

MAISON A ENERGIE POSITIVE PROJET PILOTE



RENOVATION ET EXTENSION



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère du Développement durable
et des Infrastructures

Administration des bâtiments publics

PROJET PILOTE D'UNE MAISON A ENERGIE POSITIVE Rénovation et extension

Maisons d'enfants de l'Etat à Schifflange

Structure d'accueil pour jeunes adultes





Préface

Transformation d'une maison construite dans les années 50 en maison à énergie positive

Le bâtiment sis 55, rue des Fleurs à Schiffange est une maison d'une architecture simple et typique des années 50. Elle n'a, à première vue, rien d'extraordinaire, mais fait partie d'un alignement de maisons construites à la même époque, comme tant de maisons luxembourgeoises de ce genre, implantées dans le bassin minier.

Avant les travaux, des bureaux des Maisons d'enfants de l'Etat étaient installés à cette adresse. La maison a maintenant été transformée en structure d'accueil pour jeunes adultes des Maisons d'enfants de l'Etat.

Plutôt vétuste, la maison n'était plus adaptée aux exigences actuelles en termes de confort et de performance énergétique.

Une première approche aurait pu être celle de démolir la maison et de reconstruire un nouveau bâtiment selon les normes actuelles.

Une autre approche, celle qui a été retenue, est de revaloriser cette maison et de lui donner une nouvelle vie pour la rendre plus attrayante en adaptant le bâtiment aux standards actuels et en y intégrant des techniques nouvelles. Cette approche permet de profiter de la substance bâtie, solide et fonctionnelle, qui représente une quantité d'énergie grise non négligeable qui ne doit plus être investie puisqu'elle existe déjà. De plus, cette démarche a permis de diminuer fortement la quantité de déchets de construction par rapport à une démolition complète du bâtiment.

L'Administration des bâtiments publics s'est lancée dans un défi supplémentaire, celui de faire de ce projet un projet pilote de rénovation à énergie positive. Ainsi, suite à l'assainissement énergétique du bâtiment, la consommation d'énergie est fortement réduite. De plus, grâce à l'intégration de panneaux solaires, la production d'énergie est supérieure à la consommation.

En remerciant tous ceux qui ont contribué à la conception et à la réalisation de ce projet pilote, je vous souhaite une lecture agréable riche en informations.

François Bausch,
Ministre du Développement durable et des Infrastructures

Ministère du Développement durable et des Infrastructures

Administration des bâtiments publics
10, rue du Saint-Esprit
L- 1475 Luxembourg

INTRODUCTION

1 Définitions

Un **bâtiment à énergie positive** est un bâtiment où la production d'énergie primaire est supérieure à la consommation d'énergie primaire en tenant compte également de l'énergie grise.

La **production d'énergie** provient de sources telles que par exemple une installation photovoltaïque, une installation solaire thermique etc.

La **consommation d'énergie** concerne le chauffage, la production d'eau chaude, l'électricité (éclairage, appareils électro-ménagers, multimédia etc.) y compris **l'énergie grise**.

Une source d'**énergie primaire** est définie comme une forme d'énergie disponible dans la nature avant toute transformation. (Wikipédia).

L'**énergie grise** correspond à la dépense énergétique totale pour l'élaboration d'un matériau, tout au long de son cycle de vie, de son extraction à son recyclage en passant par sa transformation, une énergie évaluée en kWh/tonne (dictionnaire-environnement.com).

Dans la pratique, l'énergie grise est prise en compte pour tous les nouveaux matériaux mis en œuvre. Pour un volume existant depuis plus de 30 ans, l'énergie grise est considérée comme nulle.

2 Objectif du projet

Le but du projet est de montrer la faisabilité de transformer une maison unifamiliale âgée d'une cinquantaine d'années en maison à énergie positive à travers un exemple type.

Il s'agit également d'inciter les propriétaires de telles maisons à investir dans l'assainissement énergétique de leur patrimoine.

Ce projet pilote à énergie positive permet également à l'Administration des bâtiments publics de gagner en expérience pour les futurs projets d'assainissement et de tirer les conclusions positives et négatives des différentes mesures réalisées.

3 Démarche de l'étude

Lors d'une **étude préalable**, l'Administration des bâtiments publics a analysé plusieurs bâtiments en vue de la réalisation d'un projet-pilote de rénovation à énergie positive.

La maison unifamiliale mitoyenne a été retenue entre autres pour son architecture simple et typique de la région.

Dans le cadre de l'**avant-projet-sommaire**, des études comparatives avec un maximum de possibilités techniques ont été analysées.

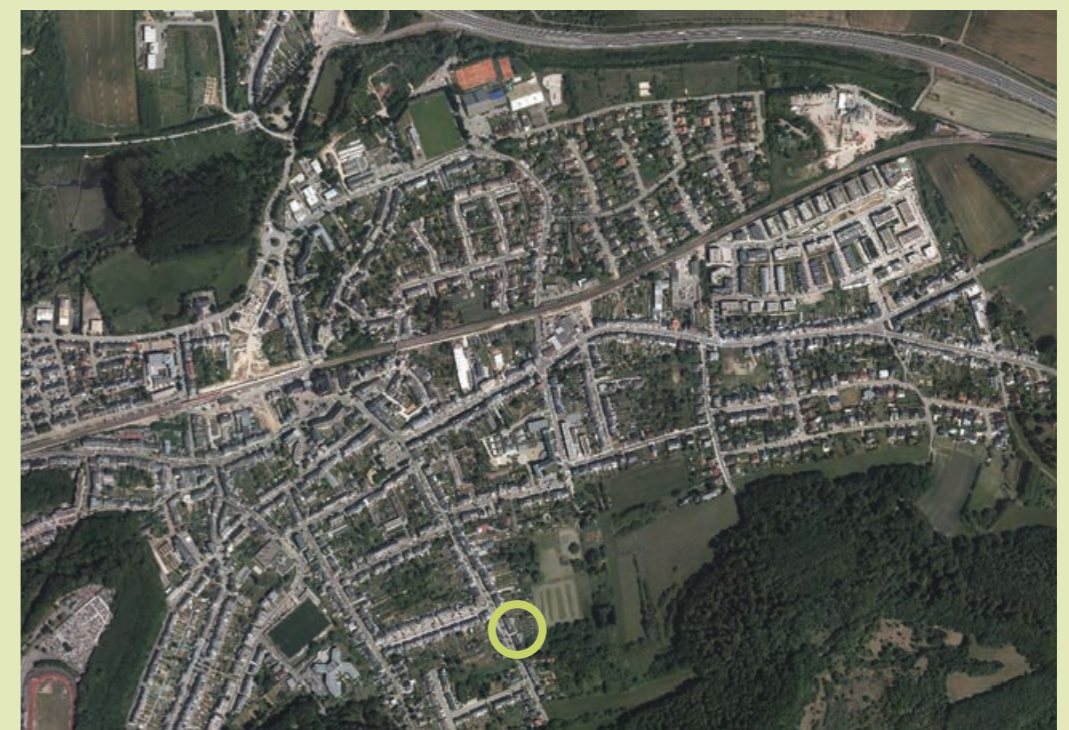
Au stade de l'**avant-projet détaillé**, la variante adéquate a été définie.

Tout au long des études, **des comparaisons** avec une maison standard (minimum obligatoire selon la législation) et avec l'état existant ont été effectuées.

SITUATION EXISTANTE

1 Informations générales

- **Lieu :** 55, rue des Fleurs à Schifflange
- **Parcelle cadastrale :** n° 2235/9034
- **Orientation terrain :** est/ouest
- **Propriétaire :** domaine de l'Etat
- **Maître d'ouvrage :** Administration des bâtiments publics (ABP)
- **Utilisateur :** Maisons d'enfants de l'Etat
- **Année de construction :** 1950
- **Utilisation antérieure :** bureaux pour « Maisons d'enfants de l'Etat »





2 Etat existant

L'état général de la maison existante était assez vétuste.

Les murs extérieurs, d'une épaisseur de 24 cm, de même que la toiture n'étaient pas isolés. Les fenêtres n'étaient équipées que de simple vitrage avec des caissons à volets non-isolés. Les combles n'étaient pas aménagés et les ponts thermiques étaient nombreux.

En vue de connaître les valeurs d'étanchéité à l'air de l'existant avant les travaux, un test blower-door avait été réalisé avec un résultat de 5.3 h-1.

La classe énergétique de départ était H.





PROJET

1 Programme de construction

La demande consistait à créer une habitation pour 6 jeunes adultes des **Maisons d'enfants de l'Etat**, bénéficiant d'un encadrement ponctuel, avec les locaux suivants :



6 chambres



3 salles de
bains



un WC séparé



un séjour
commun



une cuisine
commune



un bureau
(éducateur)



une buanderie



un local
technique



un garage



un local vélo

2 Concept architectural

La maison existante a été intégralement rénovée et assainie énergétiquement.

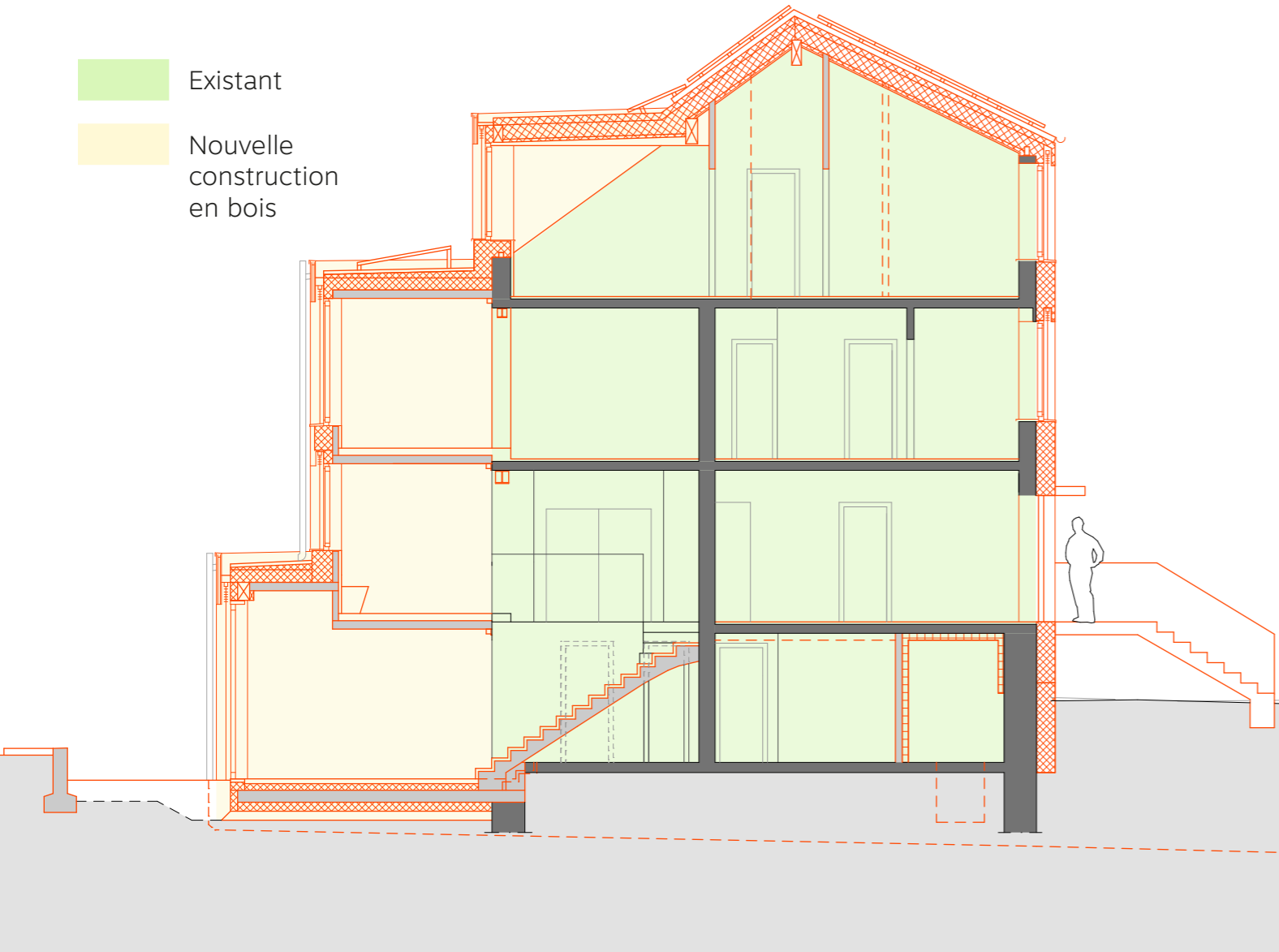
L'aménagement intérieur a été réorganisé et adapté aux nouveaux besoins.

De plus, les combles ont été aménagés et une extension sur trois niveaux a été réalisée à l'arrière de la maison. La mise en place de ce volume supplémentaire a permis d'agrandir les chambres et d'aménager une cuisine spacieuse au rez-de-chaussée ainsi qu'un séjour généreux au rez-de-jardin.

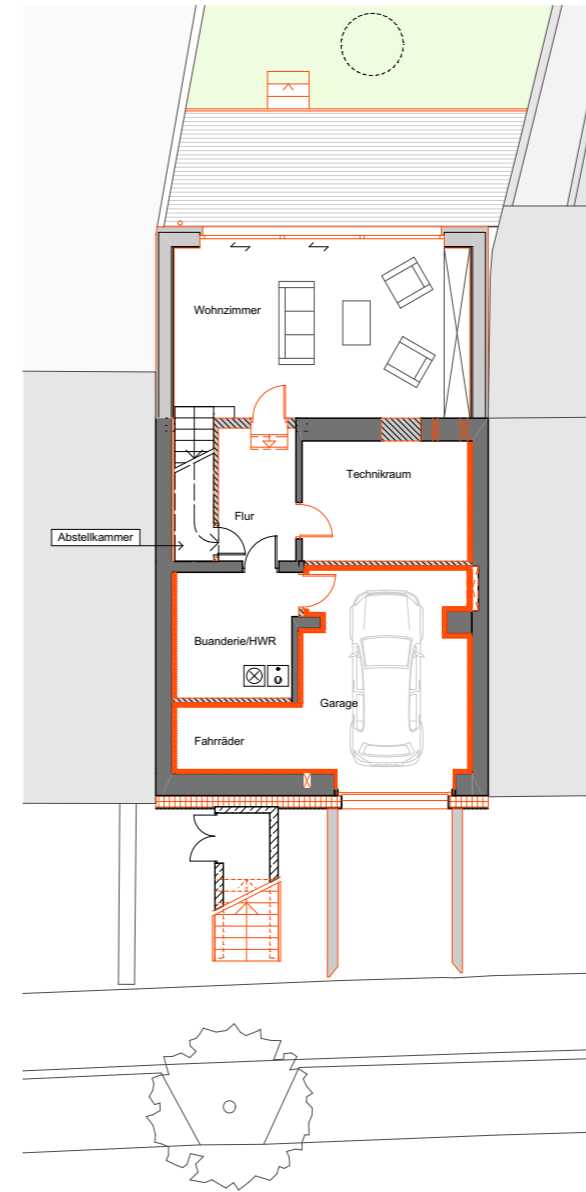
Cette nouvelle annexe a été construite en bois préfabriqué, une méthode de construction qui a nettement facilité et accéléré le déroulement du chantier. Le bois est un matériau renouvelable et son énergie grise est considérée comme très basse. Le bois a par ailleurs des effets très positifs sur l'air ambiant étant donné qu'il permet de réguler l'humidité de l'air. De plus sa valeur isolante et son comportement statique positif permettent de réduire les épaisseurs totales des murs extérieurs.

Plans

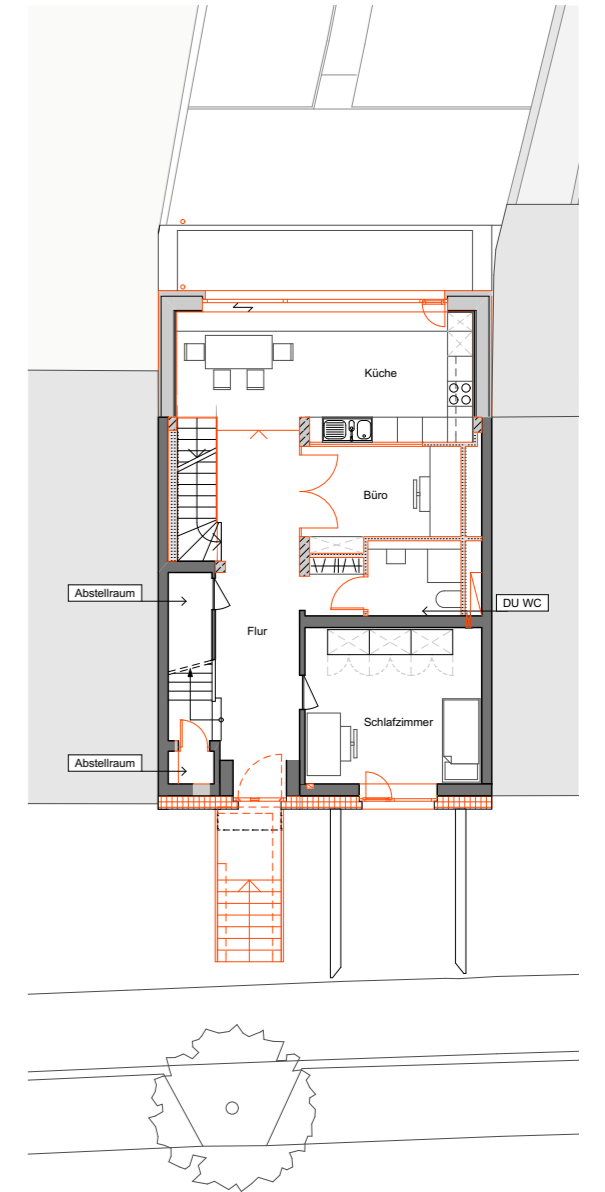
- Existant
- Nouvelle construction en bois



Rez-de-jardin



Rez-de-chaussée



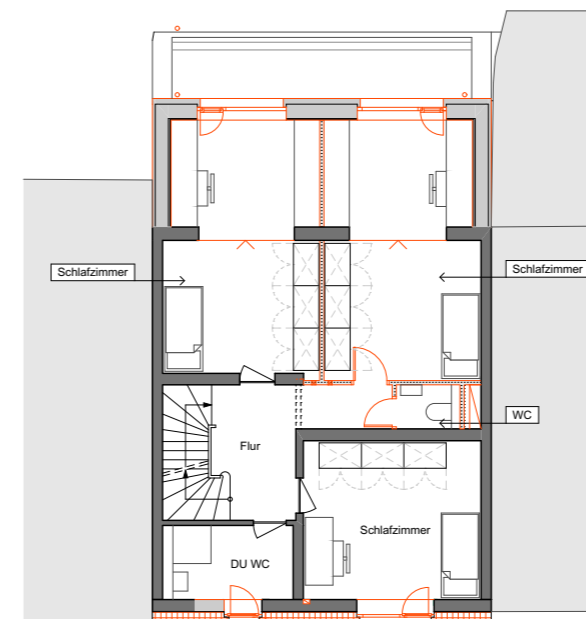
Façade frontale



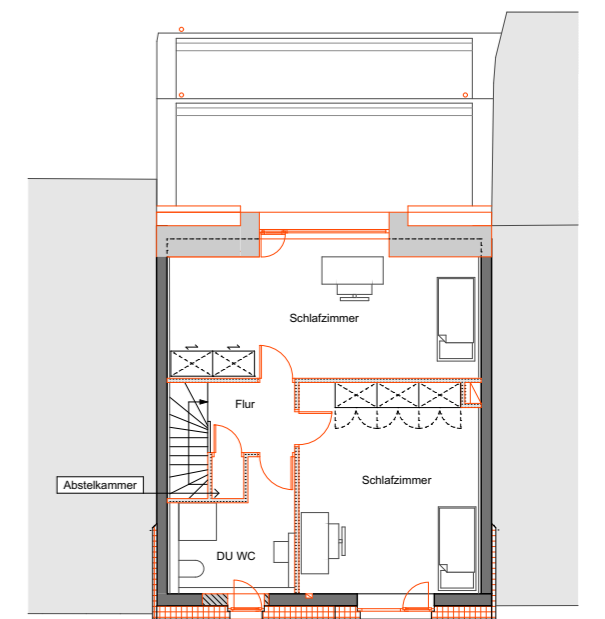
Façade arrière



1^{er} étage



Combles



3

Concept énergétique

Au niveau énergétique, le concept se base sur 5 pôles différents :

1

Optimisation de l'enveloppe extérieure

L'enveloppe extérieure est considérée comme le facteur primordial en matière d'économie d'énergie tant au niveau de la construction qu'au niveau de l'assainissement. Il s'agit de réduire au maximum les déperditions thermiques de l'enveloppe et de réduire ainsi la consommation d'énergie. L'objectif de ce projet était d'obtenir une valeur d'isolation thermique (U) inférieure à $0,15\text{W/m}^2\text{K}$ (valeur de référence pour maisons passives du « Passivhausinstitut »). Pour obtenir ce résultat, les murs extérieurs ont été isolés d'une épaisseur de quelque 30 cm et les nouvelles fenêtres ont été équipées de triple vitrage. Les ponts thermiques ont été réduits et l'étanchéité à l'air a été optimisée avec le but de se rapprocher du taux de renouvellement d'air $\leq 0,6\text{ h}^{-1}$ obligatoire pour une maison passive (nouvelle construction).

La valeur effectivement mesurée à la fin du chantier est de $0,89\text{ h}^{-1}$, ce qui représente un très bon résultat pour une rénovation.

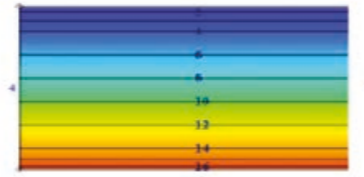
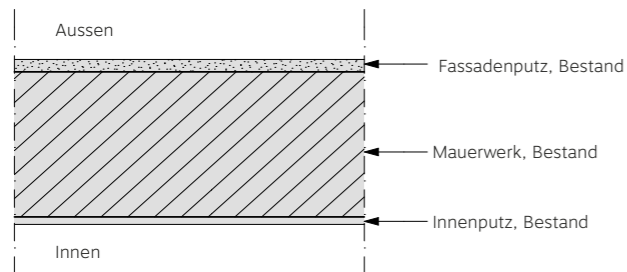
Mur de façade

(température extérieure de 0° et température intérieure de 20°)

Mur existant

Valeur U = 2,04W/m²K

Température surface intérieure 16°C

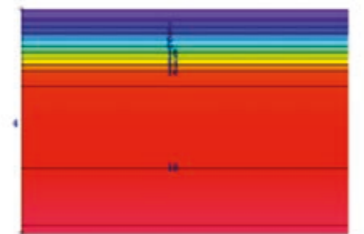
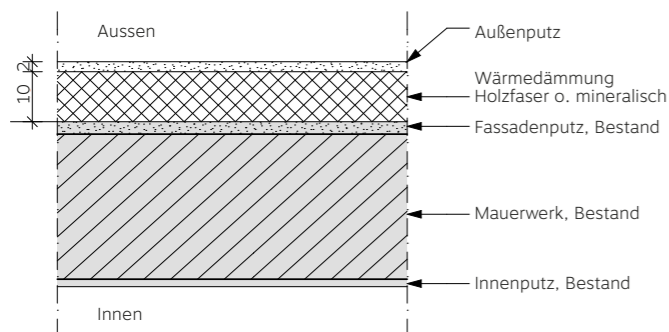


Maison standard

Valeur U = 0,32W/m²K

Surface intérieure 18,5°C

Réduction coûts 84%

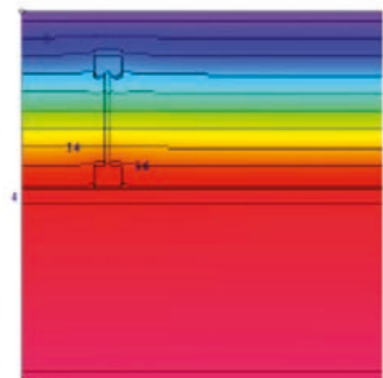
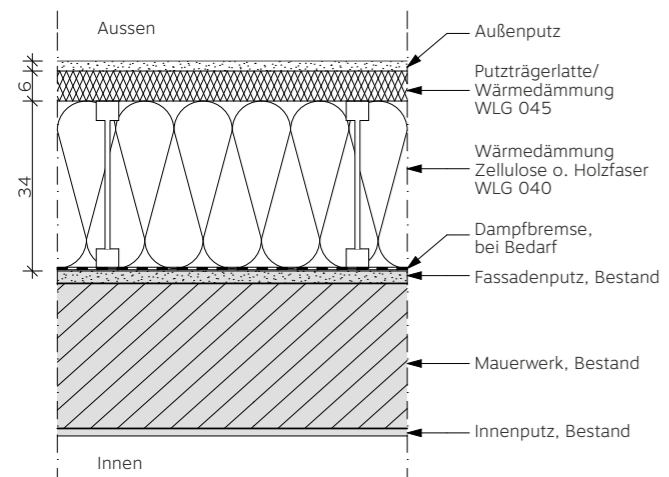


Maison à énergie positive

Valeur U = 0,139W/m²K

Surface intérieure 20°C

Réduction coûts 93%



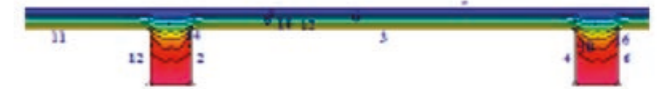
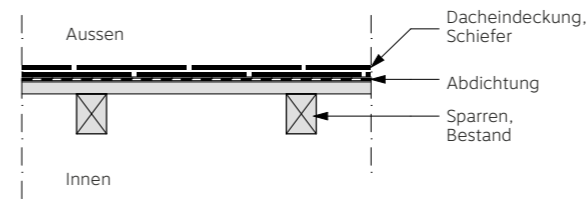
Toiture

(température extérieure de 0° et température intérieure de 20°)

Existant

Valeur U = 3,7W/m²K

Surface intérieure 12°C

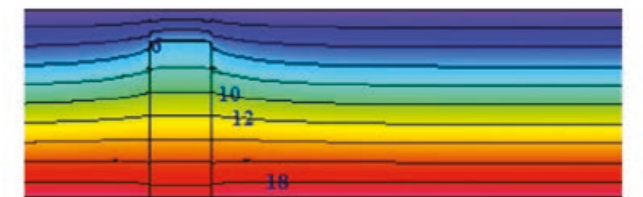
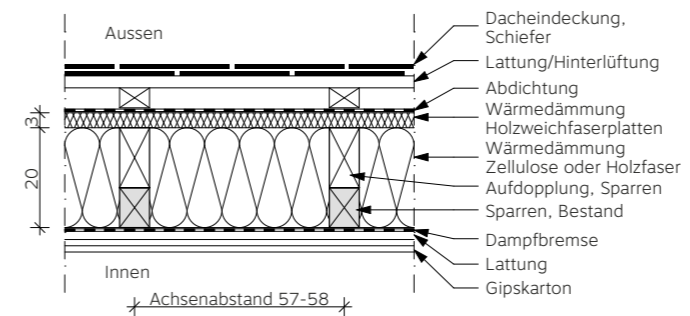


Maison standard

Valeur U = 0,25W/m²K

Surface intérieure 18,5°C

Réduction coûts 93%

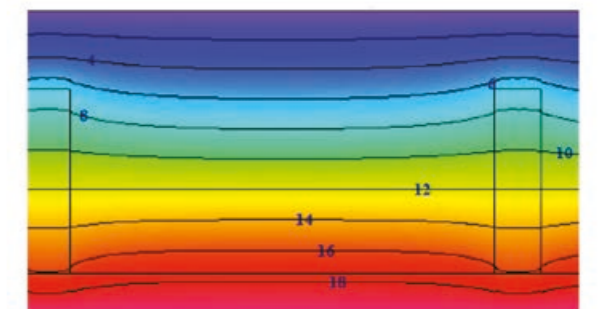
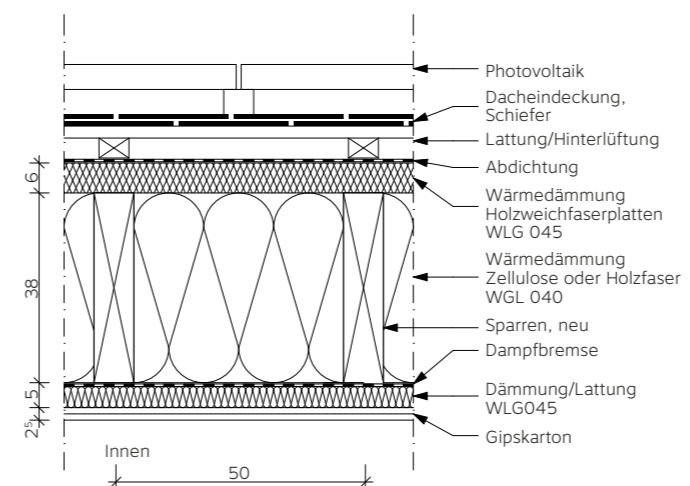


Maison à énergie positive

Valeur U = 0,122W/m²K

Surface intérieure 20°C

Réduction coûts 97%



2 Optimisation des installations techniques

Après avoir réduit les déperditions thermiques de l'enveloppe extérieure, la solution optimale pour satisfaire les besoins avec le meilleur rendement énergétique au niveau des installations techniques a été cherché.

- Production de chaleur :

Pour la détermination du type de chauffage, six systèmes de chauffage ont été analysés.

- Pompe à chaleur géothermique – forage en profondeur
- Pompe à chaleur géothermique – échangeur horizontal
- Pompe à chaleur air/eau
- Pompe à détente directe (un seul circuit pour le captage et la pompe à chaleur)
- Pompe à chaleur et groupe ventilation intégré (Kompaktgerät)
- Chaudière à pellets

Les avantages (en vert) ou désavantages (en brun) de chaque type de chauffage pour ce projet sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Comparaison systèmes de chauffage

	PAC Géothermie verticale	PAC Géothermie horizontale	PAC Détente directe	Chaudière à pellets	PAC Air/eau	PAC Système multi intégré
Prix d'installation	--	-	-	+	++	++
Balance énergie primaire	-	-	-	+	--	+
Balance CO2	-	-	-	++	--	+
Coût d'entretien	+	+	+	-	+	+
Besoin en espace intérieur	+	+	+	-	-	+
Prod. d'eau chaude pour 6 personnes	--	--	--	+	--	--
Autres inconvénients		Terrassements importants	Accès difficile pour machine de forage	Besoin de cheminée	Nuisances sonores	Nouveau système : peu d'expériences
		Impact sur l'aménagement du jardin		Livraison de pellets	Impact visuel en cas d'unité extérieure	Fin de vie : remplacement complet de chauffage et ventilation

Le choix s'est porté sur la chaudière à pellets pour les raisons suivantes :

- la balance CO2 est **la meilleure**,
- le prix d'installation reste **raisonnable**,
- ce type de chaudière a **une bonne balance d'énergie primaire**,
- la production d'eau chaude est **efficace** et **rapide** pour six personnes ayant des comportements similaires.

- Les pertes calorifiques au niveau de la distribution de chaleur sont réduites au minimum.

- Ventilation mécanique :

En vue de garantir une aération efficace des locaux sans trop de déperditions, une ventilation mécanique avec récupération de chaleur a été installée. En rendant l'enveloppe extérieure étanche à l'air, il est important de veiller à une ventilation adéquate des locaux. Contrairement aux anciennes constructions, où les fuites au niveau de l'enveloppe extérieure garantissaient une aération minimale permanente, mais de façon incontrôlée avec beaucoup de pertes de chaleur, la ventilation mécanique permet de contrôler l'aération et de récupérer la chaleur de l'air sortant. Ceci n'empêche cependant pas l'ouverture des fenêtres.

3 Réduction des besoins internes

Afin de minimiser la consommation d'énergie, les appareils électroménagers installés ont été choisis du type classe énergétique A++.

Cependant, il faut également faire appel à l'utilisateur pour qu'il adopte de bonnes habitudes en vue de réduire la consommation d'énergie tel qu'éteindre la lumière en quittant une pièce, éteindre complètement les appareils électriques, limiter la consommation d'eau etc.

4 Production d'énergie

La production d'énergie est réalisée par la mise en place de panneaux photovoltaïques répondant à l'exigence de ce projet à énergie positive.

Sur les 2 pans de toiture et sur la toiture plate de l'extension, 43 panneaux photovoltaïques très performants d'une surface totale d'environ 70 m² produisent **13 917 kWh/an** ce qui correspond à **37 019.22 kWh/an d'énergie primaire**.

A titre de comparaison, cette énergie pourrait alimenter 77 frigos à 180 kWh/a ou une voiture électrique pour parcourir une distance de quelque 70 000 km.

De plus, des panneaux solaires thermiques pour la production d'eau chaude sanitaire ont été installés sur le toit de la grande lucarne à l'arrière.



5 Energie grise

Afin de déterminer l'énergie grise totale du projet, tous les matériaux de construction utilisés ont été analysés. Le choix définitif des matériaux neufs à mettre en œuvre a été fait en tenant compte de ce facteur. Ainsi, pour la couverture de la toiture, initialement prévue en zinc, il a été décidé de la réaliser avec une membrane d'étanchéité en copolymères d'éthylènevinyle-acétate vu que la production de ce matériau est nettement moins énergivore que celle du zinc. De même, le bois pour la construction de l'annexe ou encore les isolants en fibre de bois sont des choix effectués en fonction de l'énergie grise assez faible du matériau.

Bilan énergétique

Production d'énergie électrique : **13 917 kWh/an** (soit +37 019.22 kWh/a d'énergie primaire)

Consommation électrique : **7 179 kWh/a** (soit -19 095.61 kWh/a d'énergie primaire)

Consommation d'énergie non électrique : **6 076 kWh/an** (soit -425.32 kWh/a d'énergie primaire)

Energie grise : **-9 849.89 kWh/a d'énergie primaire**

**Bilan total (surplus)
en énergie primaire :**

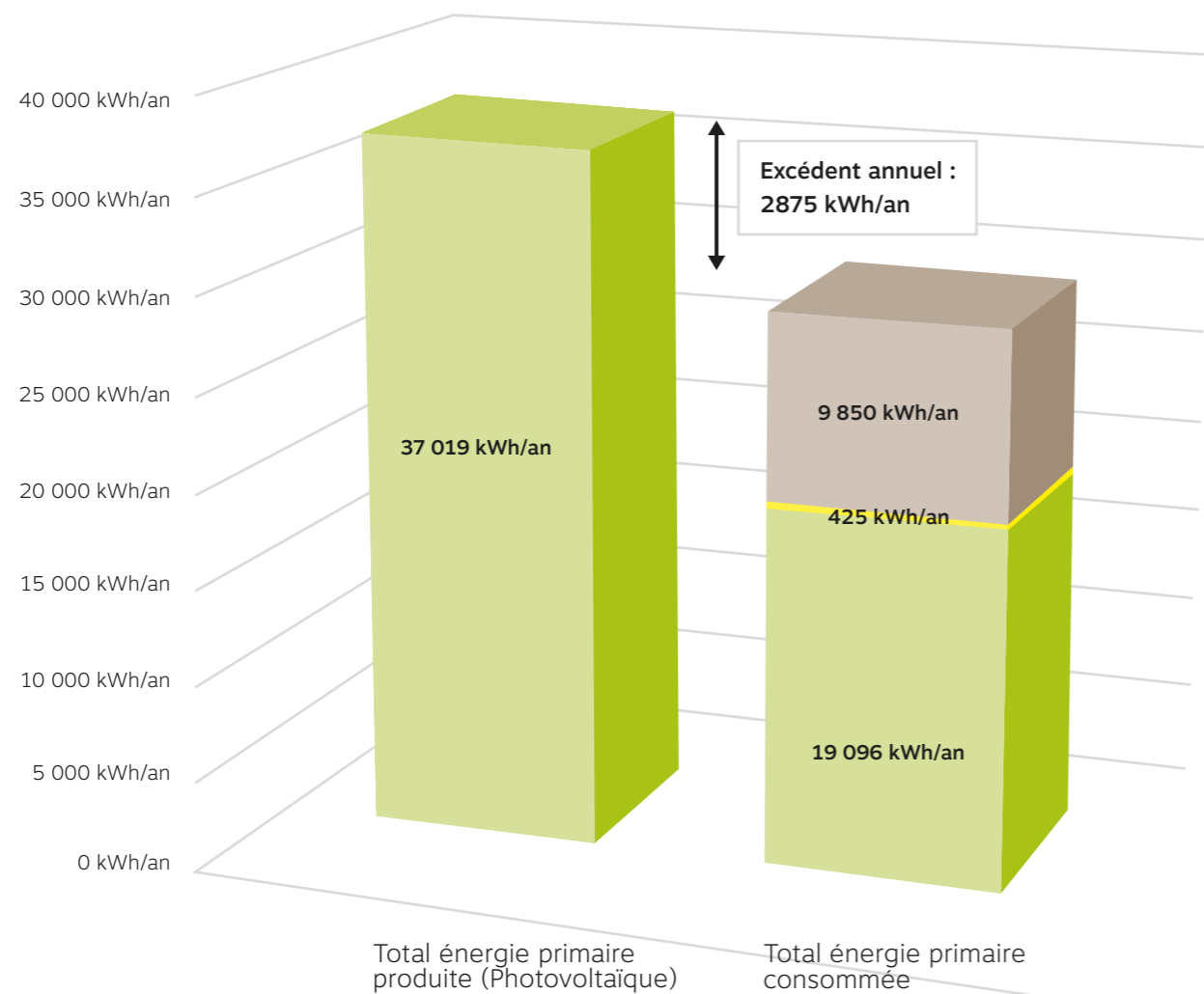
7 648.40 kWh/a

Conversion en
énergie électrique :

2 875.34 kWh/a

(équivalent à ~14 000 km
en voiture électrique)

Bilan en énergie primaire



■ Electrique ■ Non électrique (chauffage et eau chaude) ■ Construction (sur base d'une durée de vie de 60 ans)

Schémas de comparaison

La maison existante, la maison standard et la maison à énergie positive :

Les certificats de performance énergétique montrent bien les différences entre la maison existante et la maison rénovée ou la maison standard selon le minimum obligatoire.

Classe de performance énergétique

Maison énergie + :

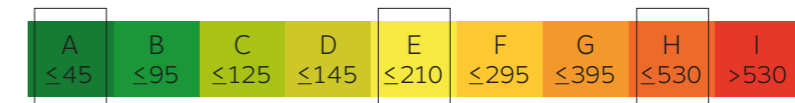
A

Maison standard :

E

Maison existante :

H



Classe d'isolation thermique :

Maison énergie + :

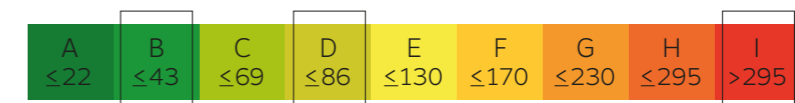
B

Maison standard :

D

Maison existante :

I



Classe de performance énergétique en matière d'émission CO2 :

Maison énergie + :

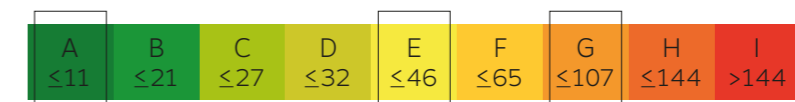
A

Maison standard :

E

Maison existante :

G



Consommation énergétique des trois types de maison :

Maison existante :

~ 454kWh/m²a

Maison standard :

~ 113kWh/m²a

(réduction 75% maison existante)

Maison à énergie positive :

~ 28kWh/m²a

(réduction 94% maison existante)



CONCLUSION

Atteindre le niveau d'une maison à énergie positive dans une construction existante ne relève pas du domaine de l'impossible. Un tel objectif dans le cadre d'une rénovation implique certes des travaux de transformation et des investissements assez conséquents, mais les avantages sont multiples.

Par rapport à la nouvelle construction, la rénovation a l'avantage de profiter d'une substance bâtie existante dont l'énergie grise est considérée comme nulle. La rénovation à énergie positive n'est donc pas plus compliquée qu'une nouvelle construction de ce type, mais l'approche est différente. Les possibilités d'interventions sont parfois limitées par rapport à la construction neuve.

Il faut cependant considérer chaque projet au cas par cas, faire une analyse architecturale et énergétique préalable sur mesure, établir les besoins, pour déterminer les possibilités et analyser les investissements nécessaires et raisonnables.

Même si quelques compromis ont dû être faits, la qualité générale du bâtiment rénové est tout à fait comparable à une nouvelle construction.

La construction de maisons à basse énergie et passives est actuellement la norme. Il s'avère cependant que l'assainissement énergétique des bâtiments anciens présente également un énorme potentiel d'économie énergétique.

L'Etat se doit d'agir de manière exemplaire en matière de consommations énergétiques. Cela ne veut toutefois pas dire que chacun doit pousser la rénovation jusqu'à ce niveau de performance. Des rénovations partielles ou des rénovations plus légères apporteront une réduction des consommations énergétiques conséquentes non négligeables.

Cette brochure pourra peut-être inspirer l'un ou l'autre au moment d'un projet de rénovation.





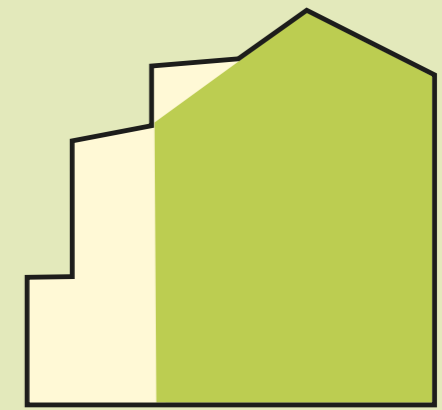
PROJET EN CHIFFRES

Surfaces et volumes :

Volume brut :

1 120 m³

existant :	848 m ³	= 76 %
extension :	272 m ³	= 24 %



Surface :

386 m²
(brute)

existant :	301 m ²	= 78 %
extension :	85 m ²	= 22 %



249 m²
(nette)

existant :	180 m ²	= 72 %
extension :	69 m ²	= 28 %

Coût de construction :

EUR 783'900 TTC

Les intervenants du projet

Programmation :

En collaboration avec les Maisons d'enfants de l'Etat

Maître d'ouvrage :

Ministère du Développement durable et des Infrastructures
Administration des bâtiments publics

Maîtrise d'œuvre :

Architecte : Nicklas Architectes s.à r.l.

Ingénieur génie civil : MyCon Ingénieur s.à r.l.

Ingénieur génie technique : Bétic Ingénieurs-Conseils S.A.

Impressum

Auteur : Danielle Mathias

Couverture : Phormat - Eike Dubois

Photos : Phormat - Eike Dubois (p.1, p.6, p.12, p.16, p.23, p.26, p.27, p.29, p.30),
Nicklas Architectes s.à r.l. (p.8, p.10, p.11) ABP (p.22)

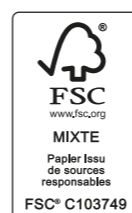
Documents graphiques : Nicklas Architectes s.à r.l. (p. 14,p.15),
ABP + Nicklas Architectes s.à r.l. (p.18,p.19),
ABP (p. 20, p.25), Bétic (p. 24)

Layout : Tessy Margue, Imprimerie Centrale

Impression : Imprimerie Centrale, Luxembourg

ISBN 978-2-9199533-0-1

© Administration des bâtiments publics, 2018





LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère du Développement durable
et des Infrastructures

Administration des bâtiments publics