

EXEMPLE D'UNE RÉNOVATION GLOBALE, ARCHITECTURALE ET ÉNERGÉTIQUE D'UNE FERME EN BRETAGNE

Cet exemple démontre que de vieux bâtiments largement délabrés et abandonnés depuis des années peuvent reprendre vie et retrouver un aspect contemporain grâce à une rénovation adaptée.

Localisation : Rennes, Ille-et-Vilaine

Architecte : Thomas Bonnin, Quinze Architecture, Rennes

Objectif : rénover de façon très performante (en passif) et agrandir un vieux corps de ferme du XIX^e siècle avec des murs en pierre et en terre, et un sol en terre battue.

Démarche et projet : la forme initiale du corps de ferme (d'une surface de 79 m²) a été conservée. Les combles perdus

ont été rendus habitables avec une ouverture verticale dans la toiture. Le projet a été complété par une extension de 48 m² (garage et abri voiture) en ossature bois.

La maison a été recouverte d'une enveloppe en ossature bois isolée par l'extérieur (laine minérale et fibre de bois) avec un bardage en zinc pour donner une esthétique contemporaine à cette rénovation.

La couverture a été refaite avec un bac acier mais la charpente a été conservée. Elle est isolée avec 220 mm de laine de verre et 60 mm de fibre de bois. Le plancher bas en béton brut a été isolé avec 100 mm de mousse rigide de

polyuréthane (TMS) sous une chape de 50 mm et un parquet stratifié.

En revanche, à l'intérieur, les murs en pierre ont été conservés apparents pour laisser le plaisir et le confort de la pierre aux occupants.

Chauffage et ECS : le besoin de chauffage a été estimé avec le PHPP à 33 kWh/(m².an), légèrement supérieur aux objectifs de la rénovation passive (voir les §§ 5.4 et 5.5), du fait de la présence d'une ventilation Hygro A (Unelvent) et non d'une ventilation double flux. Un poêle à bois et un sèche-serviette suffisent toutefois à chauffer la maison. L'eau chaude sanitaire est assurée par un ballon thermodynamique Odyssee 2 Atlantic de 270 L.



Le corps de ferme abandonné

La maison après rénovation

Crédit photos : Quinze A

6

L'analyse des points singuliers de la rénovation

Une rénovation performante et durable se doit de traiter tous les points qui génèrent des déperditions thermiques mais aussi ceux qui peuvent créer des dysfonctionnements du bâtiment et des pathologies susceptibles parfois de détériorer sa structure même.

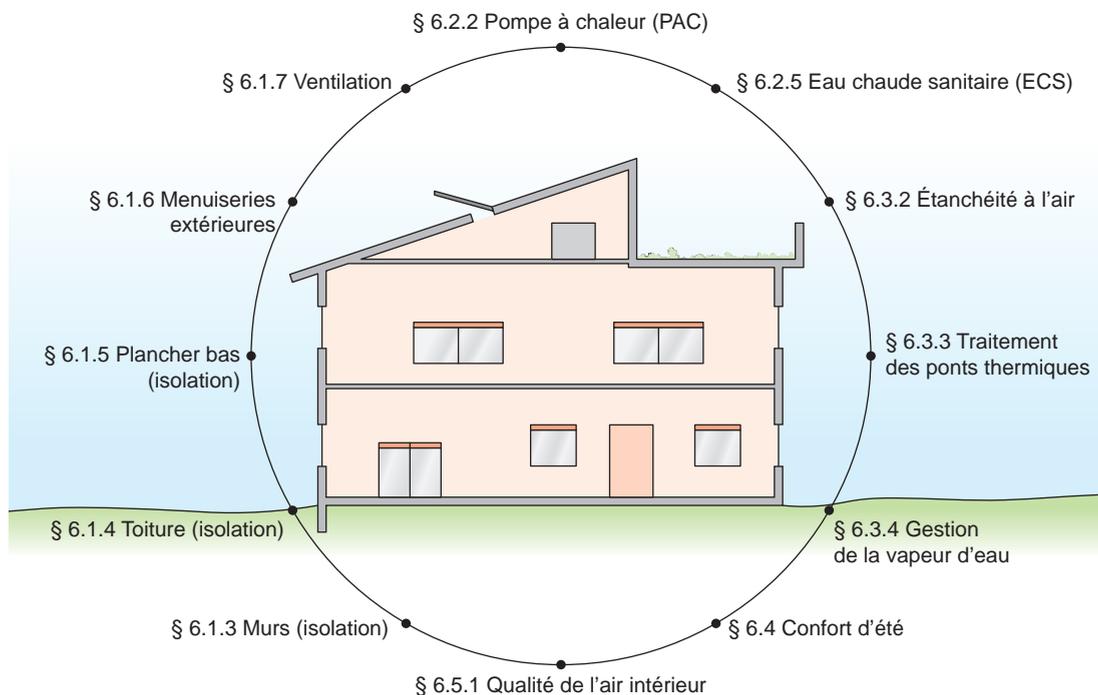
Ce chapitre présente les principales difficultés que peut rencontrer l'architecte ou le maître d'œuvre pour garantir la performance énergétique de la maison.

Du fait de la complexité de la maison, **l'isolation de l'enveloppe**, c'est-à-dire les murs, le plancher bas, la toiture, peut générer des ponts thermiques importants et occasionner des travaux relativement coûteux : c'est, par exemple, la question du décaissement des murs à l'extérieur quand l'isolation du plancher bas (sur terre-plein notamment) est rendue quasiment impossible ou encore la liaison de l'espace chauffé avec les espaces non chauffés (garage, cave). Les liaisons entre les parois verticales et la toiture ou les planchers bas requièrent une véritable ingénierie afin de limiter les ponts thermiques et d'éviter les risques de condensation.

Un aspect fondamental de la rénovation performante est **la gestion du renouvellement d'air**. D'une part, il est indispensable de réduire l'étanchéité à l'air du bâtiment pour éviter les déperditions thermiques et les pathologies et, d'autre part, il est nécessaire de garantir un renouvellement d'air suffisant pour assurer une bonne qualité de l'air et éviter aussi les pathologies. La ventilation est au cœur de la rénovation énergétique performante.

Le **confort d'été** est un élément incontournable de la rénovation performante et nécessite des choix techniques spécifiques mais aussi une réflexion globale mettant en relation le niveau d'isolation et le renouvellement d'air dans la maison. Enfin, une fois traités l'enveloppe, le renouvellement d'air et le confort d'été, intervient la question du **mode de chauffage**, cette question devenant mineure dans les rénovations énergétiques très performantes.

Il n'y a pas deux projets de rénovation énergétique performante identiques mais il y a des points singuliers à étudier de façon approfondie et des écueils à éviter que ce chapitre a cherché à montrer.



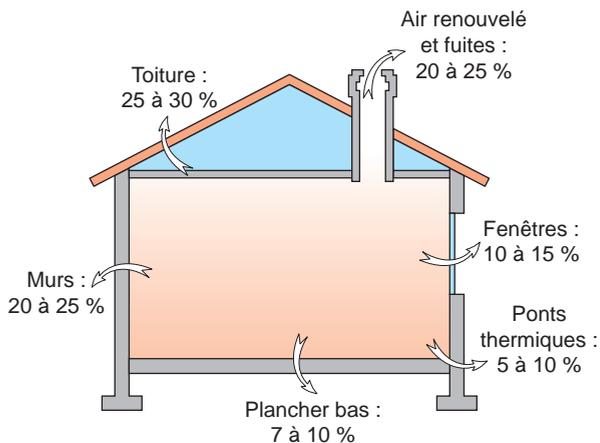
▲ Fig. 6.1. Les points singuliers de la rénovation

6.1 L'isolation de l'enveloppe

6.1.1 Identifier les déperditions thermiques

Les déperditions thermiques d'un logement désignent les **pertes de chaleur** subies par les échanges d'air entre l'intérieur et l'extérieur. Elles proviennent du renouvellement d'air (ventilation), par le biais des parois surfaciques et par les ponts thermiques situés entre deux éléments de la construction.

En moyenne, dans une maison non rénovée thermiquement, la toiture représente 30 % des déperditions, les murs 20 %, les menuiseries 15 %, le plancher bas 10 %, la ventilation et les infiltrations 20 % et les ponts thermiques 5 % (fig. 6.2).

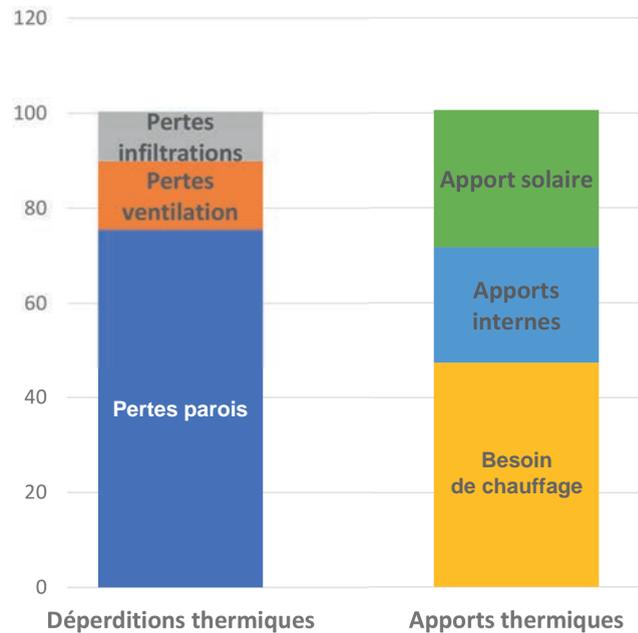


▲ Fig. 6.2. Les déperditions thermiques d'une maison (Source : AQC)

Une fois rénovée au niveau BBC, les déperditions sont largement réduites et une nouvelle répartition des pertes apparaît avec une très forte réduction des déperditions par la toiture et une augmentation importante de la part liée aux ponts thermiques.

Selon l'analyse présentée dans le rapport *Perf in Mind* sur 103 maisons individuelles rénovées BBC, les déperditions par les parois restent toujours dominantes (76 % avec 20 % des déperditions thermiques par les murs, 18 % par les menuiseries, 13 % par le plancher bas, 7 % par la toiture et 18 % de ponts thermiques), la ventilation représente 14 % des déperditions et les infiltrations 10 % (fig. 6.3).

kWh/(m².an)



▲ Fig. 6.3. Besoin de chauffage moyen de 103 maisons individuelles rénovées BBC (Source : Enertech, *Perf in Mind*)

6.1.2 Définir l'enveloppe chauffée

L'enveloppe chauffée définit le volume de la maison qui est chauffé. *A contrario*, la maison dispose d'espaces non chauffés tels que les caves, les garages, les ateliers ou les celliers. Les interfaces (les portes d'accès et les escaliers) génèrent généralement des **ponts thermiques** difficiles à résoudre. Les portes d'accès aux espaces non chauffés doivent être isolées et étanches à l'air. Il en est de même de la cage d'escalier qui peut être couverte d'un enduit épais afin d'assurer l'étanchéité à l'air.

Les accès aux combles perdus peuvent être une source de pont thermique et un traitement spécifique doit être assuré. Si le sous-sol avec garage fait partie de l'espace chauffé, le problème se reporte sur les portes de garage. Dans le cas de portes sectionnelles, celles-ci peuvent être isolées avec un isolant mince (film thermo-réflécteur ou feuille polyuréthane). Neuves, elles peuvent comporter de la mousse de polyuréthane.

Les portes de garage enroulables sont également doublées de mousse de polyuréthane assurant une certaine isolation. Enfin les portes de garage battante ou pliante sont souvent dépourvues d'isolation mais peuvent être doublées d'une couche d'isolant.

EXEMPLE DE TRAITEMENT D'UNE CAGE D'ESCALIER

Localisation : maison 14, Romans-sur-Isère, Drôme.

Contexte : la maison a été construite dans les années 1950 en béton et parpaing. Elle n'a pas d'isolation et est chauffée au gaz (classe F). Elle comprend un rez-de-chaussée sur sous-sol avec garage et des combles perdus.

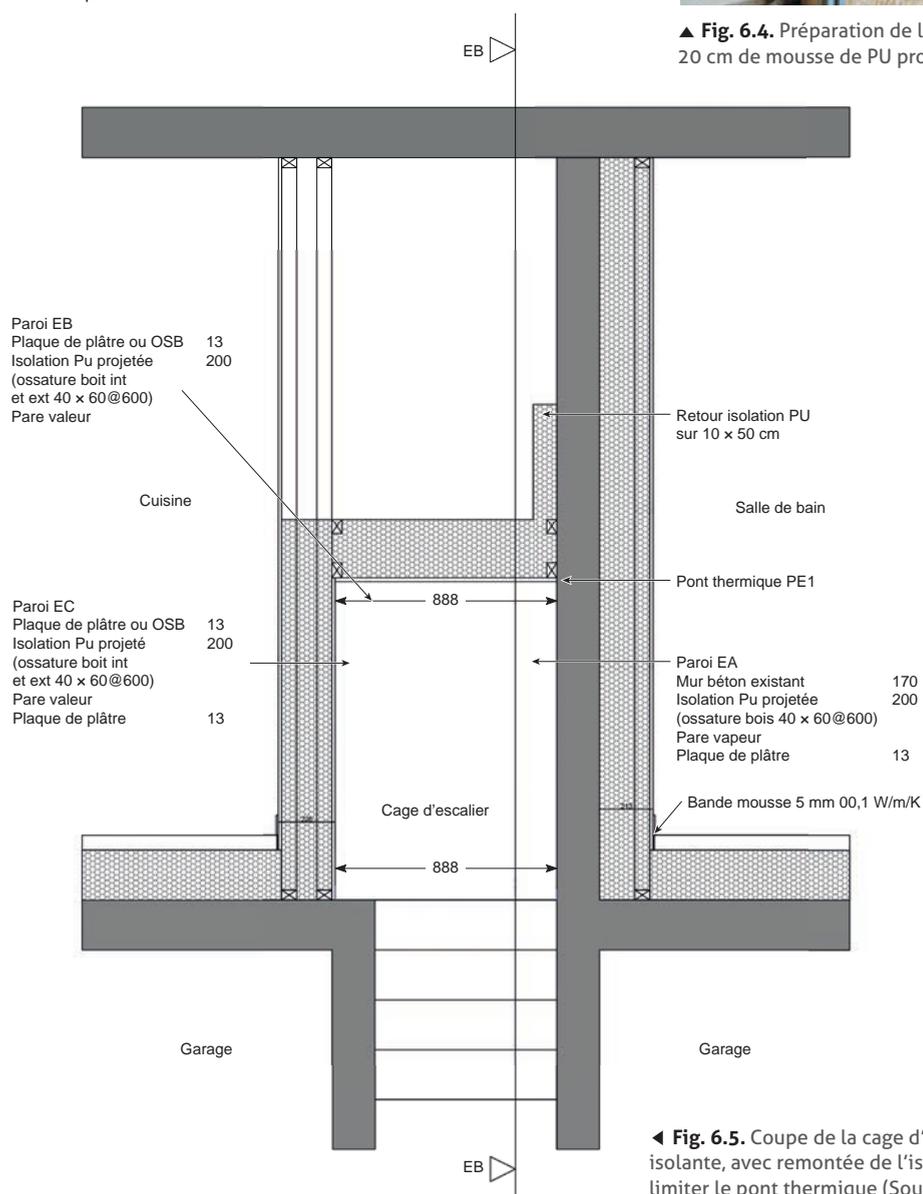
Démarche et projet : la cage d'escalier montant du garage à l'étage principal créait un point froid dans le volume chauffé. Elle a été isolée ainsi que le mur de refend accolé (fig. 6.3 et 6.5).

Autres exemples de réalisation présentés dans l'ouvrage :

- maison 9 de Roquebrun : isolation de la cage d'escalier,
- maison 21 de Tournon sur Rhône : construction d'un sas avec une porte étanche.



▲ Fig. 6.4. Préparation de la cage d'escalier pour recevoir 20 cm de mousse de PU projetée (Crédit photo : Pierre Leriche)



◀ Fig. 6.5. Coupe de la cage d'escalier entourée d'une coque isolante, avec remontée de l'isolant sur le mur de refend afin de limiter le pont thermique (Source : Phroneco)

6.1.3 Isoler les murs

Niveau d'isolation requis en BBC

Pour atteindre le niveau BBC ou mieux, le niveau d'isolation requis pour les murs est un **coefficient de résistance thermique R** compris **entre 3,7** (niveau minimum pour les subventions) **et 5,5 m².K/W** avec une moyenne de 4,7 m².K/W.

Les épaisseurs d'isolant sont majoritairement pour l'isolation par l'extérieur (ITE) de 14 à 20 cm et pour l'isolation par l'intérieur (ITI) de 12 à 16 cm.

À noter, le différentiel d'épaisseur n'a qu'un faible impact économique, le coût d'une ITE ou d'une ITI dépend davantage des finitions (plaque de plâtre, enduit, bardage) et de sa mise en œuvre (échafaudage, pose, découpe...).

Isolation par l'intérieur (ITI)

L'isolation par l'intérieur (ITI) pose un certain nombre de problématiques que le concepteur doit prendre en compte :

– **Point de rosée** : tout ajout d'isolant côté intérieur d'un mur a un impact sur la température de l'air et son humidité. Plus la résistance thermique de la paroi est élevée, plus le point de rosée – là où la vapeur se transforme en gouttelette – va transiter vers l'intérieur, le mur existant étant plus

froid (moins de chaleur s'échappe) et un risque de condensation existe à la jonction du mur existant et de l'isolation. Ainsi un enduit plâtre intérieur (préexistant) ne résiste pas au gel et pourrait moisir après une période froide.

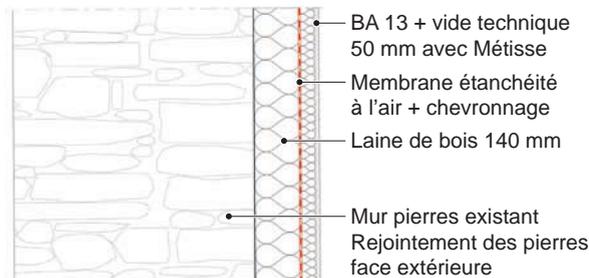
De même, si le mur est plus froid et si de l'eau capillaire est emprisonnée entre le crépi extérieur et le mur, le givre pourrait provoquer des éclatements et des fissures.

La mise en œuvre d'une ITI exige une **analyse détaillée du mur ainsi que des interfaces** (planchers intermédiaires, angles extérieurs) et des problèmes préexistants.

Une règle consiste à éviter les isolants étanches à la diffusion de l'humidité vers l'intérieur, afin de ne pas la bloquer dans le mur. Les solutions associant des matériaux à forte capacité hygroscopique et une membrane frein-vapeur hygrovARIABLE semblent bien convenir pour des travaux d'isolation par l'intérieur. Elles peuvent accepter un taux d'humidité élevé et une capacité de séchage naturel pendant la période de rediffusion.

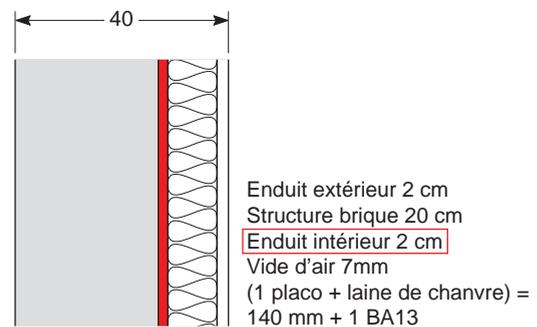
Dans le même temps, la membrane pare-vapeur peut gérer l'étanchéité à l'air.

Dans certains cas, le pare-vapeur ne s'impose pas et l'étanchéité à l'air peut être assurée par un enduit intérieur à la chaux (fig. 6.6).



C'est la membrane pare-vapeur qui gère l'étanchéité à l'air
Les murs en pierre doivent toujours être rejointoyés.

a



C'est l'enduit chaux intérieur qui assure l'étanchéité à l'air
Il n'y a pas de pare-vapeur dans la paroi

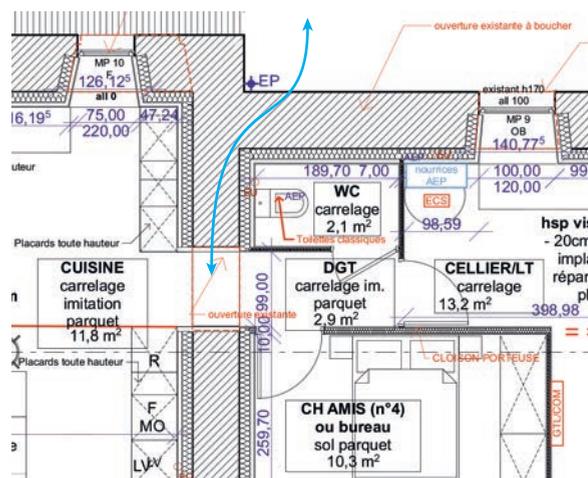
b

▲ Fig. 6.6. Deux exemples de traitement de l'étanchéité à l'air : a) mur en pierre et isolation en laine de bois ; b) Mur en brique et isolation avec de la laine de chanvre (Source : Thomas Primault et Quinze A)

Certains professionnels estiment qu'une isolation thermique par l'intérieur devrait se limiter à un R de 3,4 m².K/W, soit environ 120 mm d'isolant, afin d'éviter les risques de pathologies¹.

– **Inertie thermique** : l'isolation par l'intérieur tend à réduire l'inertie thermique de la maison (si l'isolant posé est léger) et, par conséquent, l'intérêt de la surventilation nocturne. La surchauffe d'été d'une maison avec une forte inertie (façade en briques pleines de 23 cm et dalle béton) et avec ITI par rapport à une maison jumelle non isolée serait de 1,5 °C à 2,2 °C². Ce phénomène peut être corrigé par des protections solaires adéquates.

– **Mur de refend**³ : dans la rénovation du moulin de Montreuil-sous-Pérouse (maison ①), l'agence d'architecture Quinze A a mis en évidence le traitement des murs de refend qui peuvent générer des ponts thermiques (fig. 6.7).



▲ Fig. 6.7. Mur de refend et pont thermique : malgré l'ITI, un pont thermique survient avec la rupture de la continuité de l'isolant dans le passage de la cuisine au couloir. (Source : Thomas Primault et Quinze A)

– **Épaisseur des parois** : dans de nombreux logements, les pièces peuvent être relativement petites et l'ITI va nuire à la qualité de vie dans le logement. Par exemple, l'isolation d'une chambre de 12 m² sur deux côtés par 20 cm d'isolant réduit cette surface de 12 %.

Plutôt que de peu isoler, il est possible de choisir **des isolants minces** (sous vide ou aérogels) dont la conductivité thermique est très faible (tab. 6.1), mais leur inconvénient

est d'avoir un coût élevé et d'être étanches à la vapeur d'eau.

Les isolants sous vide (PIV) sont fabriqués en fonction des cotes précises prises par le maître d'œuvre ; ils exigent ensuite une pose très délicate et précise, des fuites pouvant apparaître au niveau des joints entre les pièces⁴.

▼ Tab. 6.1. Exemples d'isolants minces très performants

Types d'isolants minces	Coefficient λ (W/(m.K))	Commentaires
Isolant sous vide (PIV) : isolant ultramince composé d'une nanopoudre de silice enveloppée dans un film étanche puis mis sous vide	0,0069	Mise en œuvre complexe car non découpable mais calepinage possible. Coût : environ 200 €/m ² HT hors pose Épaisseur 10, 20 ou 50 mm
Calostat pure en panneaux (Evonik, Allemagne)	0,019 à 0,021	Silice microporeuse
Fixit 222 Aérogel (Fixit Gruppe, Suisse)	0,028	Épaisseur inférieure à 10 cm
Spaceloft aérogel de silice en rouleaux	0,015	Aérogel pur pouvant être découpé

(Source : Victor Hoppe, La Maison du Passif)

Isolation par l'extérieur (ITE)

Par rapport à l'ITI, l'isolation par l'extérieur (ITE) a l'avantage de préserver l'inertie de la maison et d'éliminer en grande partie les ponts thermiques (notamment les liaisons avec les structures horizontales) ; elle apporte ainsi un confort thermique hiver comme été plus important. Les économies d'énergie générées sont supérieures à celle de l'ITI grâce aux épaisseurs d'isolant plus importantes et à la suppression des ponts thermiques.

Autre avantage, elle n'impacte pas sur la surface de la maison et peut aussi être une source d'embellissement, de décoration ou de requalification de la maison. Le plus souvent, l'aspect de la façade sera modifié, ce qui peut toutefois compliquer le travail de l'architecte dans le cadre d'une préservation patrimoniale.

Au-delà de l'esthétique, la recherche de la performance énergétique permise par l'ITE conduit à se poser des questions sur la présence de ponts thermiques importants qui ne seront éliminés que par la suppression de l'élément de construction : balcons, escalier d'entrée, pergola, véranda.

1. Voir l'article de Léo Morche, « Isolation par l'intérieur », *Habitat Naturel*, n° 93, mai 2023, pp. 44-48.

2. Voir Victoria Tink et al., cité par l'étude Résilience p. 52.

3. Il s'agit d'un mur porteur situé à l'intérieur de la maison, jouant un rôle dans la structure.

4. Voir les pp. 30 à 34 d'*Habitat Naturel*, n° 97, mars-mai 2024.



Maison avant travaux :
accès par escalier en béton sur la façade
ouest sur jardin



Maison après travaux :
suppression de l'escalier, remplacement de la
porte d'entrée par une paroi vitrée (nouvel
accès par le garage au nord) et nouvelle terrasse
en bois désolidarisée de la structure

▲ **Fig. 6.8.** Modification de la modénature d'une maison après une ITE (maison 14 de Romans-sur-Isère, crédit photos : Pierre Leriche)

En effet, l'isolation de la maison doit être faite sans discontinuité, ce que ces éléments de modénature ne permettent pas, sauf s'ils sont désolidarisés de la construction (voir les projets de rénovation à Magny-les-Hameaux, maison 20, ou à Romans-sur-Isère maison 14, fig. 6.8). En fait, c'est toute la modénature de la maison qui va être modifiée et parfois même les modes de circulation à l'intérieur de la maison. L'isolation par l'extérieur augmente de façon significative l'épaisseur des murs et, de ce fait, va réduire considérablement le débord de toiture. Il sera nécessaire d'envisager des travaux sur la toiture afin de recréer un débordement

suffisant pour protéger la façade de l'eau (exemple avec la maison 21 de Tournon-sur Rhône).

L'ITE peut aussi créer des désordres dans la structure bâtie (risque de condensation) si le système de ventilation est insuffisant ou défectueux. Il peut aussi générer des problèmes d'étanchéité des menuiseries et de la toiture si la conception puis la mise en œuvre ne sont pas faites correctement (voir § 5.1.2).

Des épaisseurs d'isolant différentes sont nécessaires pour atteindre les objectifs selon la résistance thermique des matériaux (tab. 6.2).

▼ **Tab. 6.2.** Épaisseurs d'isolant en cm en fonction de l'objectif de performance énergétique

Objectifs de performance énergétique		RT	Niveau d'exigences pour des aides financières	BBC Réno 2024	EnerPHit
Niveau de résistance thermique R minimal		3,2 m ² .K/W	3,7 m ² .K/W	4,4 m ² .K/W	6,7 m ² .K/W
Isolants (cm)	Polystyrène expansé PSE	10 à 12	12 à 14	14 à 17	21 à 25
	Polystyrène extrudé XPS	9 à 13	10 à 15	12 à 18	19 à 27
	Polyuréthane	7 à 9	8 à 10	10 à 12	15 à 19
	Laines minérales	10 à 14	11 à 17	13 à 20	20 à 30
	Fibre de bois	12 à 16	14 à 18	17 à 22	25 à 33
	Bloc de chanvre	19 à 21	22 à 24	26 à 29	40 à 44

PLU et promotion de l'ITE

Ce constat de performance devrait inciter les collectivités locales à promouvoir l'ITE (notamment dans leurs PLU ou PLUi)⁵ et à accompagner plus favorablement les demandes dès lors qu'elles peuvent s'intégrer dans le paysage et ne nuisent pas à la qualité architecturale de l'édifice. L'ITE peut aussi être un élément utile à l'architecte pour recréer un aspect contemporain et rompre la standardisation de nombreuses maisons.

Décaissement des murs périphériques

Dans le cas où l'isolation du plancher bas est difficile et où la liaison avec le mur extérieur crée un important pont thermique, il est indispensable de décaisser le mur périphérique puis de l'isoler. L'excavation sera selon les cas à réaliser entre 60 cm et 1,2 m (fig. 6.9 à 6.11). On peut profiter de cette excavation pour adapter les regards des eaux de pluie.

Les isolants adaptés à ces décaissements sont principalement le polystyrène haute densité type Jackodur, le polyuréthane ou les blocs de liège.



▲ Fig. 6.9. Exemple d'isolation des soubassements avec du polystyrène haute densité : excavation de la terre sur 1,20 m x 0,60 m (maison 21 de Tournon-sur-Rhône, crédit photos : Jean-Louis André)



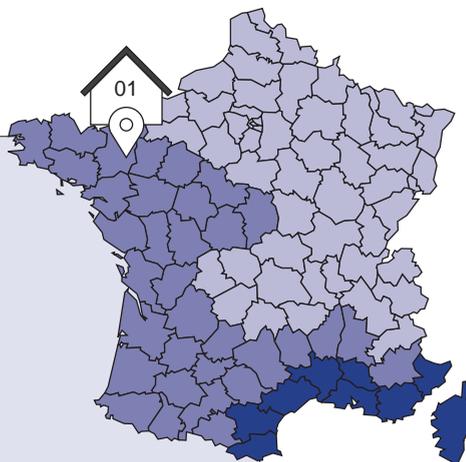
▲ Fig. 6.10. Exemple d'ITE avec excavation complète des terres. (maison 25 de Saint-Cyr au Mont d'Or, crédit photos : Atelier de Montrottier Loïc Parmentier et associés)

5. Voir l'ouvrage de C. Charlot-Valdieu et P. Outrequin, *Faire du PLU un projet de territoire durable*, op. cit.

PARTIE 3

Des rénovations exemplaires dans le bâti ancien

1. Un moulin à farine du XV^e siècle



Maître d'ouvrage : privé

Architecte : Thomas Bonnin, Quinze Architecture, Rennes

BET thermique : Hinoki

BET structure : Forces et Appuis

Entreprises du projet par lot : Charpente et bardage

bois : Format Bois. Couverture et bardage métal :

Burlot. Menuiseries extérieures et BSO : ISO

Construction. Menuiseries intérieures, cloisons,

isolation : Clément. Serrurerie, escalier : Raux

Gicquel. Chape, isolation, revêtements de sols : Demé

Carrelage. Peinture : APR Barbedor. Ventilation,

plomberie, ECS : Heliante sarl. Électricité : Pardo

Électricité. Poêle : Cheminée Imagine. Démolition,

VRD et gros œuvre : Moulin.

Localisation :

Montreuil-sous-Pérouse,

Ille-et-Vilaine

Altitude : 70 m

Période de construction :

XV^e siècle

Date des travaux :

2018/juillet 2019

Shab avant/après

travaux : 0 m² (moulin

industriel et hangar)

/288 m²

Surface chauffée avant/

après travaux : (296 m²) /195 m²

Coût des travaux : 2 707 €/m² Shab



Crédit photo : Joan Casanelles pour Quinze Architecture

Le projet

Les objectifs, le contexte

Le maître d'ouvrage voulait une maison à la fois passive et autonome en énergie et en eau, avec un jardin permettant une autonomie en fruits et légumes.

Ce moulin à farine du XV^e siècle répondait à ses objectifs. Il avait fonctionné avec la force hydraulique jusqu'à ce que le cours de la rivière soit détourné puis avec l'électricité avant d'être définitivement arrêté. L'histoire avait fait de ce bâtiment un mélange hétérogène et peu attractif d'espaces et de matériaux mais il possédait un fort potentiel de rénovation.

L'intention architecturale première fut de rendre au moulin sa forme originelle. Les excroissances industrielles ont été supprimées et le volume en pierre mis en valeur.

Un projet de rénovation passive donnant une deuxième vie à un moulin du XV^e siècle

La surface habitable étant limitée par la mairie au volume en pierre existant, les anciens espaces agricoles ont été transformés en une très grande pergola/jardin d'hiver (175 m²) en structure bois et charpente traditionnelle. Le bâtiment d'habitation est constitué d'un niveau semi-enterré et de deux niveaux supérieurs (voir coupe de la maison).

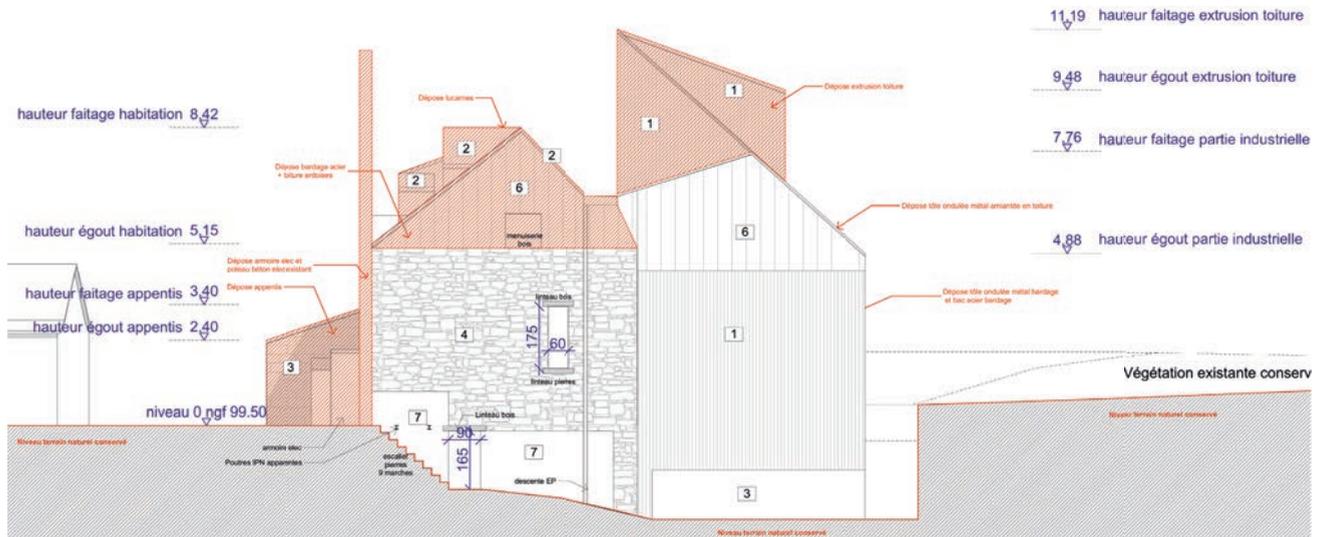


▲ Le moulin avant rénovation façades nord et ouest (Crédit photo : Joan Casanelles pour Quinze Architecture)

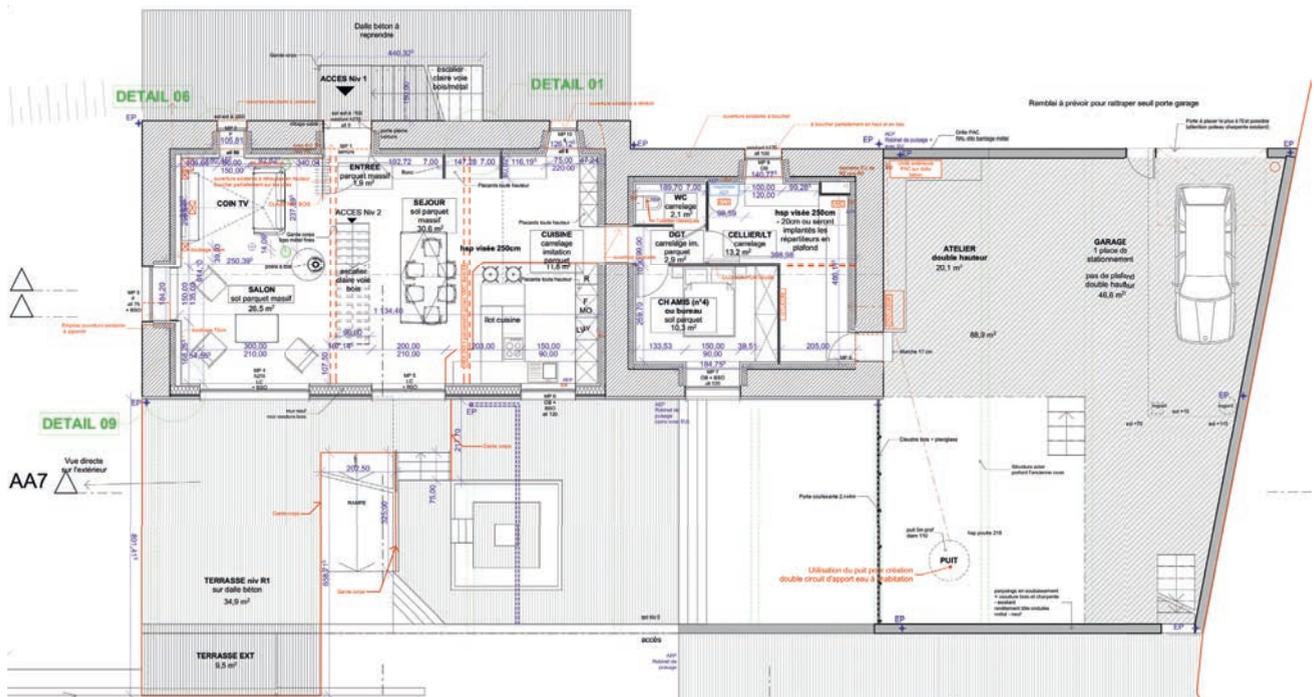


▲ Façades nord et ouest du bâtiment avant travaux (Crédit photos : Joan Casanelles pour Quinze Architecture)





▲ Façade ouest du bâtiment avant travaux : en rouge parties à démolir (Source : Quinze Architecture)



▲ Plan du premier niveau après travaux (Source : Quinze Architecture)

Le diagnostic fait état d'un sous-sol très humide devant être considéré comme un grand vide sanitaire et nécessitant de prendre des mesures pour éviter la migration de l'humidité vers les niveaux supérieurs.

Pour cet espace au sous-sol non intégré dans l'espace passif, il a été prévu une circulation d'air permanente en ne vitrant pas toutes les ouvertures et en supprimant les enduits

ciment non respirants. Au-dessus de cet espace, un plancher étanché à l'air et bien isolé a été créé.

Le premier niveau a une surface habitable de 98 m² et comprend un séjour-salon de 48 m², une cuisine de 20 m², un cellier, une chambre et un WC. Il ouvre au sud sur la pergola/jardin d'hiver (voir plan du rez-de-chaussée ci-avant).

Au nord, les ouvertures initiales étant de petite taille et placées de façon aléatoire, l'agence d'architecture Quinze A a accentué leur irrégularité en les soulignant par des encadrements en bois faisant aussi écho à la façade bois située au sud.



▲ Vue du moulin rénové entrée nord (Crédit photos : Joan Casanelles, Quinze Architecture)



▲ Vue du moulin rénové donnant au sud sur la pergola/jardin d'hiver (Crédit photo : Joan Casanelles pour Quinze Architecture)



▲ L'accès au niveau semi-enterré côté sud (Crédit photo : Cloé Simon, Quinze Architecture)



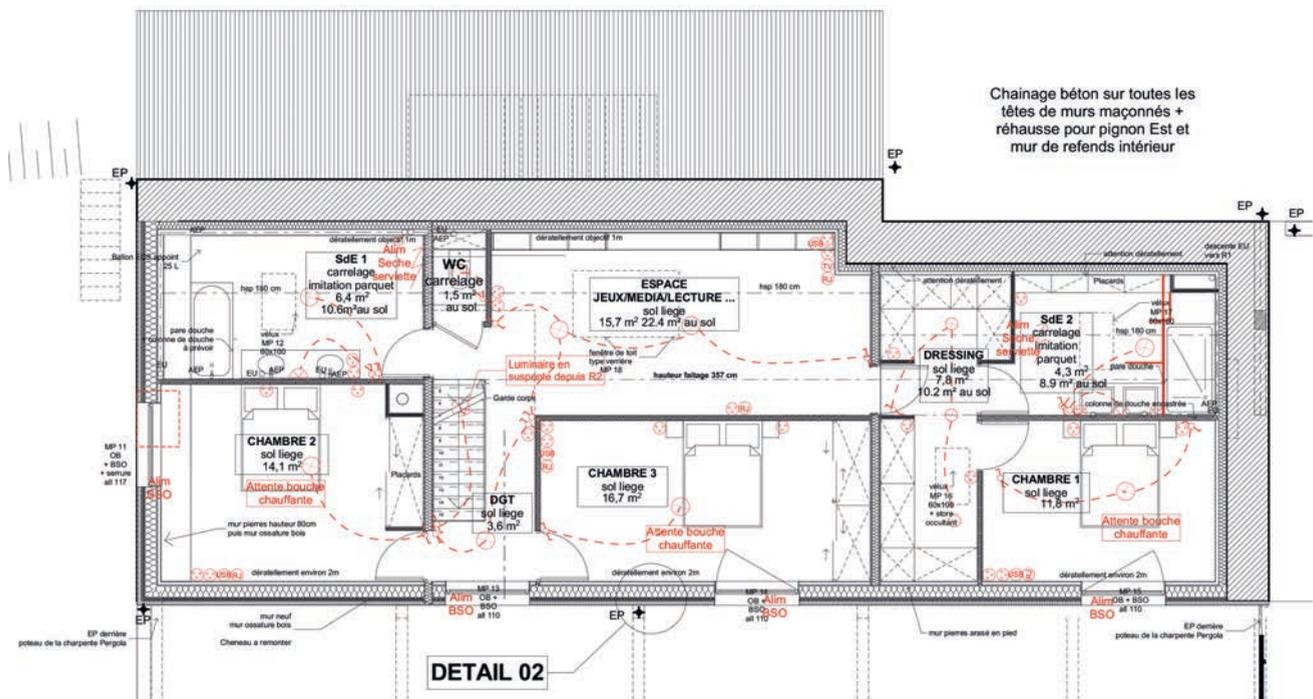
▲ Vue de la terrasse (Crédit photo : Joan Casanelles pour Quinze Architecture)

Le second niveau a également une surface de 97,5 m² au sol (79,9 m² habitables) comprenant trois chambres, deux salles de bain et un espace de jeux.

L'éclairage naturel est assuré par cinq fenêtres de toit VELUX triples vitrages ainsi que par des fenêtres triples vitrages au sud et à l'ouest pour lesquelles des brise-soleil ont été installés.

L'étanchéité à l'air est continue d'un étage à l'autre grâce à un frein-vapeur hygro-réglable Intello de Proclima.

Au bout de la maison, l'atelier puis le garage doivent assurer une continuité architecturale : une tôle noire (métal ondulé) a été ajoutée en mur et toiture pour réaliser un monochrome (voir photo suivante).



▲ Plan du second niveau (Source : Quinze Architecture)



▲ Atelier et garage en structure bois (avec charpente d'origine) dans le prolongement est du moulin (Crédit photo : Joan Casanelles pour Quinze Architecture)



▲ La conservation des éléments historiques (Crédit photo : Joan Casanelles pour Quinze Architecture)

Technique constructive et solutions techniques

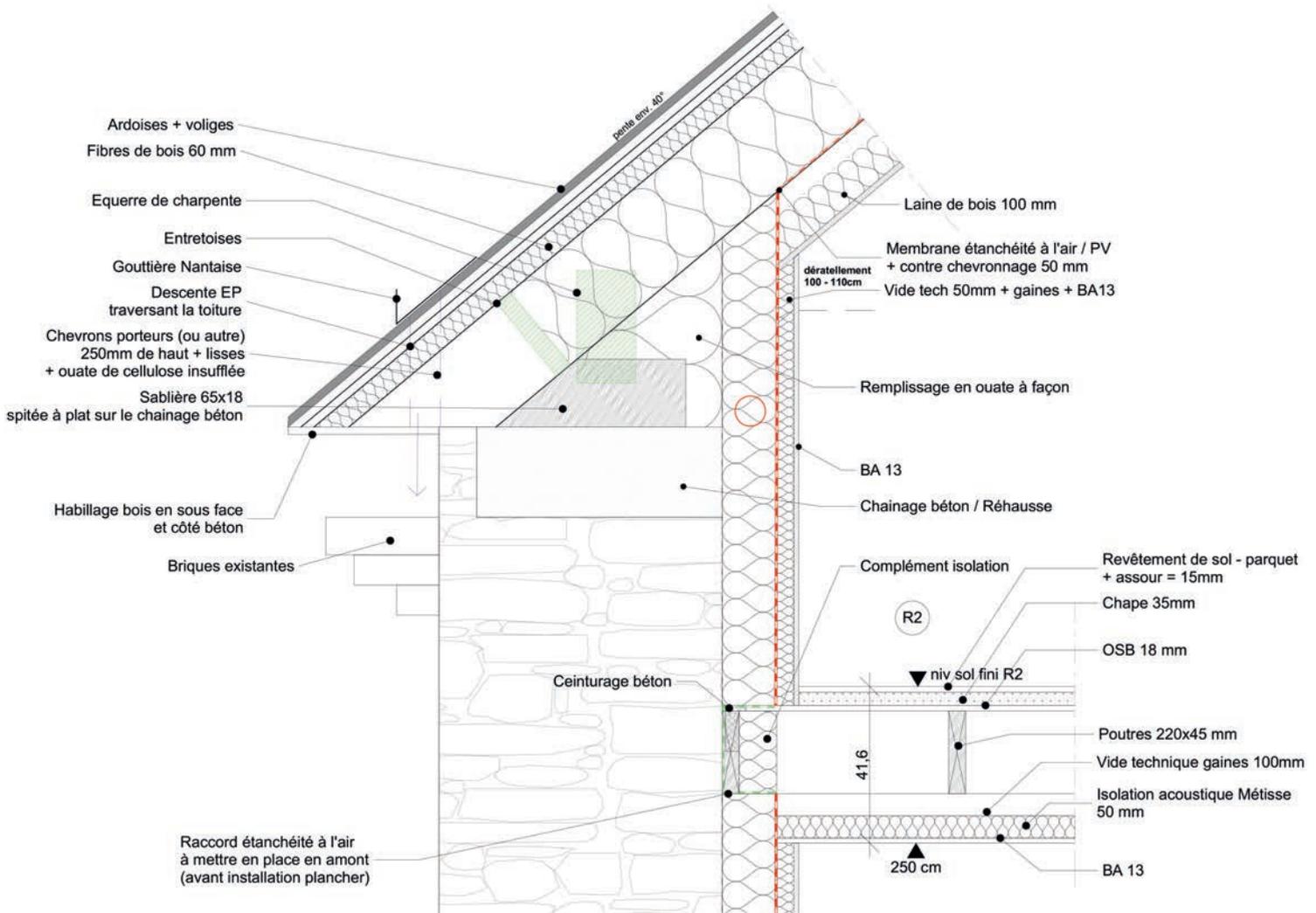
	État initial	État après rénovation	U (W/(m².K))
Murs extérieurs	Murs en pierre	Pierres rejointoyées et reconstituées par endroit, bardage bois sur les murs tombés reconstitués. Pour les murs en pierre (65 cm) : isolation par l'intérieur avec 140 mm laine de bois + 50 mm métisse.	0,177
		Pour le mur à ossature bois (façade sud RDC et R+1 seulement) : 60 mm fibres de bois dense + 220 mm ouate de cellulose insufflée + 50 mm métisse	0,152
Toiture	Toiture non isolée ; ardoises sur charpente bois	Isolation toiture (de l'extérieur vers l'intérieur) : 60 mm fibres de bois dense + 250 mm ouate de cellulose insufflée dans les caissons (Isocel) + 100 mm laine de bois. Les ardoises sont remplacées.	0,139
Plancher bas donnant sur locaux non chauffés, terre-plein...	Plancher en bois brut pour habitation ; béton brut ailleurs	Isolation des planchers conservés pour la structure : 180 ou 220 mm ouate de cellulose + 60 mm Isolant sous chape polyuréthane TMS Efiisol. Partie agricole, garage et sous-sol : dalle béton existante conservée	0,133 et 0,173
Menuiseries extérieures	–	Fenêtres triples vitrages Internorm PVC/Alu KF410 et cinq fenêtres de toit Velux triple vitrage GGL 2066 Porte extérieure isolée Ud = 1,0	Uw = 0,741
Occultations	–	BSO	
Chauffage	–	Bouches chauffantes encastrées Zehnder + poêle à bois STUV 30 compact haut 3-9 kW + sèche-serviettes dans les deux salles de bain Thermor Majorque 600 W gris ardoise	
Eau chaude sanitaire	–	Chauffe-eau thermodynamique Daikin Ech2O 300 L	
Ventilation	–	VMC Double flux Zehnder ComfoAir Q 350	
Énergies renouvelables	–	Panneaux PV	

Le choix des matériaux

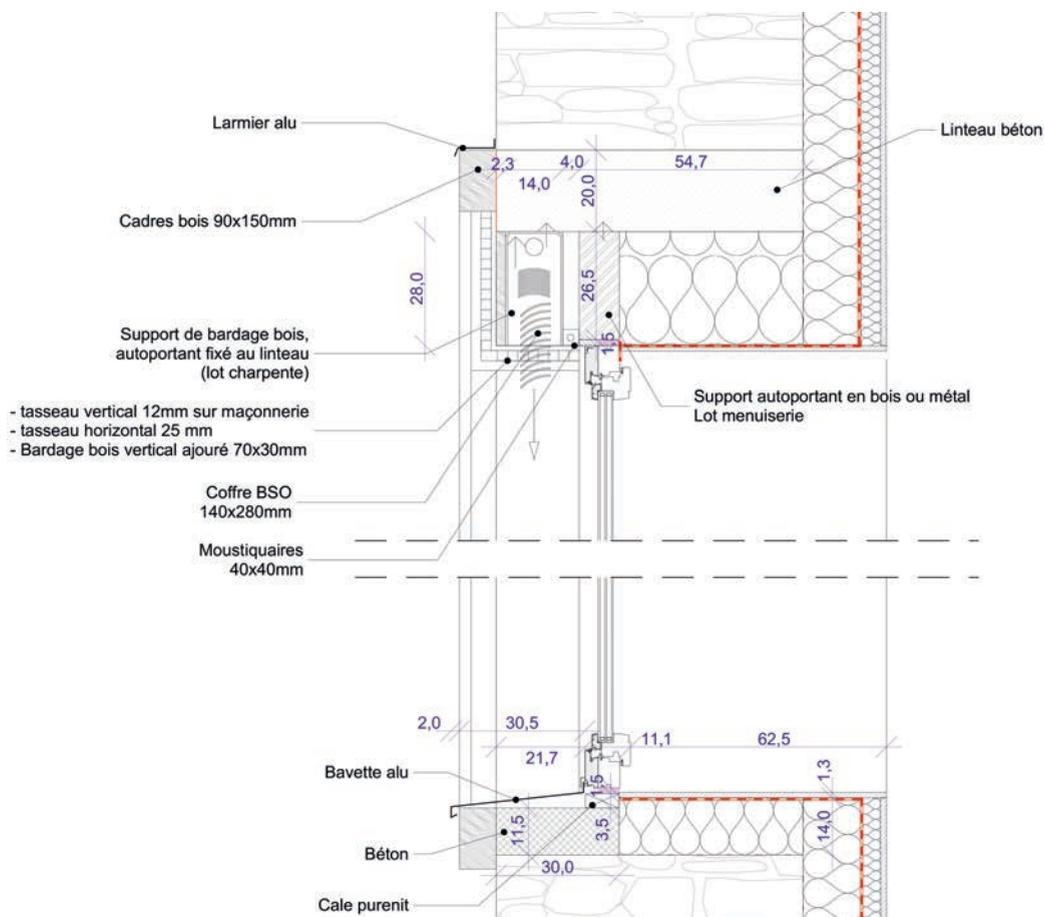
Pour laisser respirer la maison, les matériaux biosourcés sont privilégiés. Les nouvelles parois sont isolées par l'extérieur en ouate de cellulose et fibres de bois. Les parois conservées en pierre sont isolées par l'intérieur en laine de bois et métisse.

La continuité de l'enveloppe pour éviter les ponts thermiques

Un soin particulier a été apporté au traitement des ponts thermiques comme l'illustrent les schémas de détail qui suivent.



▲ Liaison mur en pierre (R2) et toiture (Source : Quinze Architecture)



▲ Insertion de la menuiserie ouest salon avec BSO intégré dans le mur en pierre (coupe)
(Source : Quinze Architecture)

Traitement de l'étanchéité à l'air

Comme l'explique Thomas Bonnin, « le jour du test intermédiaire tout le monde a retenu son souffle et malheureusement le premier résultat de 1 vol/heure a été insuffisant à nos yeux, même s'il était conforme au label EnerPHit. Un défaut d'étanchéité au-dessus d'un mur de refend a été détecté. Comme il est en pierre et en contact avec la façade, l'air y circule librement. Nous avons dû démonter une partie du plancher de l'étage pour colmater la fuite au mieux. Quelques réglages du poêle ont également été nécessaires pour aboutir au final à un résultat de n50 de 0,71 : un résultat exceptionnel pour une réhabilitation si complexe ».

Unité de mesure	Avant travaux	Après travaux
n50 en volume par heure	-	0,71

Le chauffage

Le chauffage est assuré par des bouches chauffantes encastrées liées à la VMC double flux et un poêle à bois a été installé comme chauffage d'appoint.



▲ La vue de la maison (Crédit photo : Joan Casanelles pour Quinze Architecture)

La performance énergétique

Consommation théorique d'énergie avant et après travaux

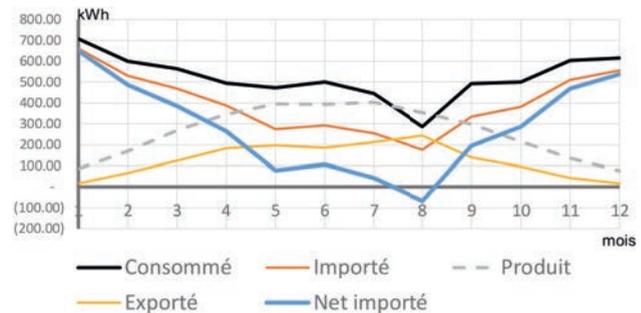
	Avant travaux	Après travaux
Surface de référence (m ²)	–	184,60
Besoin de chauffage (kWh/m ²)*	–	20,3
Consommation en énergie primaire (kWh _{EP} /m ²)*	–	56
Confort d'été (fréquence de surchauffe en % d'heures dans l'année supérieures à 25 °C)*	–	4 %

* Source : PHPP

Consommation réelle sur comptage (données issues de captage Enlighthen)

Usages*	Moyenne années 2021-2022-2023 (kWh/an)	Ratio (kWh/ (m ² .an))
Consommation tous usages	6 282	34,0
Production PV	2 851	15,5
Autoconsommation PV	1 455	7,9
Achat au réseau	4 828	26,2
Vente PV au réseau	1 396	7,6
Bilan net des achats au réseau	3 431	18,6

* Bouches chauffantes, sèche-serviettes, ECS, VMC et tous les usages électriques de la maison.



▲ Bilan énergétique de la maison par mois (moyenne des années 2021 à 2023) (Source : données du maître d'ouvrage)

Le point de vue du maître d'ouvrage

Les maîtres d'ouvrage se disent « très satisfaits de la réalisation. La maison se comporte bien. Pas de malfaçons. Nous visons d'être à l'équilibre en production énergétique d'ici 2026. Nous avons une installation de 3 KW et pensons la doubler, voire plus, en prévision de l'achat d'un véhicule électrique.

La priorité est la végétalisation du terrain (arbre d'ornement et massifs divers), puis de compléter la partie verger (plus de 10 arbres fruitiers actuellement) et de continuer à préparer la partie potagère (amélioration de la terre). Une réserve d'eau de pluie de 6 m³ a été installée.

Le but est d'atteindre une autonomie partielle sur les fruits et légumes, la production énergie et la consommation d'eau (provenant d'un puits). »

Récompenses

Sélectionné pour le prix Archinovo¹ 2021.

Remerciements et sources

Thomas Bonnin, Quinze Architecture, contact@quinze-a.fr ; www.quinze.Archi.

Thomas Primault, bureau d'études thermiques et environnement Hinoki. info@hinoki.eu
Habitat Naturel, hors-série n° 21, janvier 2020 et hors-série n° 22.

1. Le prix Archinovo est un prix d'architecture consacré à la maison contemporaine en France et soutenu par le ministère de la Culture et de la Communication, le Pavillon de l'Arsenal et la Cité de l'architecture et du patrimoine. Il est décerné tous les 2 ans.

Des maisons avec sous-sol



- 1 Un moulin à farine du XV^e siècle**
Montreuil-sous-Pérouse, Ille-et-Vilaine
Rénovation passive vers l'autonomie énergétique



- 2 Une longère sur cave voûtée de 1875**
Tours, Indre-et-Loire
Rénovation passive



- 3 Une grange en pierre du XIX^e siècle**
Sain Bel, Rhône
Rénovation passive, maison sur cave voûtée

Des maisons sur terre-plein



- 4 Un corps de ferme de 1780**
La Roche-Jaudy, Côtes d'Armor



- 5 Une ferme traditionnelle abandonnée depuis 40 ans**
Neuilly l'Évêque, Meuse
Rénovation passive



6 Une maison landaise traditionnelle

Sore, Landes

Rénovation passive vers l'autonomie énergétique, maison de plain-pied



7 Une maison de mineur

Montceau-les-Mines, Saône-et-Loire

Des maisons de ville (mitoyennes)



8 Une maison de pêcheur du XVII^e siècle

Sables d'Olonne, Vendée

Maison de trois niveaux sur cave, en secteur sauvegardé, mitoyenne sur trois côtés



9 Une maison de village proche de la Méditerranée

Roquebrun, Hérault

Rénovation passive, maison de trois niveaux sur cave, en secteur sauvegardé, partiellement mitoyenne sur deux côtés

Des maisons avec sous-sol



10 Requalification architecturale et extension d'une maison des années 1950

Auray, Morbihan
Rénovation passive



11 Une maison des années 1950

Saint-Vallier, Saône-et-Loire
Rénovation passive en site occupé, maison déjà agrandie en 1965



12 Une maison à colombage de 1951

Sentheim, Haut-Rhin
Rénovation passive (Minergie-P), travaux en site occupé



13 Rénovation par étapes d'une maison des années 1960

Saverne, Bas-Rhin
Rénovation passive en site occupé, maison sur cave à faible hauteur sous plafond



14 Rénovation avec extension en toiture d'une maison des années 1950

Romans-sur-Isère, Drôme,
Rénovation passive



15 Rénovation avec extension d'une maison des années 1950

Nazelles-Négron, Indre-et-Loire
Rénovation passive, travaux réalisés en partie en site occupé, maison sur sous-sol et voutain



16 Une maison de ville transformée
en quatre logements passifs

Bruxelles, Belgique

Maison mitoyenne sur deux côtés



18 Une maison semi-enterrée du début des années 1970

Sainte-Consoce, Rhône

Rénovation passive, travaux en site occupé, suppression de la butte et intégration du sous-sol dans la surface habitable

Des maisons sur terre-plein



17 Une maison des années 1960
sur le littoral de la mer du Nord

Ambleteuse, Pas-de-Calais

Rénovation passive



19 Rénovation par étapes d'une maison des années 1970

Le Creusot, Saône-et-Loire

Travaux en site occupé, maison sur sous-sol

Des maisons avec sous-sol



20 Un pavillon typique des années 1980 rénové en passif dès 2010

Magny-les-Hameaux, Yvelines
Travaux en site occupé



22 Une maison sur butte des années 1980

Saint-Eusèbe, Saône-et-Loire
Rénovation passive globale en site occupé,
maison sur sous-sol semi-enterré



21 Une maison de 1985 avec une modénature complexe

Tournon-sur-Rhône, Ardèche
Rénovation passive par étapes en site occupé



23 Une maison des années 1990

Saint-Eusèbe, Saône-et-Loire
Rénovation passive globale en site occupé, maison sur sous-sol semi enterré

Des maisons sur terre-plein



24 Une maison bretonne des années 1970 avec extension
Montgermont, Ille-et-Vilaine
Rénovation passive



26 Une maison des années 1980 avec extension
Thoiry, Ain
Rénovation passive, travaux en site occupé



25 Un pavillon innovant de la première réglementation thermique (1974)
Saint-Cyr-au-Mont-d'Or, Rhône
Rénovation passive, intégration d'une partie du sous-sol dans la surface habitable



27 La standardisation de la rénovation de logements sociaux
Ossé Châteaugiron, Ille-et-Vilaine
Travaux uniquement énergétiques en site occupé