé, l'air hygiénique réchauffé apporté pour la ventilation suffit pratiquement à maintenir une température confortable dans le bâtiment.
Pour les périodes plus froides, un poêle à bois a été installé au rez-de-chaussée, au centre de l'habitation. Il permet de chauffer le bâtiment par rayonnement mais aussi par convection en pulsant l'air chauffé dans les pièces connexes à la trémie. Un poêle à bois est également prévu dans le séjour pour chauffer l'espace de vie et y apporter une ambiance chaleureuse.

Panneaux solaires thermiques en toiture.

Eau chaude sanitaire

7 m² de capteurs solaires thermiques plans ont été installés sur le pan de toiture orienté Est-Sud-Est. L'eau chaude sanitaire est chauffée et stockée dans un chauffe-eau solaire de 500 litres avec résistance électrique d'appoint. La température de l'eau via l'appoint est plafonnée à 60°C mais elle peut monter jusqu'à 85°C dans le bas du ballon et 90°C dans le haut via les panneaux solaires.

Chauffe-eau solaire - 500 l.

Electricité

42 m² de panneaux photovoltaïques ont été placés sur la toiture, orientée Sud, de la ferme voisine (bâtiment E). L'électricité produite est principalement utilisée par la ferme. L'habitation étudiée ici profite aussi de cette production d'électricité ; l'excédent est renvoyé sur le réseau.

2.5 COÛTS DES TRAVAUX

Le montant total des travaux de rénovation s'élève à 257 028 €, hors tva et architecte et hors peinture et ferronnerie, soit 439,60 € par m² en considérant une surface de 586 m² répartie comme tel : 372 m² de surface habitable, 83 m² de surface d'atelier, 40 m² de surface de garage et 91 m² de surface de serre et grenier.
Le prix est relativement bas car l'architecte s'est occupé lui-même d'une partie des travaux. D'autre part les surfaces non habitables (atelier, garage, serre et grenier) présentent un niveau de finition moins poussé.

3. ENVIRONNEMENT

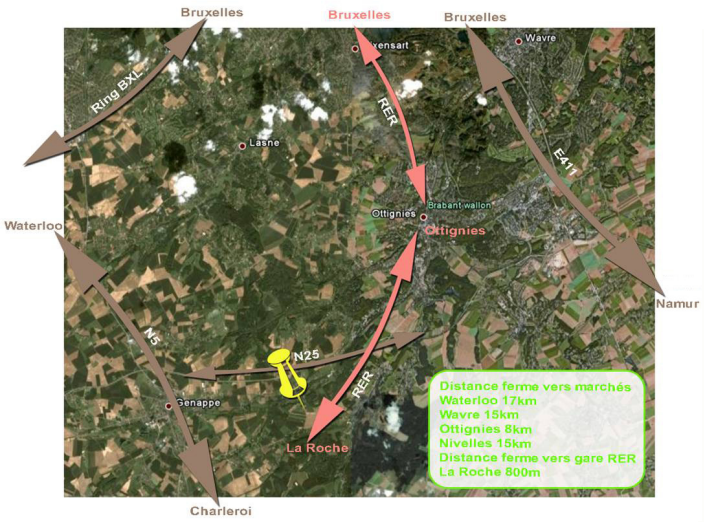
3.1 EAU

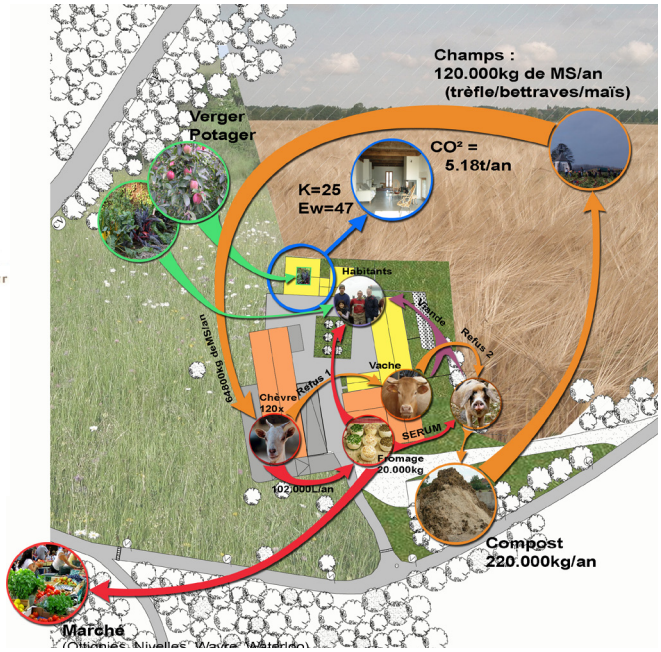
Une citerne d'eau de pluie en béton a été mise en place dans le jardin. L'eau récupérée est destinée à un usage extérieur uniquement.

CIterne d'eau de pluie.

3.2 MATERIAUX ET PROCEDES CONSTRUCTIFS

L'architecte a été assez attentif au choix des matériaux utilisés. Tous les éléments en bois sont labellisés FSC. La plupart des isolants sont écologiques : de la cellulose insufflée et des panneaux de fibres de bois ont été utilisés pour les murs et la toiture.





Seuls les planchers ont été isolés à l'aide de produits provenant de l'industrie de la pétrochimie. Cependant, l'utilisation d'une couche de sable pour l'isolation acoustique de ceux-ci est totalement neutre au niveau de l'impact environnemental.

L'utilisation du béton pour les chapes et l'escalier et des briques de terre-cuite pour le noyau central est moins intéressante au niveau écologique mais ces matériaux permettent d'apporter la masse nécessaire pour donner une certaine inertie au bâtiment. Les blocs de terre cuite auraient pu être remplacés par des blocs de béton lourds. Ceux-ci ont moins d'impact sur l'environnement (énergie grise et émissions de CO_2) et offrent une plus grande inertie.

La mise en place d'une résine époxy en finition de la chape béton peut également être remise en question vu que celle-ci empêche le recyclage du béton en fin de vie du bâtiment. Les fenêtres de toiture bois-polyuréthane auraient pu être remplacées par des modèles en bois.

Malgré ces quelques améliorations qui auraient pu être intégrées, ce projet a un impact nettement moindre sur l'environnement que si seuls des matériaux plus « traditionnels » avaient été mis en oeuvre.

3.3 MOBILITE

Bien que la ferme de la Baillerie soit entourée de nature, il existe plusieurs possibilités de transports en commun à proximité. Une ligne de bus relie Nivelles à Ottignies en passant par Bousval. À 800 m de la ferme, se trouve également la gare de la Roche du futur RER.

La situation de l'habitat rend tout de même l'usage de la voiture pratiquement indispensable.

La proximité des axes permettant de rejoindre les grandes villes est un avantage pour la distribution dans différents marchés des produits agricoles de la ferme.

3.4 BIODIVERSITE

Ce projet ne dénature pas le site mais le respecte et le met en valeur. La même démarche est opérée envers le paysage naturel.

Les occupants du bâtiment étudié ici ont prévu de faire un potager dans leur jardin.

De façon plus globale, tous les copropriétaires sont attentifs au développement durable et tentent de préserver les équilibres naturels.

Aussi, la coopérative agricole mise en place produit-elle sur place les aliments destinés aux chèvres. Les terres sont cultivées en mettant en oeuvre des procédés consommant peu d'énergie et les sols sont fertilisés de manière organique et raisonnée.

Tous ces choix permettent de préserver, voire de favoriser la biodiversité dans les environs.

4. VECU

4.1 CONFORT THERMIQUE

Les habitants ayant emménagé en avril 2009, toutes les conditions climatiques n'ont pas encore été vécues dans la maison. Jusque-là, les occupants semblent satisfaits du confort intérieur.

En été, les températures intérieures n'ont pas dépassé les 25°C. L'inertie du noyau central a donc joué son rôle. La ventilation naturelle verticale centrale fonctionne très bien. Les différences de pressions entre la serre et l'entrée sont importantes et s'accentuent davantage grâce à la différence de température entre la serre et le reste du bâtiment, favorisant un tirage thermique efficace.

Par temps plus froid, le bâtiment reste, sans allumer le poêle, au-dessus des 18-19°C tant que la température extérieure est supérieure à 3-4°C. Lorsque la température

descend en dessous des 0° pendant la nuit, la température intérieure le matin suivant, sans allumer le poêle, est de 15-16°C. Le poêle apporte sans problème l'appoint de chaleur si nécessaire.
La serre permet réellement de récupérer de la chaleur mais offre surtout une ambiance lumineuse de grande qualité à la maison.
De même, les grands volumes intérieurs et les larges baies conçues comme des cadrages sur le paysage participent grandement à la qualité du confort intérieur.

4.2 UTILISATION

Aucun système de mécanisation complexe n'a été mis en place dans ce projet. Les fenêtres doivent être ouvertes et fermées manuellement et la ventilation double flux doit être réglée en fonction. La gestion du poêle et de la serre nécessite également des manipulations simples.
Ces paramètres exigent certaines connaissances des occupants au niveau de la gestion thermique du bâtiment. L'architecte étant très intéressé par ces concepts, cela ne pose pas de problème. Au contraire, il voit là l'occasion de faire participer toute la famille et de développer de nouveaux réflexes durables chez chacun.

4.3 GESTION ET MAINTENANCE

Le bâtiment ne dispose pas de technologies très sophistiquées. A priori, la maintenance devrait donc s'avérer également assez légère. Seul le système de ventilation demande un contrôle et un entretien régulier.

4.4 CONSOMMATIONS

Les occupants n'ayant emménagé que depuis avril 2009, ils ne disposent pas encore de chiffres représentatifs au niveau des consommations. Cependant, à l'aide du logiciel PHPP, certaines estimations ont pu être faites.
- Volume chauffé : 1 732 m³
- Surface de déperditions : 840 m²
- Compacité : 2,1
- Surface de plancher chauffée : 543 m²

BESOINS SELON PHPP	kWh/m²an	kWh/an
Chauffage	32	17 376
Energie primaire	51	27 693

5. CONCLUSIONS

Ce projet est le fruit d'un architecte passionné et expérimenté dans le domaine de l'architecture durable. Cette rénovation nous montre qu'il n'est pas nécessaire de mettre en place des systèmes techniques très poussés pour faire des économies d'énergie.

Une conception judicieuse est la base de la réussite d'un projet. Sébastien Cruyt a imaginé des concepts porteurs : la serre en toiture, le noyau central qui apporte de l'inertie et distribue la chaleur, ... Le résultat est intéressant, tant au niveau énergétique qu'au niveau architectural.

L'architecte n'a pas eu peur d'aller à l'encontre de certains principes souvent mis en avant par l'architecture passive. Il a notamment pris le parti de créer de grands espaces reliés entre eux. Ces grands volumes sont plus difficiles à gérer au niveau thermique mais, pour le moment, les occupants sont tout à fait satisfaits du confort intérieur et la qualité des espaces et des ambiances générées est irréfutable.[2]

2 Source information projet : Sébastien Cruyt, Synergy International.

Auteurs photos : Sébastien Cruyt, Aline Branders.

MAISON DE NYS

LIEU : Schaerbeek

TYPOLOGIE : Maison urbaine mitoyenne

DATE DE CONSTRUCTION : 1888

DATE DE RENOVATION : 2008 - 2009

SURFACE CHAUFFEE : 239 m²

BESOIN DE CHAUFFAGE : 32 kWh/m².an (PHPP)

MAÎTRE D'OUVRAGE : Ann De Nys
et Stéphane Filleul

BUREAU D'ETUDES : EcoRce

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE [1]

En 2007, Ann De Nys et Stéphane Filleul achètent une maison mitoyenne bourgeoise typique à Bruxelles. Le bâtiment n'étant pas en très bon état, ils décident de le rénover.

Dès le début, leur objectif principal est d'isoler convenablement la maison, tout en utilisant en priorité des matériaux écologiques.

Après avoir déjà réfléchi aux principales interventions à réaliser, Ann de Nys et Stéphane Filleul découvrent l'existence d'une prime pour les rénovations basse énergie à Bruxelles.

Ils font appel à un bureau d'études afin d'évaluer si leur projet arrive jusqu'au standard basse énergie fixé pour obtenir cette prime. Le besoin de chauffage est estimé à l'aide du logiciel PHPP à 45 kWh/m².an, soit déjà largement en dessous des 60 kWh/m².an fixés pour obtenir la prime.

Suite à cela, les maîtres de l'ouvrage tentent encore de diminuer au maximum le besoin de chauffage et arrivent finalement à 32 kWh/m².an.

En plus de cette prime basse énergie, ils sont également récompensés par Bruxelles Environnement dans le cadre du concours des bâtiments exemplaires à Bruxelles.

Le grand intérêt de ce projet relève du fait que la typologie du bâtiment d'origine est très répandue dans les villes belges et que la plupart des travaux peuvent donc être facilement adaptés à d'autres maisons.

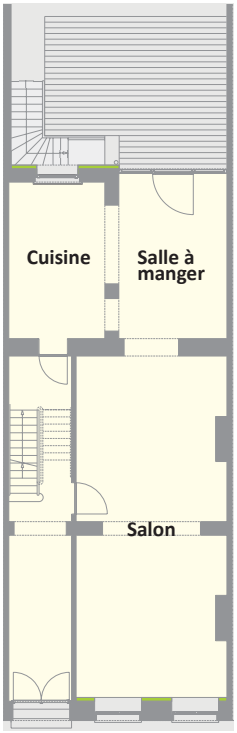
1 Les maisons urbaines mitoyennes et semi-mitoyennes sont reprise comme typologie 2 au chapitre 4 analyse du bâti pp. 173-175

Situation : Schaerbeek.

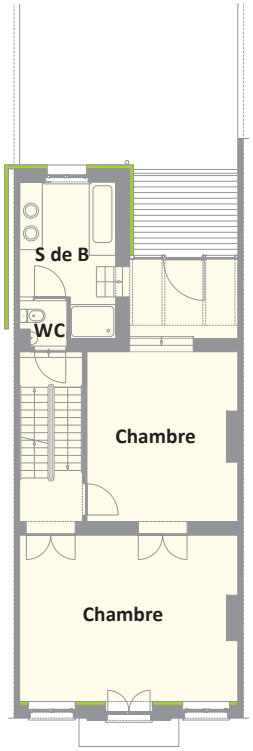
Façade avant et arrière avant rénovation.

1.2 PROGRAMME

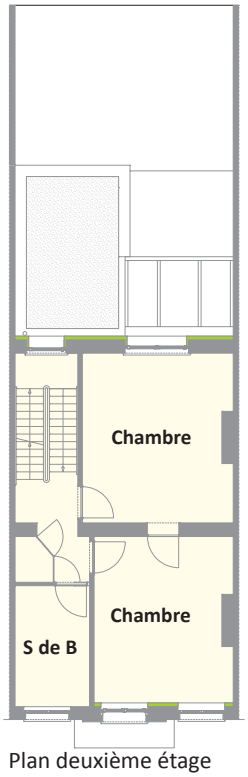
Actuellement, la maison est habitée par Ann De Nys, Stéphane Filleul et leur enfant. Elle peut encore accueillir plusieurs occupants puisqu'elle dispose de six chambres. D'autre part, les maîtres d'ouvrage envisagent la possibilité de diviser le bâtiment en deux habitations unifamiliales. À cet effet, des sanitaires supplémentaires ont été prévus.



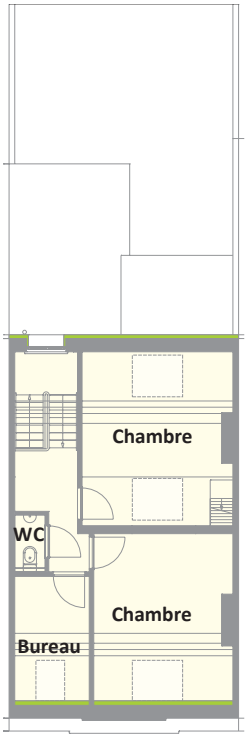
Plan rez-de-chaussée



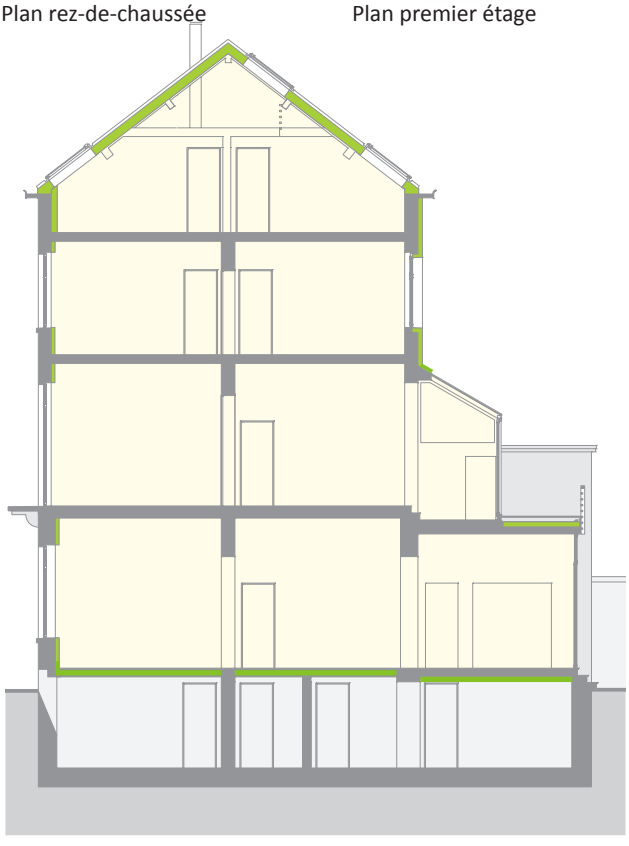
Plan premier étage



Plan deuxième étage



Plan troisième étage



Coupe transversale

0 1 2 3 4 5m

1.3 RESUME DE LA RENOVATION

- Isolation des toitures
- Isolation ponctuelle de la façade à rue par l'intérieur
- Isolation de la façade arrière par l'extérieur
- Isolation du plafond de la cave
- Remplacement des châssis par du double et du triple vitrage
- Ventilation double flux + échangeur de chaleur
- Chaudière gaz à condensation + radiateurs
- Panneaux solaires thermiques
- Matériaux écologiques
- Récupération des eaux de pluie
- Toiture verte

Wallonie

1.4 ARCHITECTURE

Les travaux ciblent principalement la performance énergétique du bâtiment. Les maîtres de l'ouvrage n'ont pas fait appel à un architecte.
Le caractère et les qualités de l'architecture existante sont préservés. Deux petits blocs sanitaires construits à postériori à l'arrière ont été démolis, redonnant au bâtiment sa volumétrie initiale. Les baies n'ont pas été modifiées.
À l'intérieur, de nombreux éléments existants, comme les planchers en bois, le carrelage, l'escalier, les portes, les moulures, etc. , ont été conservés et mis en valeur.
La cuisine et les salles de bain ont entièrement été refaites.

Séjour, cuisine et salle de bain rénovés.

Toiture à versants : pose de la sous-toiture et du freine-vapeur. La cellulose doit encore être insufflée.

Toiture plate : pose du freine-vapeur et de l'isolation.

2. CONSTRUCTION ET TECHNIQUES

2.1 STRUCTURE

Aucune intervention n'a été réalisée au niveau de la structure du bâtiment.

2.2 ENVELOPPE

Composition des parois et valeurs U (existant - neuf)

Toiture à versants

Tuiles terre cuite	2 cm
Lame d'air + lattage	4 cm
Panneaux fibres de bois avec paraffine	2,2 cm
Isolation flocage cellulose (+ structure bois)	18 cm
Freine-vapeur intelligent	0,1 cm
Plaques fibro-plâtre	1,3 cm
U = 0,24 W/m²K	27,6 cm

Les chevrons existants ont une hauteur de 8,5 cm. Des planches y ont été fixées afin d'augmenter la hauteur des caissons et de pouvoir y insuffler une quantité plus importante d'isolant.

Toitures plates

Toiture terrasse / toiture verte	
Etanchéité thermoplastique	1 cm
Planches de bois	2,2 cm
Isolation matelas fibres de bois (+ structure bois)	15 cm
Freine-vapeur intelligent	0,1 cm
Planches bois	2 cm
Enduit plâtre	2 cm
U = 0,31 W/m²K	22 cm

Façades

La maison se trouvant sur une zone d'intérêt culturel, historique ou esthétique, la façade à rue ne peut pas être isolée par l'extérieur.

Les maîtres de l'ouvrage souhaitant préserver les moulures des plafonds, ils ont décidé d'isoler seulement certaines parties de la façade avant.

La façade arrière va être isolée dans son entièreté par l'extérieur.

(Voir schémas ci-contre : façade avant et arrière).

Façade avant : parties non isolées (rez / étages)

Briques terre cuite	49 / 32 cm
Enduit plâtre	2 cm
U = 1,50 / 2,00 W/m²K	51 / 34 cm

Façade avant : parties isolées

Briques terre cuite	49 / 32 cm
Panneaux isolation fibres de bois	8 cm
Plaques plâtre	1 cm
U = 0,39 / 0,42 W/m²K	58 / 41 cm

Façade arrière et murs mitoyens en relation avec l'air extérieur

Crépi	2 cm
Panneaux isolation polystyrène expansé	10 cm
Briques terre cuite	33 cm
Enduit plâtre	2 cm
U = 0,33 W/m²K	47 cm

Plancher rez-de-chaussée sur cave - gîtage

Plancher bois	2 cm
Isolation flocage cellulose (+ structure bois)	18 cm
Planches bois	2 cm
Enduit plâtre	1 cm
U = 0,24 W/m²K	23 cm

Plancher rez-de-chaussée sur cave - voussettes

Carrelage	1,5 cm
Chape	6 cm
Briques voussettes (entre poutrelles acier)	15 cm
Isolation flocage cellulose (+ structure bois)	18 cm
Panneaux fibres de bois ac paraffine	2,2 cm
U = 0,18 W/m²K	42,7 cm

Fenêtres

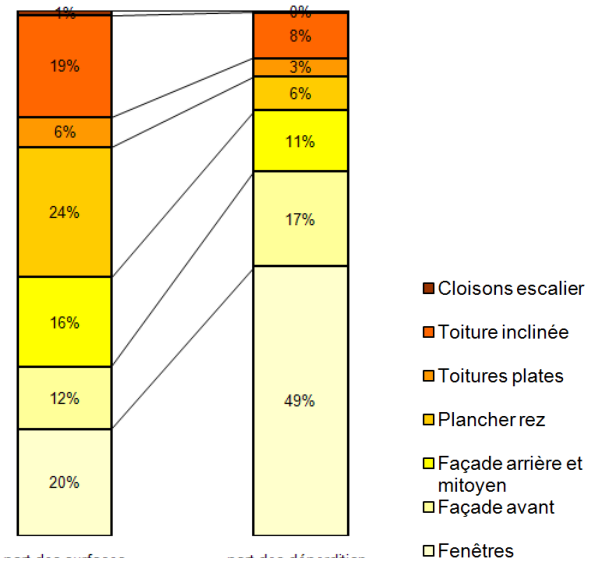
Les fenêtres de la façade avant ont été refaites à l'identique. Les châssis sont en chêne local avec triple vitrage. Le coefficient de transmission thermique moyen des fenêtres est de 1,36 W/m²K.

- Châssis : U = 1,6 W/m²K
- Triple vitrage : U = 0,8 W/m²K

Le facteur solaire « g » du vitrage est de 0,49, ce qui permet de limiter les gains solaires et d'éviter les surchauffes.
La porte-fenêtre de la salle à manger est constituée d'un châssis aluminium (U = 2,6 W/m²K) avec double vitrage (U = 1,1 W/m²K).
Les fenêtres de toitures sont en pin avec du double vitrage (U châssis = 1,6 W/m²K, U vitrage = 1,1 W/m²K).
Le placement de châssis plus performants permet de diminuer fortement les déperditions thermiques. Toutefois, on constate que les fenêtres restent la cause de près de 50 % des pertes de chaleur de la maison.
Avec des châssis encore plus performants (U = 1,1 au lieu de 1,6 W/m²K), les déperditions auraient pu être davantage diminuées et le besoin de chauffage en aurait été réduit. Cependant, les maîtres de l'ouvrage ont trouvé le prix de ces châssis excessif.

Châssis en chêne avec triple vitrage.

Isolation et finition des allèges de la façade à rue.



Surfaces et déperditions estimées après rénovation.

Remplissage des caissons à volets par de l'isolant.

Bandes d'étanchéité autour des châssis. Raccord à l'isolant intérieur ou au plafonnage.

Etanchéité à l'air des baies et de la toiture.

Traitement des ponts thermiques

Différentes actions ont été entreprises pour éviter les ponts thermiques :

- Démolition des cheminées,
- Remplacement des seuils de fenêtre en pierre par des plaques minces en aluminium,
- Remplissage des caissons à volets et des trous de boulins par de l'isolant,
- Placement d'un isolant afin de créer une coupure thermique entre le plancher de la salle à manger et le seuil donnant accès à la terrasse,
- Rénovation de la porte d'entrée avec joint d'étanchéité,
- Retour de l'isolation extérieure de la façade arrière sur les joues des baies jusqu'au châssis,
- Raccordement de l'isolation extérieure de la façade arrière à l'isolation des toitures,
- Isolation des raccords entre la véranda et le toit plat et entre la véranda et la façade arrière.

Ces interventions permettent d'apporter des améliorations à divers points faibles de l'isolation de l'enveloppe.
Au niveau de la façade avant, l'isolation n'est pas du tout continue puisque seules des petites parties de celle-ci ont été isolées par l'intérieur. Cependant, l'absence d'isolation n'étant pas ciblée sur des points précis, il ne devrait pas y avoir de problèmes de condensation importants.

Etanchéité à l'air

Différentes mesures ont été prises pour améliorer l'étanchéité à l'air du bâtiment.
Un freine-vapeur intelligent a été placé du côté intérieur de chaque toiture. La façade arrière et les parties isolées de la façade avant sont recouvertes du côté intérieur d'un enduit en plâtre garantissant l'étanchéité à l'air des murs. L'étanchéité au niveau des fenêtres a été soignée. Un joint étanche a été ajouté au niveau de la porte d'entrée.
Pour l'étude PHPP, la valeur standard d'étanchéité à l'air de 7,8 h^{-1} a été encodée. Cependant, grâce aux précautions mises en place, l'étanchéité à l'air réelle du bâtiment devrait être inférieure.

2.3 STRATEGIES THERMIQUES

Stratégie d'hiver

L'air de ventilation entrant est préchauffé dans un échangeur grâce à l'air sortant.
Les besoins de chaleur résiduels sont fournis par une chaudière gaz à condensation. Des radiateurs surdimensionnés fonctionnant à basse température permettent de distribuer la chaleur produite.
Un poêle à bois apporte un petit complément de chaleur dans le séjour.

Stratégie d'été

La maison offre une inertie assez importante grâce aux différents murs en briques qui la composent. Seule une

partie de ces murs n'est plus accessible de par l'isolation par l'intérieur.
Les baies les plus grandes sont situées dans la façade arrière. Celle-ci étant orientée Nord Nord-Ouest, le risque de surchauffe est limité. La façade avant est orientée Sud Sud-Est et reçoit donc davantage de rayonnement solaire. Les bâtiments de l'autre côté de la rue créent toutefois un masque solaire, au moins pour les fenêtres du rez-de-chaussée. Des films protecteurs ont été placés sur toutes les fenêtres de toiture.
En cas de surchauffe, une ventilation intensive transversale peut être réalisée la nuit en ouvrant les fenêtres de part et d'autre de la maison.

2.4 ENERGIE

Ventilation

Un appareil de ventilation mécanique contrôlée (VMC) double flux a été installé. L'air neuf est pulsé dans les séjours et les chambres et l'air vicié est extrait dans les sanitaires, les cuisines et le grenier. L'air frais et sec venant de l'extérieur est réchauffé en croisant l'air extrait humide et chaud dans un échangeur.
Les tuyaux ont tous été placés dans trois cheminées existantes. Les canalisations d'arrivée d'air frais et les extractions ont été isolées avec de la vermiculite. Les tuyaux situés dans la cheminée côté rue passent le long du poêle à bois du salon. L'air récupère ainsi une partie de la chaleur avant d'être pulsé dans les chambres. Les bouches de pulsion située sur cette cheminée sont orientées vers les parties non isolées de la façade à rue.
Le débit moyen d'air pulsé est de 225 m³/h pour l'ensemble de la maison qui a un volume de 795 m³.
En été, un by-pass permet de ne plus utiliser l'échangeur de chaleur et de pulser directement l'air frais.

Chauffage

Une nouvelle chaudière gaz à condensation, d'une puissance calorifique nominale allant de 3,5 à 17,2 kW, a été installée. Les anciens radiateurs ont été préservés et deux nouveaux radiateurs ont été ajoutés dans la cuisine et dans la salle de bain.
La chaudière peut fonctionner à basse température vu que les anciens radiateurs sont surdimensionnés par rapport aux besoins de chauffage après rénovation.
La régulation du système est réalisée à l'aide d'un thermostat, d'une sonde de température extérieure et des vannes thermostatiques présentes sur les radiateurs. Cette optimalisation des températures garantit un confort optimal tout en réduisant les pertes, celles-ci étant moins importantes à plus faible température.
Un poêle à bois d'agrément a aussi été installé dans le séjour.

Tuyaux de ventilation dans les cheminées.

Poêle à bois dans le séjour.

Arrivée d'air hygiénique (bouche de pulsion à placer).

Chaudière et ballon d'eau chaude sanitaire.

Panneaux solaires thermiques.

Eau chaude sanitaire

5,4 m² de panneaux solaires thermiques ont été placés en toiture. Un ballon de 300 litres a été installé. Dans le bas du ballon, un serpentin transmet la chaleur captée par les ballons solaires. Dans le haut du ballon, un serpentin venant de la chaudière fournit un appoint de chaleur si la température de consigne n'est pas atteinte.
En été, lorsque la chaudière est éteinte, une résistance électrique prend en charge cet appoint de chaleur.

Electricité

La surface du pan de toiture orienté au Sud étant assez faible, les maîtres de l'ouvrage n'ont pas voulu placer de panneaux photovoltaïques. Par contre, ils ont choisi un fournisseur d'électricité 100 % verte.

2.5 COÛTS DES TRAVAUX

Le montant total des travaux de rénovation, hors tva et bureau d'étude, s'élève à 145 200 €. La maison disposant d'une surface de 239 m², cela revient environ à 608 €/m².
Les maîtres de l'ouvrage ayant réalisé eux-mêmes beaucoup de travaux, les coûts ont pu être nettement réduits.
De plus, le prix final sera encore diminué grâce à la prime rénovation basse énergie de Bruxelles Environnement et à la récompense attribuée par le même organisme dans le cadre du concours des bâtiments exemplaires à Bruxelles.

3. ENVIRONNEMENT

3.1 EAU

Une citerne de 8000 litres était déjà présente lorsque les maîtres de l'ouvrage ont acheté la maison. Tout l'intérieur de celle-ci était enduit de goudron. Les propriétaires sont en train d'enlever cette couche et souhaitent ensuite recimenter la citerne.
Cette citerne permet de récupérer les eaux de toutes les toitures. Celles-ci sont filtrées et utilisées pour les toilettes et le lave-linge. Un robinet est également prévu dans la cuisine et dans chaque salle de bain afin de pouvoir également utiliser l'eau récupérée pour le nettoyage des sols.

3.2 MATERIAUX ET PROCEDES CONSTRUCTIFS

Les maîtres de l'ouvrage ont été assez attentifs au choix des matériaux utilisés. La plupart des matériaux mis en oeuvre sont d'origine naturelle, renouvelables, sains et/ou avec un faible écobilan : cellulose, matériaux dérivés du bois avec colles (et imperméabilisant) écologiques, châssis en bois, linoléum, peintures naturelles, ...

3.3 MOBILITE

La maison est située à Schaerbeek, près du centre de Bruxelles. De nombreux commerces et services existent à proximité immédiate et le quartier est desservi par plusieurs transports en commun (tram et bus).
Les propriétaires se déplacent essentiellement en vélo et en transports en commun. Des crochets vont être prévus dans le hall d'entrée afin de pouvoir ranger facilement les vélos à l'abri. La famille dispose d'une voiture mais pense peut-être s'en séparer un jour et utiliser à la place un système de voitures partagées.

3.4 BIODIVERSITE

Une toiture verte extensive va être réalisée sur la toiture plate de la salle de bain à l'arrière de la maison. Dans leur jardin, Ann De Nys et Stéphane Filleul souhaitent planter uniquement des espèces locales. Ils pensent également créer un potager et un compost.

4. VECU

4.1 CONFORT THERMIQUE

Les occupants ne peuvent pas encore juger des qualités thermiques de leur maison rénovée avec un recul suffisant. D'après les calculs effectués à l'aide du logiciel PHPP, on constate toutefois que les besoins de chauffage seront faibles et qu'il ne devrait pas y avoir de surchauffe.

4.2 GESTION ET MAINTENANCE

Le bâtiment ne disposant pas de technologies très sophistiquées, la maintenance devrait s'avérer légère. Les filtres du système de ventilation doivent être nettoyés régulièrement et les occupants doivent faire basculer le système en mode by-pass en été.

4.3 CONSOMMATIONS

Les consommations de la maison après rénovation ne sont pas encore connues.
À l'aide du logiciel PHPP, certaines estimations ont pu être réalisées.

- Volume chauffé : 795 m³
- Surface de déperditions : 373 m²
- Compacité : 2,13
- Surface de plancher chauffée : 239,2 m²

BESOINS SELON PHPP	kWh/m²an	kWh/an
Chauffage	32	7654
Energie primaire	71	16983

5. CONCLUSIONS

Ce type de maison est très répandu dans de nombreuses villes belges. Les façades sont souvent classées, ce qui réduit les possibilités au niveau des travaux de rénovation. De nombreux ponts thermiques existent : au niveau des seuils de fenêtres, des linteaux, des caissons à volets, des balcons, etc. Les baies sont parfois cintrées et les châssis plus difficiles à reproduire à l'identique. Le réseau de tuyaux de ventilation est parfois difficile à intégrer au bâtiment existant.

Il est intéressant de constater que, malgré ces divers points critiques auxquels il n'est pas toujours possible d'apporter une solution juste, la performance énergétique de ce type de maison peut être très fortement améliorée (besoin de chauffe divisé par 3 ou 4).

Par ailleurs, ces maisons urbaines présentent aussi de nombreux atouts : mitoyenneté, compacité, situation propice à une mobilité douce, etc. Si à ces qualités, on ajoute un faible besoin d'énergie, on arrive à un projet globalement durable.

Il est également important de respecter le caractère esthétique de ces maisons qui donne une identité à l'architecture de nos villes. Diminuer le besoin de chauffage de ce patrimoine construit tout en conservant son cachet est un grand défi. Ce projet montre qu'il est réalisable.

Façade avant : les châssis du premier étage doivent encore être remplacés par des nouveaux châssis triple vitrage. Cela n'a pas été fait dans un premier temps puisque ces châssis disposaient déjà d'un double vitrage, contrairement aux autres qui n'étaient qu'en simple vitrage.

Façade arrière : Les blocs sanitaires annexés ont été démolis. Les châssis ont été remplacés. L'isolation extérieure doit encore être réalisée.

ECO'HOM

LIEU : Liège

TYPOLOGIE : Maison de maître divisée

DATE DE CONSTRUCTION : 1905

DATE DE RENOVATION : 2005 - 2009

SURFACE CHAUFFEE : 297 m²

BESOIN DE CHAUFFAGE : 40 - 60 kwh/m².an (voir consommations)

MAÎTRE D'OUVRAGE : Asbl Eco'Hom

ARCHITECTE : Yves Piron, Asbl Eco'Hom

BUREAU D'ETUDES : écoRce

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE [1]

En 2005, Bernadette Leemans (éco-conseillère) et Yves Piron (architecte) décident de créer une asbl, baptisée Eco'Hom, afin de promouvoir l'éco-rénovation du patrimoine urbain ainsi que la mobilité douce. En parallèle, ils se lancent dans la rénovation d'un grand immeuble situé dans le quartier Saint-Léonard, à Liège, dans le but d'en faire leur bâtiment pilote, un lieu didactique de sensibilisation aux techniques de rénovation durable.

Le quartier Saint-Léonard est intégré dans un projet de rénovation urbaine depuis déjà plus de dix ans. Au début de cette année 2009, il a également été choisi par la Ville de Liège pour participer au projet européen SUN (Sustainable Urban Neighbourhoods) qui vise à améliorer la qualité de vie et la durabilité de 5 quartiers, situés dans le réseau de villes de l'Eurégio Meuse-Rhin. La Ville de Liège et l'asbl Eco'Hom sont les partenaires privilégiés de ce projet pour le quartier Saint-Léonard.

Le bâtiment rénové par l'asbl Eco'Hom consiste en une maison bourgeoise datant du début du XX^{e} siècle. Avant la rénovation, celle-ci était occupée par deux logements. La partie située au-dessus du porche et l'annexe semblent avoir été construite par après. La façade à rue est classée; les techniques utilisées au niveau de l'isolation du bâtiment sont choisies en conséquence.

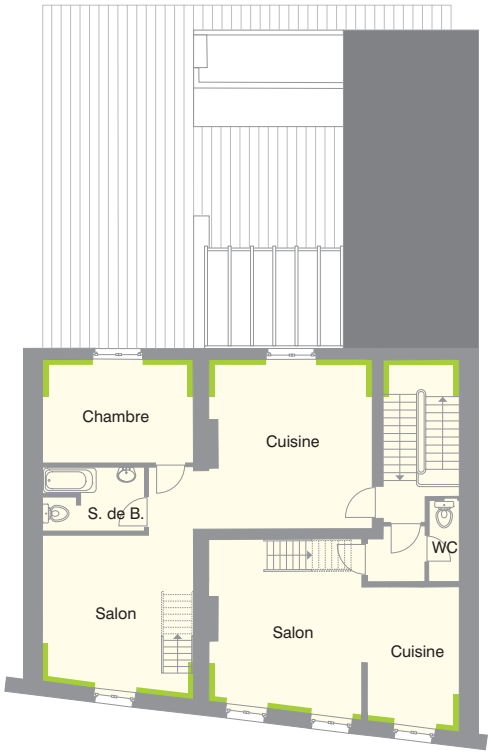
Le bâtiment pilote de l'asbl Eco'Hom s'inscrit dans le projet de rénovation urbaine du quartier Saint-Léonard à Liège.

Façade avant et annexe avant rénovation.

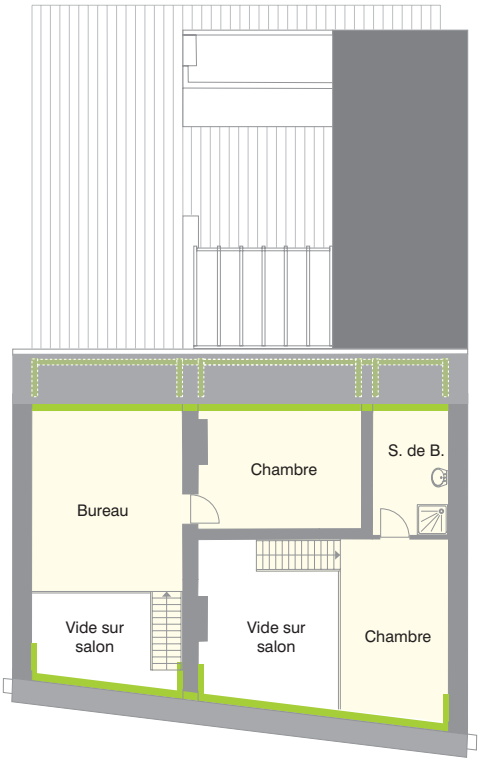
1 Les maisons existantes divisées en appartements sont reprise comme typologie 7 au chapitre 4 analyse du bâti pp. 173-175

1.2 PROGRAMME

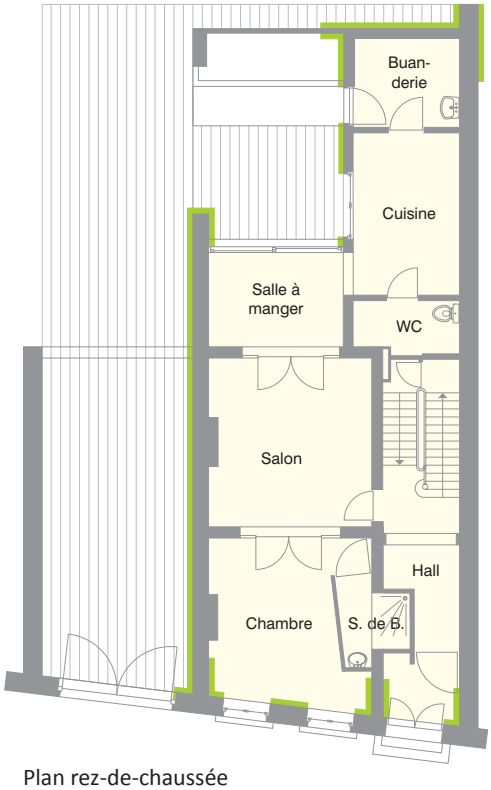
Le bâtiment compte aujourd'hui quatre logements et le bureau de l'association Eco'Hom. Situés dans un quartier d'une grande diversité culturelle et sociale, les propriétaires ont souhaité également proposer des logements favorisant la mixité. L'appartement au rez-de-chaussée est entièrement aménagé pour des personnes à mobilité réduite. A l'entresol, l'asbl Eco'Hom a installé ses bureaux. Au premier étage, se trouve un logement pour étudiants. Le deuxième étage et ses mezzanines sont occupés par un studio et un appartement deux chambres.



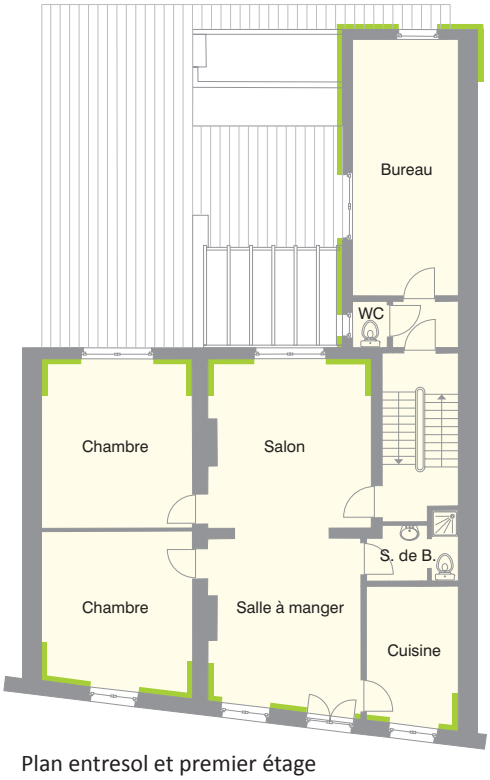
Plan deuxième étage



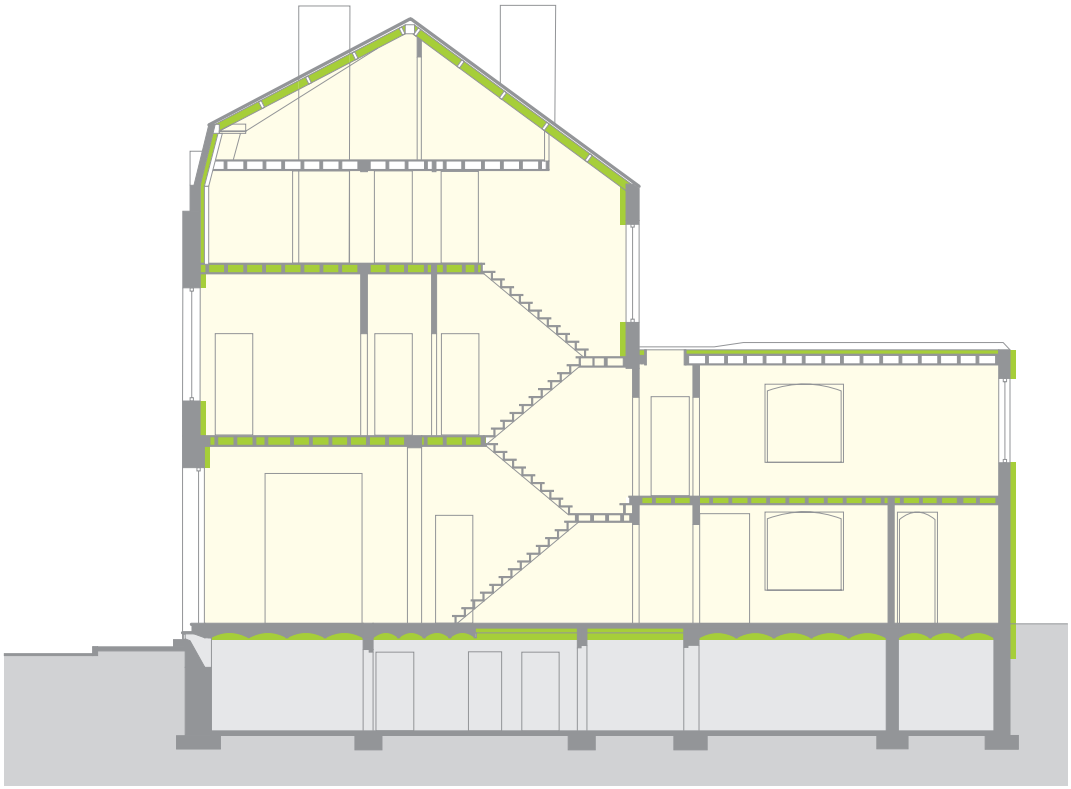
Plan mezzanine



Plan rez-de-chaussée



Plan entresol et premier étage



Coupe transversale

1.3 RESUME DE LA RENOVATION

- Rénovation de la toiture
- Isolation des façades du bâtiment principal par l'intérieur
- Isolation des façades de l'annexe par l'extérieur + bardage bois
- Isolation des planchers
- Remplacement des châssis par des châssis double vitrage
- Ventilation double-flux + échangeur de chaleur
- Chaudière gaz à condensation + radiateurs
- Panneaux solaires thermiques
- Matériaux écologiques
- Récupération des eaux de pluie

1.4 ARCHITECTURE

L'objectif de l'architecte était de ne pas dénaturer la qualité architecturale du bâtiment. Le défi est réussi puisque le projet respecte l'existant autant que possible. Le bâtiment principal a été rénové pratiquement à l'identique. Davantage de libertés ont été prises au niveau de la rénovation de l'annexe.

Les baies du bâtiment principal ont été maintenues. Seuls quelques fenêtres de toiture ont été ajoutées. Les baies de l'annexe ont subi quelques modifications.

Le système d'isolation a été choisi en fonction de chaque situation : par l'intérieur pour le bâtiment principal et par l'extérieur pour l'annexe. Toutes ces mesures ont permis de préserver l'esthétique du bâtiment ancien .

Façade avant après rénovation.

Façade arrière et annexe après rénovation.

Mezzanine en structure bois.

Toiture du bâtiment principal : étanchéité à l'extérieur et freine-vapeur à l'intérieur.

Isolation par l'intérieur du bâtiment principal - façade arrière.

2. CONSTRUCTION ET TECHNIQUES

2.1 STRUCTURE

Aucune intervention majeure n'a été réalisée au niveau de la structure du bâtiment.
Seules quelques baies ont été percées dans le mur de refend central.
Le plancher du grenier a été démoli et reconstruit plus bas de façon à créer des mezzanines dans l'espace sous toiture.
La structure de la toiture a été maintenue. Des planches ont été fixées aux chevrons de manière à les allonger et à pouvoir placer une épaisseur suffisante d'isolant.

2.2 ENVELOPPE

Composition des parois et valeurs U (existant - neuf)

BÂTIMENT PRINCIPAL

Toiture à versants

Tuiles terre cuite	3 cm
Lame d'air + lattage	4 cm
Panneaux fibres de bois bitumé	2,2 cm
Isolation flocage cellulose (+ structure bois)	23 cm
Freine-vapeur intelligent	0,1 cm
Lame d'air ventilée	2 cm
Plaque fibro-plâtre	1 cm
Enduit plâtre	0,3 cm
U = 0,17 W/m²K	35,6 cm

Façade avant

Briques terre cuite	6 cm
Lame d'air non ventilée	4 cm
Briques terre cuite	29 cm
Plâtre	2 cm
Isolation matelas cellulose (+ structure métal)	10 cm
Freine-vapeur intelligent (façade arrière)	0,1 cm
Plaque fibro-plâtre	1,2 cm
Enduit plâtre	0,3 cm
U = 0,29 W/m²K	52,6 cm

Façade arrière

Briques terre cuite	39 cm
Plâtre	2 cm
Isolation matelas cellulose (+ structure métal)	10 cm
Freine-vapeur intelligent (façade arrière)	0,1 cm
Plaque fibro-plâtre	1 cm
Enduit plâtre	0,3 cm
U = 0,31 W/m²K	52,3 cm

En ce qui concerne les façades,les pont thermiques au niveau des structures métalliques placées entre les isolants n'ont pas été pris en compte dans le calcul du U de la paroi. Ces éléments induisent une augmentation des déperditions de l'ordre de 50%. Une autre solution aurait donc été plus judicieuse, par exemple une structure bois.

Plancher rez (sur cave)

Plancher en bois	2 cm
Isolation flocage cellulose (+ structure bois)	12 cm
Briques voussettes (entre poutrelles acier)	16 cm
U = 0,32 W/m²K	30 cm

ANNEXE

Toiture plate

Roofing	2 cm
Panneau de bois	2,5 cm
Lame d'air ventilée (+ structure bois)	30 cm
Laine de roche	16 cm
Plaque fibro-plâtre	1 cm
Enduit plâtre	0,3 cm
U = 0,20 W/m²K	35,8 cm

Façades

Bardage bois	2,8 cm
Lame d'air ventilée	2 cm
Etanchéité	0,1 cm
Isolation laine de roche (+ structure bois)	8 cm
Briques terre cuite	26 cm
Enduit argile	4 cm
U = 0,33 W/m²K	44,4 cm

Plancher rez annexe (sur cave)

Chape isolante	7 cm
Panneaux isolation mousse de polyuréthane	8 cm
Briques voussettes (entre poutrelles acier)	16 cm
U = 0,26 W/m²K	31 cm

Fenêtres

Les fenêtres ont toutes été remplacées par des châssis en bois afzélia avec double vitrage. Le coefficient de transmission thermique moyen des fenêtres est de 1,4 W/m²K.

- Châssis : U = 1,6 W/m²K
- Double vitrage : U = 1,1 W/m²K

Traitement des ponts thermiques

L'isolation par l'intérieur demande certaines interventions particulières pour éviter ou diminuer les ponts thermiques.

Les murs de refend, accrochés aux murs de façades, ont été isolés sur une longueur d'un mètre vers l'intérieur.

Les planchers ont tous été coupés à 5 cm des murs extérieurs afin d'obtenir une continuité au niveau de l'isolation de façade. De plus, pour obtenir une bonne isolation thermique et acoustique entre les espaces, les planchers entre les différents étages ont tous été isolés à l'aide de cellulose insufflée entre les structures.

Etanchéité à l'air

Différentes mesures ont été prises pour rendre le bâtiment étanche à l'air. Les freine-vapeurs à diffusion variable placés en toiture et en façade arrière permettent de garantir une bonne étanchéité à l'air tout en s'ouvrant et en se fermant au passage de la vapeur d'eau présente

Isolation par l'extérieur et étanchéité de l'annexe.

Isolation des planchers intermédiaires en cellulose.

Freine-vapeur et étanchéité à l'air.

Ventilation double flux avec échangeur de chaleur.

Bouche d'arrivée d'air.

Chaudière gaz à condensation.

Radiateurs surdimensionnés, à basse température.

dans la maison en fonction des conditions d'humidité.
Les raccords entre les lés ont été recouverts de bandes adhésives assurant la continuité du freine-vapeur. Les raccords au niveau des baies ont aussi été soignés.
Quelques lacunes subsistent au niveau de l'étanchéité à l'air du bâtiment.
Au niveau de la façade avant, aucun freine-vapeur n'a été mis en place. Cela n'était pas indispensable car le risque de condensation est très faible vu que cette façade, orientée au Nord, n'est pas battue par la pluie et est constituée de briques peu poreuses. A postériori, l'architecte regrette de ne pas y avoir également placé un freine-vapeur, vu que cela aurait nettement amélioré le niveau d'étanchéité à l'air global du bâtiment.
D'autre part, la porte d'entrée ancienne ayant été préservée, l'étanchéité à l'air est assez mauvaise à ce niveau. Un sas doit encore être créé pour remédier à ce problème. Le plancher de la cave et les parois séparant celle-ci du hall d'entrée doivent encore être isolées. L'architecte signale également que toutes les portes d'entrées des appartement sont coupe-feu, conformément à la norme, mais que ces portes ne sont pas très étanches à l'air.

2.3 STRATEGIES THERMIQUES

Stratégie d'hiver

L'architecte a estimé que 30% des besoins de chauffage peuvent être fournis par les panneaux solaires. Les 70% restants sont couverts par une chaudière gaz à condensation. Des radiateurs surdimensionnés fonctionnant à basse température permettent de distribuer cette chaleur.
L'air de ventilation entrant est préchauffé dans un échangeur grâce à l'air sortant.

Stratégie d'été

L'inertie des murs de façade est fortement diminuée du fait de l'isolation par l'intérieur de ceux-ci. Cependant, l'inertie des murs intérieurs est préservée autant que possible. En effet, les murs de maçonnerie sont simplement peints ou recouverts d'enduits naturels à la chaux ou à l'argile.
Les fenêtres de toiture disposent d'un film de protection extérieur pour éviter les surchauffes. Des pare-soleil en casquettes seront peut-être réalisées plus tard au-dessus des grandes baies situées en façade sud.

2.4 ENERGIE

Ventilation

Deux appareils de ventilation mécanique contrôlée (VMC) double flux ont été installés. L'air neuf est pulsé dans les séjours et les chambres et l'air vicié est extrait dans les salles de bain et les cuisines. L'air frais et sec venant de l'extérieur est réchauffé en croisant l'air extrait humide et chaud dans un échangeur.
Le premier appareil est destiné au rez-de-chaussée et au bureau de l'entresol ; il pulse 300 m³ d'air neuf par heure.
Le deuxième appareil permet la ventilation du premier et du deuxième étage ; le débit pour celui-ci est de 400 m³ par heure.
Le système est réglé de manière à ce que les locataires ne doivent pas intervenir dans sa gestion. La régulation de la ventilation est opérée à l'aide de sondes hygrométriques au niveau de l'air extrait, de sondes de température extérieure et d'une programmation horaire. Dès que la température extérieure dépasse les 18°C, le débit de ventilation diminue. Si l'humidité de l'air extrait est élevée, la vitesse des ventilateurs augmente. Et la programmation horaire est établie de façon à ce que le débit d'air hygiénique pulsé soit plus important aux moments où le plus d'occupants sont présents.

Chauffage

Le bâtiment étant relativement bien isolé, le besoin de chauffage n'est pas très élevé.
18 m² de capteurs solaires thermiques plans ont été installés en toiture. Un système de réservoir stratifié avec ballon échangeur permet une utilisation optimale de l'énergie solaire pour l'eau chaude et le chauffage. Le réservoir de 1 000 litres est rempli d'eau morte de chauffage. Dans un petit ballon échangeur, l'eau morte est chauffée par l'énergie captée au niveau des panneaux solaires thermiques. Quatre sorties situées à des hauteurs différentes

relient le ballon échangeur au réservoir. Des clapets d'admission assurent un maintien optimal de la stratification des températures dans le réservoir tampon.
Si la température de l'eau dans le tiers supérieur du réservoir n'est pas suffisante, la chaudière gaz à condensation se met en route pour apporter l'appoint de chaleur nécessaire.
La chaleur est distribuée dans les différentes pièces via de l'eau à basse température (40°C) et des radiateurs surdimensionnés. Chaque logement dispose d'un compteur intégrateur et d'un thermostat et les radiateurs sont munis de vannes thermostatiques pour permettre aux occupants de régler la température intérieure selon leurs besoins.

Panneaux solaires thermiques et ballons de préparation et de stockage de l'eau chaude sanitaire.

Eau chaude sanitaire

L'eau sanitaire est chauffée grâce à un serpentin ondulé en acier inoxydable situé dans le ballon de 1 000 litres et permettant le chauffage instantanné de l'eau sanitaire, évitant les pertes de chaleur et la formation de bactéries (légionnella). L'architecte a estimé que l'énergie solaire devrait permettre le chauffage de 60% de l'eau chaude sanitaire consommée dans le bâtiment, le reste étant fourni par la chaudière.

2.5 COÛTS DES TRAVAUX

Les travaux de rénovation ont représenté un coût s'élevant entre 950 et 1000 € par m² de surface habitable, hors tva et architecte.
- Surface habitable : 297 m², dont 65 m² en mezzanine.
- Surface espaces communs non chauffés : 31 m²

Les maîtres d'ouvrage ont fait beaucoup de travaux eux-même afin de limiter les coûts. Le prix reste relativement élevé du fait que la création de quatre logements implique un nombre important d'équipements (salles de bain, cuisines, compteurs, ...).

Enduit à base d'argile.

3. ENVIRONNEMENT

3.1 MATERIAUX ET PROCEDES CONSTRUCTIFS

L'architecte a été assez attentif au choix des matériaux mis en oeuvre. Pour des raisons financières, des matériaux écologiques n'ont pas pu être utilisés partout. Il a donc été décidé de privilégier les matériaux écologiques au moins à l'intérieur du bâtiment.
Les isolants utilisés dans la maison sont la cellulose et le chanvre. Ces matériaux écologiques présentent de nombreuses qualités par rapport aux matériaux traditionnels. Ils ont une plus grande capacité thermique, sont plus ouverts au passage de la vapeur d'eau et ont un impact plus faible sur la santé des occupants.
Au niveau des finitions, une grande diversité de produits ont été mis en oeuvre mais il s'agit toujours de matériaux les plus écologiques et sains possibles : enduits à base d'argile, de chaux, de chaux et de chanvre, de plâtre naturel, de coton, peintures naturelles à la chaux, ...
D'autre part, Yves Piron ne cesse d'expérimenter. Il étudie avec le centre de recherche Architecture et Climat de l'UCL différents aspects : la migration de la vapeur d'eau des parois isolées par l'intérieur, les enduits chaux-chanvre, ... Des capteurs mesurant le degré d'hygrométrie et la température ont été placés en différents points des parois.

Enduit à base de cotton.

Parking vélos.

Finitions, textures et couleurs très variées d'une pièce à l'autre.
En haut : enduit coton.
Au centre à gauche : enduit à l'argile, mur en brique peint et finition plâtre pour le retour d'isolation sur le mur de refend.
Au centre à droite : enduit à l'argile et enduit à la chaux.
En bas : peinture naturelle à la chaux.

Compteurs d'électricité pour chaque logement.

Compteurs intégrateurs pour les consommations de chauffage de chaque logement.

3.2 MOBILITE

Un parking de 24 places a été créé à l'arrière du bâtiment, cela étant obligatoire suite à la division de la maison en plusieurs appartements. Un parking vélos a aussi été créé.
La maison est assez proche du centre de Liège. Deux bus passent dans la rue et s'arrêtent juste devant la maison. L'un de ces bus permet d'aller dans le centre, à la gare TGV, ...

4. VECU

4.1 CONFORT THERMIQUE

Les occupants du bâtiment sont très satisfaits du confort thermique intérieur, tant en hiver qu'en été.
L'isolation permet de réduire notablement les besoins de chauffage tandis que les efforts opérés au niveau des baies et de l'étanchéité à l'air permettent de supprimer toute sensation de courant d'air.
L'utilisation de matériaux naturels permet d'atteindre de très bonnes conditions hygrothermiques malgré le fait que l'isolation soit appliquée par l'intérieur.
L'utilisation de la cellulose pour l'isolation de la toiture permet, en été, d'atténuer l'augmentation de la température intérieure au niveau des espaces en mezzanine.

4.2 UTILISATION

La maison étant occupée par différents locataires, il est important de les sensibiliser aux questions d'économie d'énergie pour arriver à des résultats intéressants.
Les fondateurs de l'asbl Eco'Hom ont créé un règlement d'ordre intérieur, reprenant les différents principes à respecter pour une bonne gestion et une utilisation rationnelle de l'énergie au niveau du chauffage, de la ventilation, de l'électricité, de l'eau, ... Une séance d'information a également lieu une fois par an afin d'intéresser les locataires à cette problématique.
La ventilation est réglée pour tout le bâtiment via des sondes et une programmation automatique mais, pour le chauffage, chaque logement dispose d'un thermostat que les locataires peuvent programmer comme ils le souhaitent.
Bien sûr, certains occupants sont plus attentifs que d'autres. L'architecte nous explique aussi qu'il est assez difficile de faire comprendre aux locataires qu'il vaut mieux garder les fenêtres fermées vu qu'un système de ventilation mécanique est installé. En effet, l'ouverture des fenêtres peut déséquilibrer le système.

4.3 GESTION ET MAINTENANCE

La programmation de la chaudière, en relation avec les panneaux solaire, n'a pas été optimale dès la première configuration. Le réglage de la ventilation a également nécessité quelques ajustements.

Les filtres des appareils de ventilation sont nettoyés tous les deux mois et remplacés deux fois par an.
Dans le passage commun couvert au rez-de-chaussée, différents compteurs permettent de visualiser les consommations en électricité de chaque logement.
Des compteurs intégrateurs permettent de calculer la consommation de chauffage de chaque appartement.
Il aurait pu être intéressant de faciliter l'accès à ces compteurs de manière à sensibiliser davantage l'occupant à sa consommation.

4.4 CONSOMMATIONS

La surface chauffée est de 297 m² et les plafonds étant relativement hauts, le volume chauffé est assez important. Il s'élève à 977 m².
La première année d'occupation après rénovation a demandé une consommation de chauffage de 18 297 kWh, soit 61,6 kWh par m² de surface habitable par an.
Les besoins de chauffage sont bien sûr plus importants vu qu'une partie de ceux-ci sont assurés par les panneaux solaires thermiques. Il a été estimé que ceux-ci pouvaient couvrir 30% des besoins de chauffage mais les réglages entre les panneaux solaires et la chaudière n'ont pas été optimaux dès leur mise en service et, pour le moment, les maîtres de l'ouvrage ne disposent pas encore de chiffres précis indiquant la part apportée par le solaire.
Les propriétaires prévoient que cette consommation baisse encore à l'avenir étant donné que des réglages plus fins ont été faits au niveau de la programmation du chauffage et de la ventilation.
Les espaces communs non chauffés doivent encore être isolés en certains points. Les parois séparant le hall d'entrée de la cave vont être isolées et un sas d'entrée va être créé. Ces mesures permettront de diminuer encore les déperditions et les besoins de chauffage.
D'autre part, il est important de souligner qu'environ 50% de la consommation de chauffage du bâtiment est liée à l'appartement situé au rez-de-chaussée. Celui-ci est occupé par un couple comprenant une personne à mobilité réduite. Celle-ci est très souvent présente dans l'appartement et nécessite une température intérieure supérieure à la moyenne demandée. Cela explique que les consommations soient plus élevés.
Les maîtres de l'ouvrage pensent pouvoir arriver à une consommation de chauffage d'environ 40 kWh/m².an, soit à peu près l'équivalent de 1 200 litres de mazout par an pour l'entièreté de la maison.
Ils ont estimé que le bâtiment avant rénovation devait consommer environ l'équivalent de 10 000 litres de mazout par an.
Le résultat obtenu à l'heure actuelle est donc déjà très intéressant. Les derniers travaux à effectuer combinés au suivi poussé des réglages et des consommations permettront d'aller encore plus loin.

5. CONCLUSIONS

Ce projet montre qu'il est possible de réaliser une rénovation énergétique performante, même dans un bâtiment ayant une façade classée. Bien que des améliorations puissent encore être apportées, le résultat est déjà très performants.

L'asbl Eco'Hom a fait de cette maison son bâtiment témoin. Des visites guidées sont organisées régulièrement. Cette initiative permet d'informer concrètement le public sur l'éco-rénovation.

Dans la même optique, les démarches des maîtres de l'ouvrage pour sensibiliser les locataires aux économies d'énergie sont très intéressantes. Il apparaît clairement que, dans le cas de locations, ces interventions sont essentielles pour que le bâtiment soit utilisé de façon optimale et qu'une baisse conséquente des consommations d'énergie soit obtenue.