



ANCIENNE FERME BOUSVAL

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

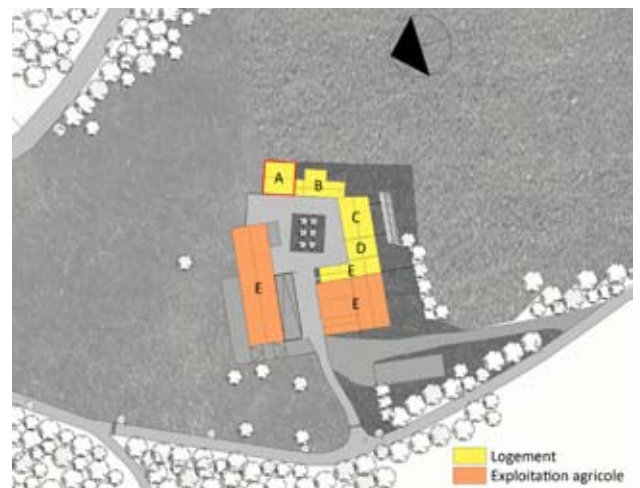
1.1 CONTEXTE

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.

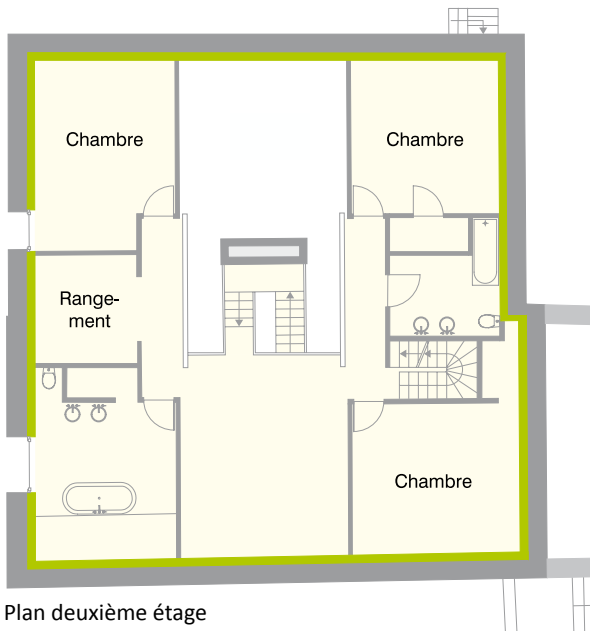
Le projet d'agriculture mis en place consiste en un élevage de chèvres et une fromagerie artisanale. L'exploitation se veut entièrement écologique et tente de respecter au maximum les équilibres naturels en produisant sur place les éléments nécessaires à l'alimentation des chèvres. Les logements tendent 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.

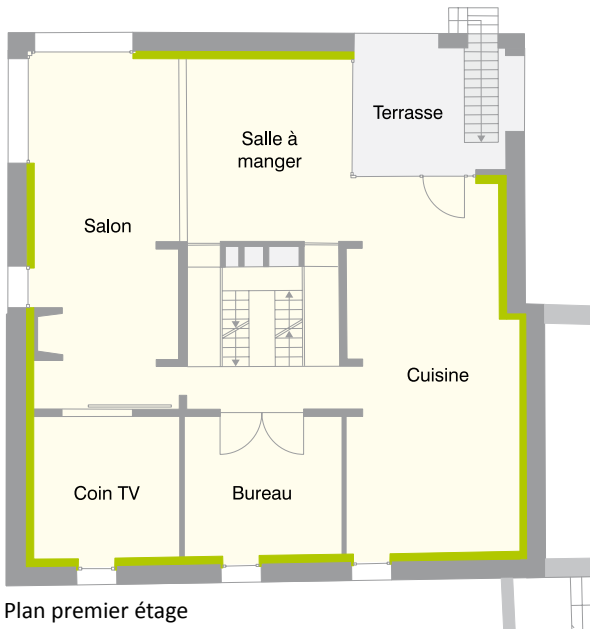


Bâtiment A avant rénovation.

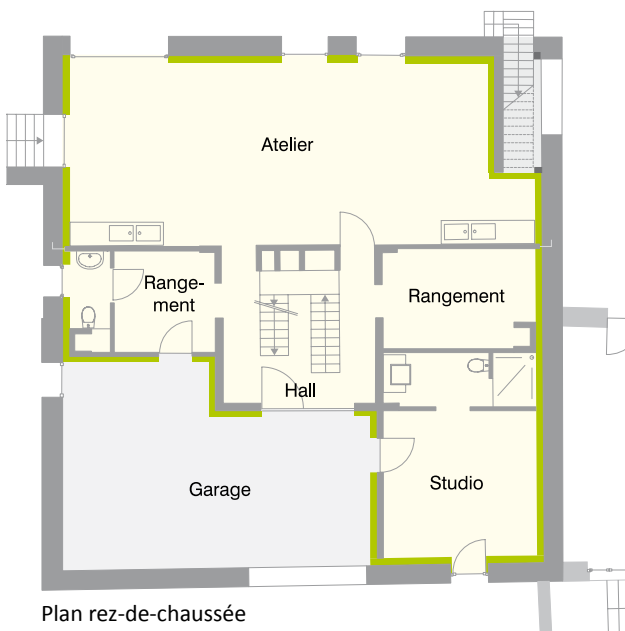




Plan deuxième étage



Plan premier étage



Plan rez-de-chaussée

1.2 PROGRAMME

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

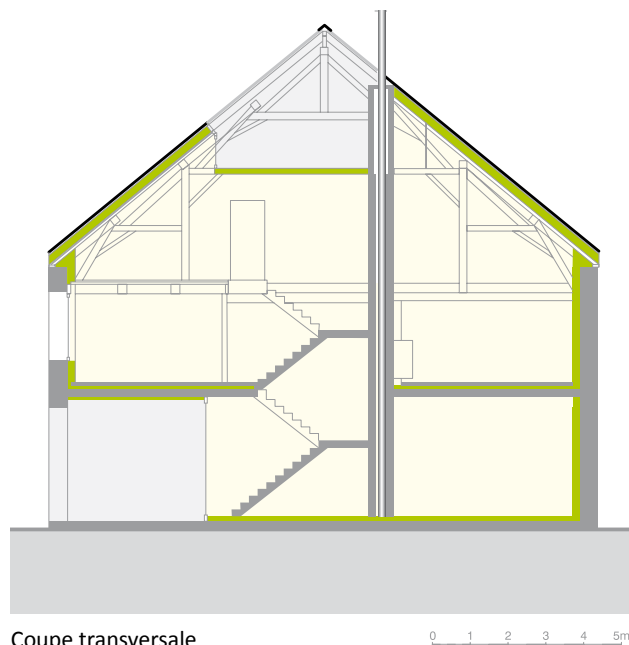
1.3 RESUME DE LA RENOVATION

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

1.4 ARCHITECTURE

Le projet respecte le site existant et profite du paysage qui l'entoure. Les volumes extérieurs des bâtiments ne sont pas modifiés afin de respecter la typologie de la cour qui donne son caractère au site.

Les interventions au niveau des baies donnant sur la cour restent sobres et suivent les proportions et le style des baies existantes. Les ouvertures vers la nature alentour sont plus franches. Il s'agit de grands vitrages d'une seule pièce dont le châssis est placé fortement en retrait de façon à exprimer des ouvertures brutes et sobres. Une terrasse est creusée dans le volume du premier étage, créant un lien supplémentaire avec l'extérieur.



Coupe transversale

0 1 2 3 4 5m

De l'intérieur, ces baies offrent de larges vues vers le paysage et un apport de lumière important. La serre située en toiture offre deux bandeaux de lumière naturelle au coeur de la maison.

La charpente et les poutres en bois existantes sont préservées et mises en valeur par l'architecture. Les nouvelles interventions tranchent avec le côté rustique de l'existant : chape de béton lissé au premier étage, mobilier industriel pour la cuisine, escalier central en béton avec garde-corps en métal, murs blancs, finitions nettes et sobres.

Le faux-plafond et les garde-corps opaques du deuxième étage sont détachés et décalés au niveau du plan par rapport aux autres éléments constructifs. A 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.

A 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 2ème étage - mise en place du nouveau plancher et des caissons où la cellulose sera insufflée.



Noyau central vu du rez-de-chaussée.



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



Cellulose insufflée derrière les panneaux OSB.



Volume salle de bain au 2ème 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 solidifiée à certains endroits où le bois avait été fortement attaqué. Plusieurs chevrons ont dû être remplacés et la structure de support de la couverture a entièrement été refaite.

De nouveaux murs en maçonnerie ont été construits autour du noyau central. Les planchers du deuxième étage et de la serre ont été créés à l'aide de nouvelles structures en bois. Des améliorations acoustiques ont été apportées à tous les planchers par une couche de 5 cm de sable tassé.

2.2 ENVELOPPE

► Composition des parois et valeurs U (existant - neuf)

Toiture

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

Mur extérieur type

Briques terre cuite	50 cm
Isolation flochage cellulose (+ structure bois)	20 cm
Panneaux OSB	1,8 cm
Panneaux isolation fibres de bois	5 cm
Plaques fibro-plâtre	1,5 cm
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 fenêtres de toit en bois - polyuréthane.

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

- Châssis : $U = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Double vitrage : $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Valeur moyenne fenêtre : $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$

► Traitement des ponts thermiques

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

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

► Etanchéité à l'air

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

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

En toiture, les fenêtres 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.



Caissons isolants mis en place autour des poutres métalliques.



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



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



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



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

2.3 STRATEGIES THERMIQUES



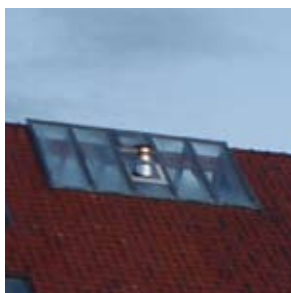
Poêle à bois installé dans la trémie centrale.



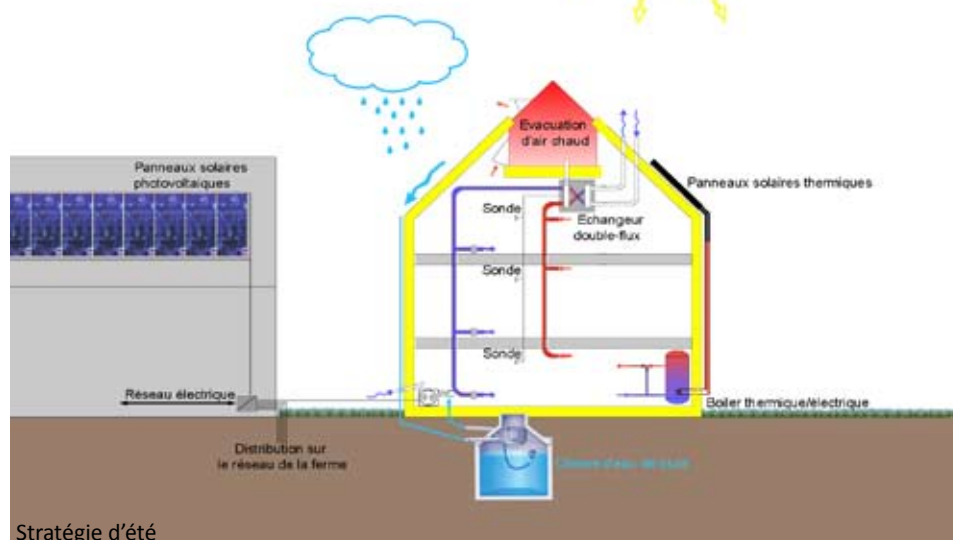
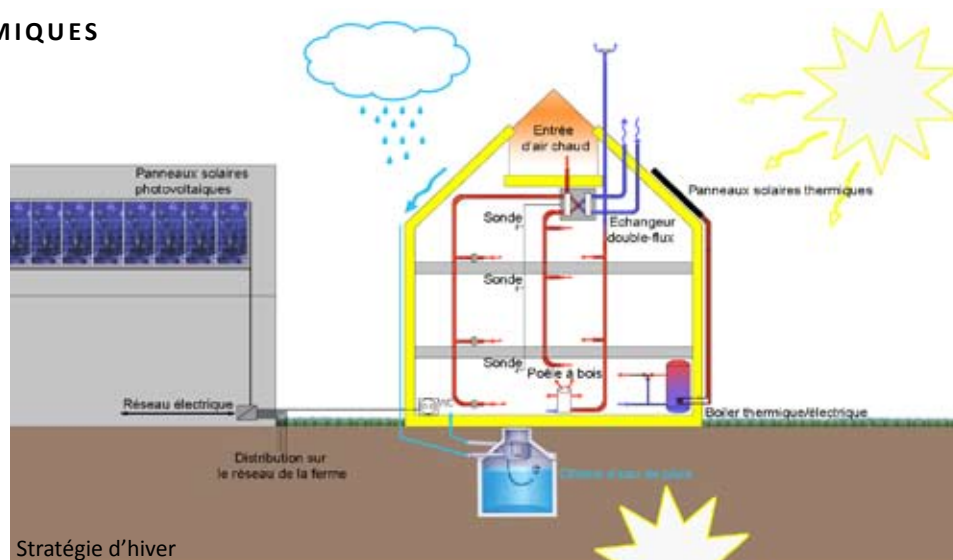
Bouches d'arrivée d'air chauffé par le poêle à l'arrière de la trémie centrale.



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 blocs 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 toit.

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 410m³/h à vitesse 7. Une régulation peut être programmée (8 vitesses) de façon hebdomadaire et/ou selon des sondes vérifiant le taux de CO₂ et les conditions hygrométriques intérieures.

► Chauffage

Le bâtiment étant fortement isolé, l'air hygiénique réchauffé apporté pour la ventilation suffit pratiquement à maintenir une température confortable dans le bâtiment.

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

► Eau chaude sanitaire

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

► Electricité

42 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 439,6 € 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

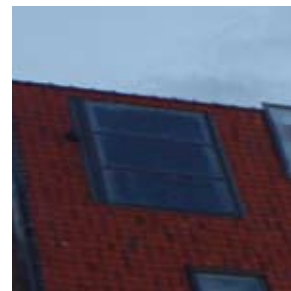
Une citerne d'eau de pluie en béton a été mise en place dans le jardin. L'eau récupérée est destinée à un usage extérieur uniquement.

3.2 MATERIAUX ET PROCÉDES CONSTRUCTIFS

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



Echangeur et caisson de répartition du système de ventilation hygiénique.



Panneaux solaires thermiques en toiture.



Chauffe-eau solaire - 500 l.



Citerne d'eau de pluie.

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

L'utilisation du béton pour les chapes et l'escalier et des briques de terre-cuite pour le noyau central est moins intéressante au niveau écologique mais ces matériaux permettent d'apporter la masse nécessaire pour donner une certaine inertie au bâtiment. Les blocs de terre cuite auraient pu être remplacés par des blocs de béton lourds. Ceux-ci ont moins d'impact sur l'environnement (énergie grise et émissions de CO₂) 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 toit en bois-polyuréthane auraient pu être remplacées par des fenêtres de toit en bois.

Malgré ces quelques améliorations qui auraient pu être ajoutées, ce projet a déjà nettement moins d'impact 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. A 800 m de la ferme, se trouve également la gare de la Roche pour le train et le 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

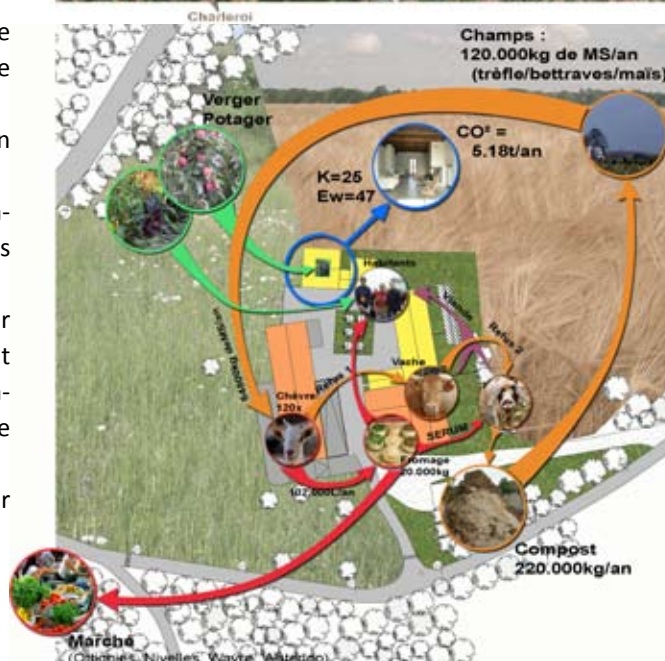
Ce projet ne dénature pas le site mais le respecte et le met en valeur. La même démarche est opérée envers le paysage naturel.

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 joué son rôle à la perfection. La ventilation naturelle verticale centrale fonctionne très bien. Les différences de pressions entre la serre et l'entrée sont importantes et s'accroissent davantage grâce à la différence de température entre la serre et le reste du bâtiment, favorisant un tirage thermique efficace.

Par temps plus froid, le bâtiment reste, sans allumer le poêle, au-dessus des 18-19°C tant que la température ex-

térieure 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 la 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

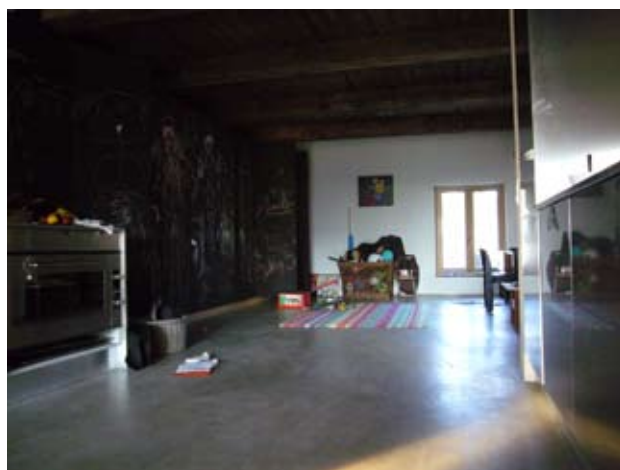
Les occupants n'ayant emménagé que depuis avril 2009, ils ne disposent pas encore de chiffres représentatifs au niveau des consommations. Cependant, à l'aide du logiciel PHPP, certaines estimations ont pu être faites.

- Volume chauffé : 1 732 m³
- Surface de déperditions : 840 m²
- Compacité : 2,1
- Surface de plancher chauffée : 543 m²

BESOINS SELON PHPP	kWh/m ² an	kWh/an
Chauffage	32	17 376
Energie primaire	51	27 693

5. CONCLUSIONS

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





Une conception judicieuse est la base de la réussite d'un projet. Sébastien Cruyt a imaginé des concepts porteurs : la serre en toiture, le noyau central qui apporte de l'inertie et distribue la chaleur, ... Le résultat est intéressant, tant au niveau énergétique qu'au niveau architectural. L'architecte n'a pas eu peur d'aller à l'encontre de certains principes souvent mis en avant par l'architecture passive. Il a notamment pris le parti de créer de grands espaces reliés entre eux. Ces grands volumes sont plus difficiles à gérer au niveau thermique mais, pour le moment, les occupants sont tout à fait satisfaits du confort intérieur et la qualité des espaces et des ambiances générées est irréfutable.

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

Source information projet : Sébastien Cruyt, Synergy International.

Auteurs photos : Sébastien Cruyt, Aline Branders.

Auteur publication : Aline Branders, Architecture et Climat.

