

CHANTIERS PROFEEL DE RÉNOVATION GLOBALE

Réalisation, suivi et analyse
de la mise en œuvre

CHANTIER - AGNEAUX (50)

PROJET RESTORE - AGNEAUX (50)



Architecture Yves Pilon



SOMMAIRE

	CONTEXTE	01
1	RÉNOVATION D'UNE MAISON JUMELÉE OU EN BANDE 1975-1981	02
2	POURQUOI CETTE SOLUTION POUR CETTE MAISON ?	04
3	LA SOLUTION DE RÉNOVATION	08
4	LES ÉTAPES DU CHANTIER DE RÉNOVATION	10
5	LES ACTEURS DU PROJET	14
6	PHASAGE DES TRAVAUX DE LA CONCEPTION À LA LIVRAISON	16
7	COORDINATION DES TRAVAUX, LES ÉTAPES PAR LOT TECHNIQUE	18
8	POINTS TECHNIQUES, RISQUES, FOCUS ET SOLUTIONS	20
9	DESCRIPTION TECHNIQUE	22
10	PERFORMANCE DE LA SOLUTION	30
11	COÛT DE LA SOLUTION ET AIDES DISPONIBLES	34
12	RÉPLICABILITÉ DE LA SOLUTION TECHNIQUE	36
13	RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR LE CHANTIER	38
14	LE PROJET RESTORE CONTEXTE ET OUTILS	40



Issu du programme **PROFEEL**, le projet **RESTORE** a pour objectif de tester, développer et enrichir des solutions techniques intégrées, innovantes et répliquables pour faciliter le déploiement à grande échelle de la rénovation globale et performante de maisons individuelles. Dans la pratique, l'ambition du projet **RESTORE** est de fiabiliser et optimiser ces solutions de rénovation pour des types de maisons très répandus à l'échelle d'un territoire, d'une région, voire de la France entière.



Les abords des villes normandes sont parsemés de maisons individuelles qui ont des caractéristiques proches. Construites en brique, parpaing ou béton lors de la Reconstruction (1945-1955) ou à la suite du premier choc pétrolier (1973), leurs occupants sont aujourd'hui à la recherche de solutions de rénovation performantes et de qualité.



La solution Baticok 2 développée dans le cadre du projet s'applique à certains types de maison dont celles dites « maisons jumelées ou en bande 75-81 » dont fait partie la **maison située à Agneaux** présentée dans cette fiche.



La rénovation de cette maison est un enjeu crucial pour le projet RESTORE car le suivi de ce chantier permet de constituer un retour d'expérience riche d'enseignements quant aux verrous techniques, économiques ou sociaux qui ralentissent la massification des rénovations de maisons individuelles. Ce chantier RESTORE est également l'occasion d'instrumenter les composants d'enveloppe et de mesurer les consommations et conditions de confort après travaux afin d'évaluer la performance réelle de la maison rénovée.



Sur chantier, la rénovation s'est déroulée en une étape avec isolation de la toiture et isolation des murs par l'extérieur (ITE) qui enveloppe intégralement la maison grâce à des panneaux préfabriqués artisanalement en bois. Un regard précis sur l'étanchéité à l'air, sur le choix des matériaux et sur la sélection d'équipements de ventilation et chauffage peu carbonés font de cette rénovation un exemple de qualité constructive et environnementale, réalisée par des acteurs normands compétents et passionnés par leur métier.



Cette fiche raconte l'histoire de ce chantier d'exception qui a vu travailler de concert professionnels, experts et scientifiques vers un objectif commun : le développement d'une solution de rénovation globale et performante adaptée à une typologie de maison caractéristique de la région normande.

RÉNOVATION D'UNE MAISON JUMELÉE OU EN BANDE 1975-1981



Carte d'identité

Année de construction	1981
Surface habitable	118 m²
Nombre d'étages	RDC+1 sous combles
Présence sous-sol	Non
Présence combles aménagés	Oui
Mitoyenneté	Oui côté garage
Historique	Pas de travaux antérieurs

Typologie

Maison jumelée ou en bande 1975-1981 (Type B4.2)

Pour en savoir plus

- Consultez la fiche typologie
- Consultez la classification typologique RESTORE pour une vue d'ensemble de l'approche typologique



Solution

BATICOK 2, ITE toiture+mur préfabriquée artisanalement ou montée manuellement.

Pour en savoir plus

- Consultez la fiche solution BATICOK 2*
- Visionnez le timelapse

* La fiche solution a été conçue au cours du programme de recherche Rénostandard. La solution a été adaptée pour le chantier d'Agneaux.

Témoignages

« Ce chantier met en avant une méthode de rénovation de qualité : isolante, étanche à l'air, avec des produits biosourcés et des acteurs locaux engagés. »

CSTB, équipe de suivi du chantier et de mesure de performance

« La solution Baticok2, c'est une conception d'enveloppe préfabriquée en atelier et posée comme si on mettait un bonnet sur la maison. On vient envelopper l'ensemble d'un coup en traitant les interfaces, notamment l'interface toiture/mur. »

Jean Hourany, thermicien du bâtiment et auditeur habilité par la région Normandie

« On voulait essayer d'atteindre les performances du neuf en rénovation et consommer le moins possible. Le but était d'avoir une maison confortable. »

Ménage (couple avec enfant), projet d'une maison à haute performance thermique et énergétique

« Comme nous sommes à l'atelier, nous avons le temps d'anticiper mieux les choses. On prend le temps de bien faire les liaisons et du coup, sur place, avant même d'avoir fait les corrections, on avait une étanchéité à l'air d'une maison neuve. »

Julien Couillard, entreprise de menuiserie charpente ossature bois

AVANT RÉNOVATION

MURS

Façade en panneau préfa béton + ITI mixte PSE + 7 cm de laine de verre

CHAUFFAGE ET ECS

Chaudière de 1992

TOITURE

Charpente en bois + laine de verre sous rampants + ardoises



Façade sud-ouest



Façade nord-est



PLANCHER BAS

Dalle de béton isolée (2 cm de polystyrène) sur terre plein

MENUISERIES

Bois ou PVC avec volets roulants Double vitrage 4/6/4

VENTILATION

Ventilation simple flux autoréglable

PIGNONS

En béton plein + laine de verre ITI

APRÈS RÉNOVATION

Maison rénovée : isolation complète de l'enveloppe, extension de l'étage et remplacement des systèmes (voir la solution détaillée dans la partie 3 : La solution de rénovation)



Façade sud-ouest



Façade nord-est

INNOVATION

Isolation performante avec matériaux biosourcés et forte étanchéité à l'air. Panneaux d'ITE préfabriqués pour murs et toiture

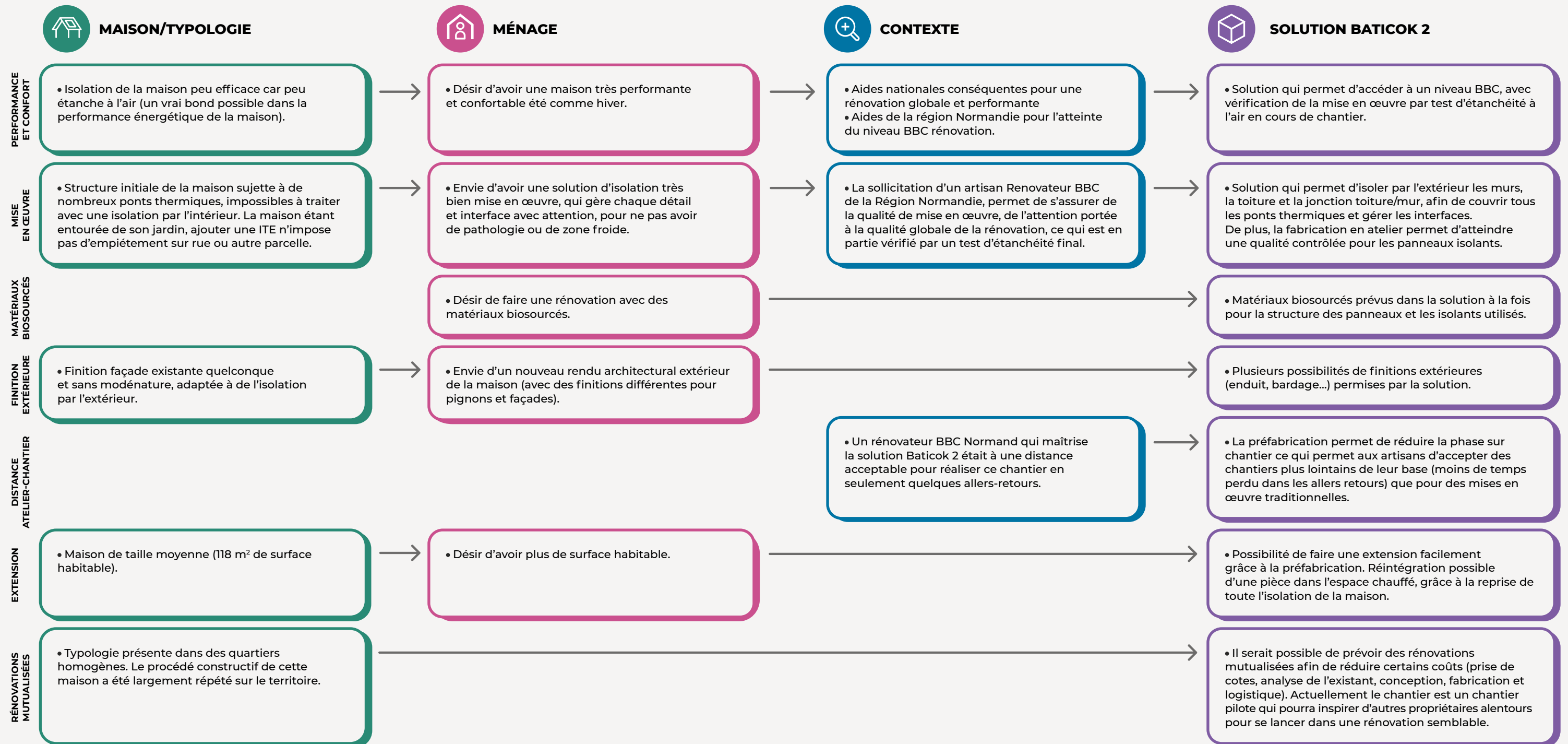
POURQUOI CETTE SOLUTION POUR CETTE MAISON ?

Avantages de la solution

Les maisons du type jumelées ou en bande construites entre 1975 et 1981 sont particulièrement compatibles avec la solution Baticok 2 (isolation par l'extérieur avec préfabrication et matériaux biosourcés). Cette compatibilité s'explique par plusieurs facteurs : leur **structure en béton** capable de supporter des panneaux rapportés en ossature bois, leur **volumétrie simple**, le **peu d'éléments saillants en façade et en toiture** facilitant le calepinage, ainsi qu'une inertie thermique à préser-

ver pour le confort estival. De plus, elles offrent un **fort potentiel d'amélioration en matière de performance énergétique, de confort hivernal** et d'esthétique architecturale, avec en prime la possibilité d'un **agrandissement par surélévation**. Souvent regroupées en périphérie urbaine, ces maisons se prêtent également à des projets de rénovation mutualisés, particulièrement adaptés à la préfabrication.

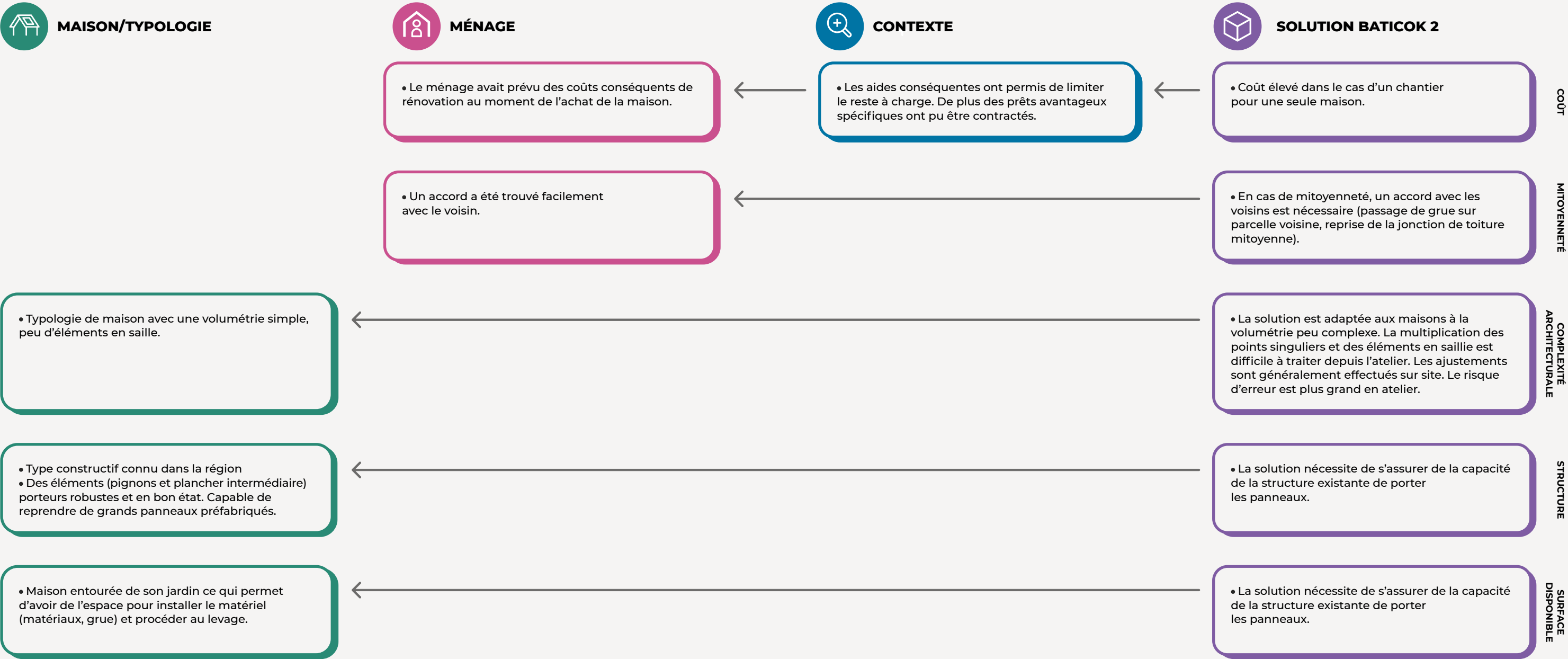
C'est la correspondance entre la maison, le ménage, le contexte et la solution qui a permis ce chantier :



POURQUOI CETTE SOLUTION POUR CETTE MAISON ?

Limites de la solution

La solution présente aussi des contraintes et des limites qui, dans le cadre de ce chantier, ont pu être adressées :



LA SOLUTION DE RÉNOVATION

La solution Baticok 2 répond à l'objectif du ménage de réaliser une rénovation globale et performante de leur maison. La solution innovante accompagnée par le projet Restore consiste en la rénovation complète de l'enveloppe : l'isolation de la toiture et des murs, le remplacement des fenêtres et le traitement des interfaces. La maison étant de plain pied, une solution d'isolation des soubassements de murs en périphérie a été choisie et le plancher sur garage a aussi été isolé. Par ailleurs, des équipements performants ont été installés pour la ventilation, le chauffage, l'eau chaude sanitaire (ECS) et la production d'électricité via des panneaux photovoltaïques.

PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES

- Centrale photovoltaïque avec onduleur sans batterie branché sur le réseau.
- Intégration IAB en toiture sur la résidence principale.
- Surface du champ solaire 18 m².
- Panneaux laminés verre : 3 lignes, 5 colonnes.

EAU CHAUDE SANITAIRE

- Chauffe-eau solaire.
- 2 capteurs en toiture + ballon 300 L (double serpentin). Appoint par résistance électrique.
- Raccordement et évacuation sur réseau existant à proximité.

VENTILATION

VMC double flux

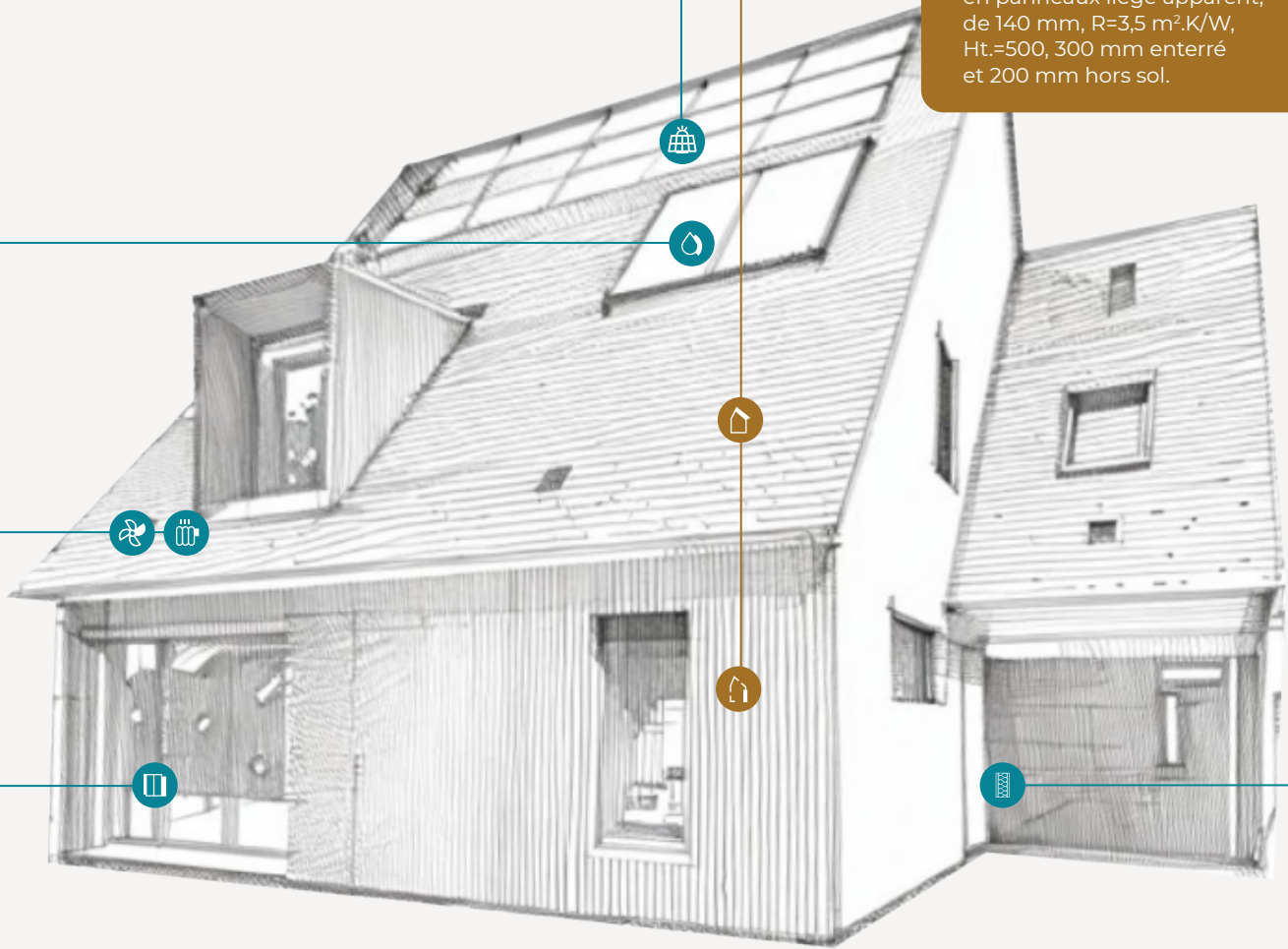
- Préchauffeur intégré avec by-pass d'été automatique.
- Efficacité thermique certifiée NF EN 13141-7 à 96 %.
- Certifié PHI

CHAUFFAGE

- Poêle à granulés en acier noir :
 - puissance nominale 7 kW ;
 - rendement 92,7 % ;
 - taux de co 0.0064 % Norme en 14785.
- Appoint de chauffage par des sèches-serviette.

MENUISERIE

- Mixtes aluminium – bois : essence frêne, pin maritime ou douglas et alu mat à l'extérieur.
- Triple vitrage : 4/15/4/15/4, intercalaires warm edge noir,
- remplissage argon, 2 faces faible émissivité, Ug = 0,6.
- Pose en tunnel dans le caisson isolé.
- Occultations : volets roulants extérieurs



INTERFACES

Traitement des interfaces

- Jonction de la toiture du garage avec la maison mitoyenne.
- Continuité de l'isolation entre mur et toiture.
- Étanchéité à l'air entre menuiseries et mur en bois.
- Étanchéité à l'air à la périphérie des percées des équipements CVC (conduit du poêle, sorties de la ventilation...) dans l'enveloppe de panneaux préfabriqués.
- Isolation du soubassement en panneaux liège apparent, de 140 mm, R=3,5 m².K/W, Ht.=500, 300 mm enterré et 200 mm hors sol.

TOITURE & MUR

ITE Panneaux préfabriqués artisanalement

- Ossature bois remplie de ouate de cellulose insufflée.
- Finitions variées : ardoise en couverture, enduit pour les pignons et bardage bois pour les façades.

Isolation de toiture
R total = 7.06 m².K/W

- Contreventement de toiture : Panneaux agglomérés avec revêtement étanche à l'air posé en sous face intérieure de la toiture.
- Pare-pluie : panneau fibre de bois sur la toiture, Acermi 60 mm R=1.42 m².K/W avec contrelattes 60/40 mm.
- Isolant : ouate de cellulose insufflée dans l'épaisseur des chevrons

Isolation extérieure des murs
R total = 5.14 m².K/W

- Support d'isolation : ossature en épicea traité rabotée, 45/145 mm, tous les 60 cm entretoisée.
- Contreventement Intérieur : panneaux agglomérés avec revêtement étanche à l'air posé en face intérieure des murs.
- Pare-pluie : panneau fibre de bois rigide. Acermi 60 mm R=1.42 m².K/W.
- Isolation : ouate de cellulose insufflée, 55 kg/m³, de 145 mm R=3,72 m².K/W, ACERMI.
- Revêtement : bardage douglas en pose verticale pour les façades et enduit pour les pignons.

EXTENSION À L'ÉTAGE

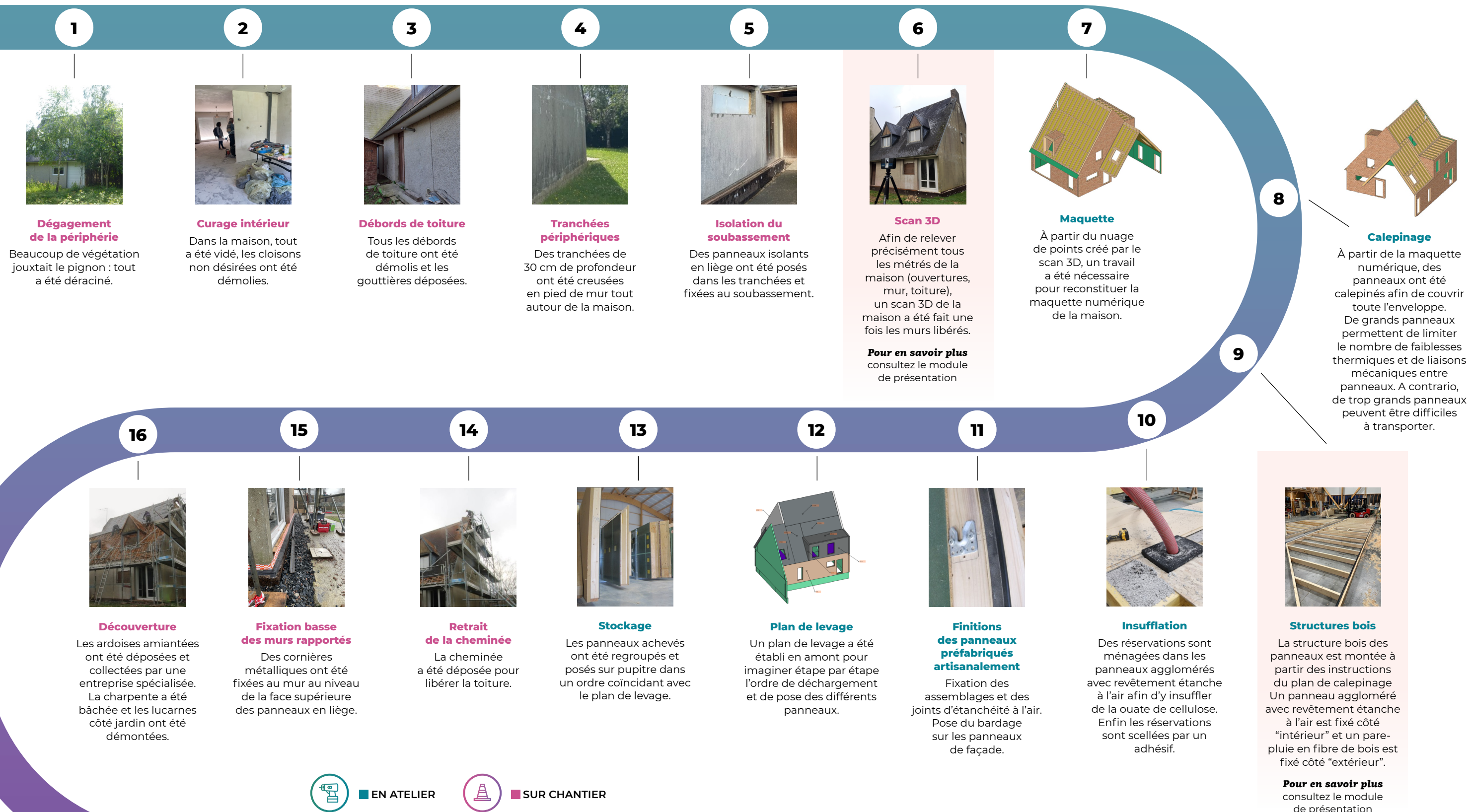
Côté jardin, une extension par redressement d'une partie de la toiture a été réalisée :

- Structure de toiture en chevrons porteurs.
- Charpente pour toiture zinc en 45/220 cm, servant de chevrons porteurs de faitage à sablières, entraxe 600 mm entretoisée.
- Panneaux ITE préfabriqués en ossature bois et ouate de cellulose (comme pour les autres murs).
- Finition zinc (avec voliges) pour les parois verticales et pour la toiture de l'extension.
- La mise en œuvre de l'extension a été facilitée par le choix de la solution innovante d'ITE en préfabriquée.

ISOLATION GARAGE (ESPACE NON CHAUFFÉ)

- Isolation du mur mitoyen au garage : isolant mixte chanvre lin coton de 145 mm, R=3.7 m².K/W, ACERMI sur ossature métallique, avec membrane d'étanchéité HPV, parement en panneau aggloméré avec revêtement étanche à l'air contre ossature métallique servant de vide technique.
- Isolation du plafond du garage : isolant mixte jute lin coton de 120 mm R=3,15 m².K/W, ACERMI avec une membrane d'étanchéité à l'air HPV et un parement en panneau aggloméré avec revêtement étanche à l'air sur ossature métallique.
- Isolation du plafond de l'auvent : isolant mixte jute lin coton de 120 mm R=3,15 m².K/W, ACERMI et un parement en plaque fibrociment de 8 mm sur ossature bois.

LES ÉTAPES DU CHANTIER DE RÉNOVATION





Assemblages

Certaines pannes ont été supprimées, d'autres remplacées. La charpente a été globalement renforcée à divers endroits notamment au niveau de l'extension pour reprendre les efforts du long pan.



Couverture 1/2

Le couvreur a rapidement refermé la toiture le long de la maison voisine. Ensuite il a posé le lattage et les ardoises en laissant certaines zones accessibles pour d'autres acteurs.

24

25

26

23



Lucarne

La lucarne monobloc assemblée en atelier a été posée lors du levage et fixée sur les caissons de toiture. Des adhésifs ont été posés en pied de jouées pour éviter les infiltrations.

22



Mise en œuvre des panneaux de toiture préfabriqués

Après le levage des murs, les caissons de toiture ont été posés sur la charpente existante en partant de la rive de toiture jusqu'au faitage. Les éléments sont ensuite fixés aux chevrons existants avec des vis à application structurale.

21

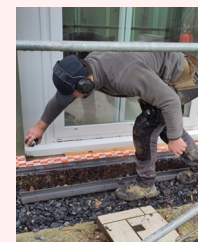


Mise en œuvre des panneaux de murs préfabriqués

Chaque panneau est levé et glissé entre l'échafaudage et la maison. La fixation s'est faite entre panneaux par insertion dans les assemblages prévus. Pour les panneaux de pignon, cela s'est fait par vissage de la cornière supérieure qui portait le panneau suivant.

Pour en savoir plus consultez le module de présentation

20



Préparation de la jonction basse

Pour assurer l'étanchéité au niveau des cornières basses, une bande de mousse compressible a été mise en œuvre.

Pour en savoir plus consultez le module de présentation

19



Implantation du levage

La grue a été placée afin de couvrir toute l'emprise de la maison sans obstacle. Les premiers pupitres ont été posés de manière à suivre le plan de levage. Une demande à la mairie peut être faite si la circulation nécessite d'être détournée.

Pour en savoir plus consultez le module de présentation

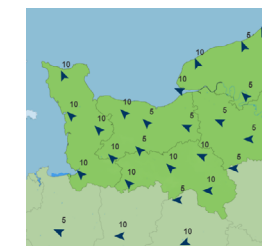
18



Transport des panneaux

Le transport des panneaux de l'atelier au chantier a été réalisé sur remorque. Il a fallu changer l'itinéraire car le convoi était quelques centimètres trop haut pour passer dans un tunnel. Deux trajets ont été nécessaires.

Pour en savoir plus consultez le module de présentation



Coordination du levage

Afin d'anticiper au mieux le levage un temps a été consacré à sa coordination :

- Une communication a été réalisée pour prévenir les acteurs (grutier, transporteur, tous les ouvriers charpentiers) du séquençage des étapes.
- Le planning de levage a été ajusté en cohérence avec la météo.

27



Panneaux ENR

Les percées prévues en réunion de chantier étant réservées dans la nouvelle enveloppe, les installateurs ont pu poser et raccorder les panneaux solaires thermiques et photovoltaïques en quelques jours.

28



Couverture 2/2

La couverture a pu être finalisée en complétant le faitage et en couvrant le garage avec attention pour gérer l'étanchéité avec le pignon.

29



Fenêtres

La pose des fenêtres s'est faite en tunnel dans les panneaux préfabriqués en faisant particulièrement attention à l'étanchéité à l'air en périphérie.

30



Étanchéité à l'air

Une fois le clos et le couvert parachevés, un test d'étanchéité à l'air a été réalisé afin que des corrections puissent être réalisées avant que le lot plâtrerie ne prenne le relais.

31



Enduisage

Les deux pignons ont pu être enduits directement sur le pare-pluie dont les caractéristiques ont été vérifiées pour cet usage.

32



Travaux intérieurs

De nombreux travaux complémentaires ont eu lieu : pose du poêle, plâtrerie, cloisons et plafonds, revêtements de sol, peintures.



Emménagement

Travaux intérieurs



■ SUR CHANTIER

LES ACTEURS DU PROJET



CHARPENTIER OSSATURE BOIS

Entreprise
Couillard Père & fils
Julien Couillard

Menuiserie / Charpente / Isolation
Rénovateur BBC Normandie
depuis 2015. Créée en 1978, l'entreprise
est gérée par Julien Couillard
depuis 2012.

- Fabrication de menuiseries bois,
charpentes, escaliers, agencements,
rénovation thermique.
- Pose de tout type de menuiseries,
isolation intérieure et extérieure,
plâtreries, étanchéité à l'air, bardages.
- 20 rénovations BBC depuis 2015.

Pour en savoir plus
[www.menuiserie-
charpente-couillard.fr](http://www.menuiserie-charpente-couillard.fr)



AUDITEUR Bâtiderm ingénierie

Jean Hourany

BET Efficacité énergétique du
bâtiment. Auditeur normand depuis
2014. Créée en 2012, l'entreprise
est gérée par Jean Hourany.
15 ans d'expérience en thermique
et 16 ans en R&D dans l'industrie.
Études thermiques, approche globale,
mesures, simulation thermique
dynamique. Maîtrise d'œuvre
en rénovation thermique.
Accompagnateur Renov depuis 2025.

Pour en savoir plus
www.batiderm.fr



ARCHITECTE

Yves Pilon

Rénovateur BBC Normandie.
Pour ce chantier, auteur
du projet architectural et
de la pré-étude rénovation
BBC demandée par la
région. Missionné jusqu'à la
consultation des entreprises,
le ménage a décidé de faire
ensuite appel à une entreprise
intégrant plusieurs lots. La
mission de suivi de chantier
n'a pas été effectuée par
l'architecte même si elle aurait
pu être bénéfique moyennant
une adaptation au cas
particulier de ce chantier.



LES ASSUREURS

Après échanges, l'assureur
du charpentier a accepté
de couvrir pour ce chantier
particulier, la mise en
œuvre de techniques
non courantes.



LE PLOMBIER



PLAQUISTE- PEINTRE



L'ÉLECTRICIEN



BUREAU SCAN 3D ET INFILTROMÉTRIE

Manuel Adam



LE COORDINATEUR

La coordination des travaux
thermiques a été réalisée par
le charpentier/isolateur qualifié
rénovateur BBC Normandie
qui gère les lots murs,
toitures et menuiseries avec la
collaboration directe des autres
entreprises et du particulier qui
avait des compétences dans le
domaine. Cette configuration
est propre à ce chantier et
aux profils des acteurs. Dans
d'autres cas, cette mission peut
être assumée par une MOE
ou tout autre acteur spécialisé
maîtrisant les spécificités de la
solution Baticok 2.



LE PILOTE DU PROJET RESTORE

Entreprise publique à caractère
industriel et commercial créée
en 1947, le CSTB travaille au service
des acteurs de la construction et
de l'aménagement urbain.
Le CSTB est ainsi pilote du projet
RESTORE développé dans la cadre
du programme PROFEEL.
Le projet RESTORE est en lien avec
le programme de recherche du
CSTB « Réhabilitation multicritère
des bâtiments ».

Pour en savoir plus
Consultez le programme de recherche



LES OCCUPANTS

Les occupants
ont participé à certains
travaux.



LE MAÇON



L'ENDUISEUR



CHAUFFAGISTE (INSTALLATEUR DU POËLE)



INSTALLATEUR CHAUFFE EAU SOLAIRE, PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES ET VENTILATION MÉCANIQUE



LE COUVREUR

PHASAGE DES TRAVAUX DE LA CONCEPTION À LA LIVRAISON

AVANT LE CHANTIER



Sept. 2021
à mai 2022



Juin à
nov. 2022

PENDANT LE CHANTIER



Août 2023
à nov. 2023



Nov. 2023



Déc. 2023
à mars 2024



Mars 2024



Mars à
mai 2024



Mai à
sept. 2024



Conception du projet

La maison a été achetée par le ménage en septembre 2021. Ensuite, le projet de rénovation a été développé à partir d'un projet conçu par l'architecte Yves Pilon et d'un audit énergétique réalisé par l'auditeur Jean Hourany. Un permis a été déposé en mairie et un dossier d'aides financières a été constitué.



Consultation et visite du charpentier rénovateur BBC

La consultation des entreprises s'est faite d'abord avec l'architecte. Puis, ne trouvant pas de réponse globale adaptée à son projet de rénovation, le particulier a sollicité le conseil de l'auditeur qui l'a mis en contact avec Julien Couillard, charpentier spécialisé en rénovation thermique performante. Ce dernier a visité la maison pour analyser l'ampleur du chantier et établir la faisabilité de la solution Batikok 2. N'étant disponible qu'un an plus tard, les devis ont été produits et signés seulement en 2023.



Préparation du chantier

Les murs et la toiture ont été débarrassés des éléments en saillie gênant pour la pose des panneaux. Une nouvelle ouverture a été aménagée dans le pignon côté garage. Le bloc VMC double flux a été installé. Le soubassement a été isolé avec du liège mis en œuvre dans des tranchées creusées en pied de mur. Aucune pathologie ou défaut de planéité n'a nécessité de reprendre les murs.



Scan 3D & Modélisation

Un scan 3D a été réalisé pour établir les mètres précis de la maison existante et construire une maquette 3D numérique de l'existant. La maquette a servi de base à l'élaboration des plans de fabrication mais aussi à la gestion des interfaces entre l'ensemble des entreprises.



Préfabrication artisanale en atelier des panneaux de murs et toiture

À partir de la maquette, un plan de calepinage a été produit permettant de préfabriquer dans l'atelier du charpentier des panneaux ajustés de toiture et de mur en ossature bois et remplis d'ouate de cellulose soufflée. Cette phase de conception primordiale a été réalisée avec beaucoup de précision.



Livraison, levage et fixation des panneaux préfabriqués d'ITE

Les panneaux ont été regroupés dans des pupitres dédiés au transport et stockage afin d'être acheminés sur site par camion en quelques allers-retours. Leur placement dans les pupitres a été choisi pour faciliter la séquence de levage. Les panneaux ont été grutés et fixés à la toiture et aux murs par l'intermédiaire de cornières et d'équerres métalliques. Pour assurer l'étanchéité à l'air de l'enveloppe, des joints et des bandes compressibles ont été posés à chaque interface entre panneaux et sur le pourtour des ouvertures et des réservations (fenêtres, gaines techniques...). Tout cela a été réalisé en seulement deux jours.



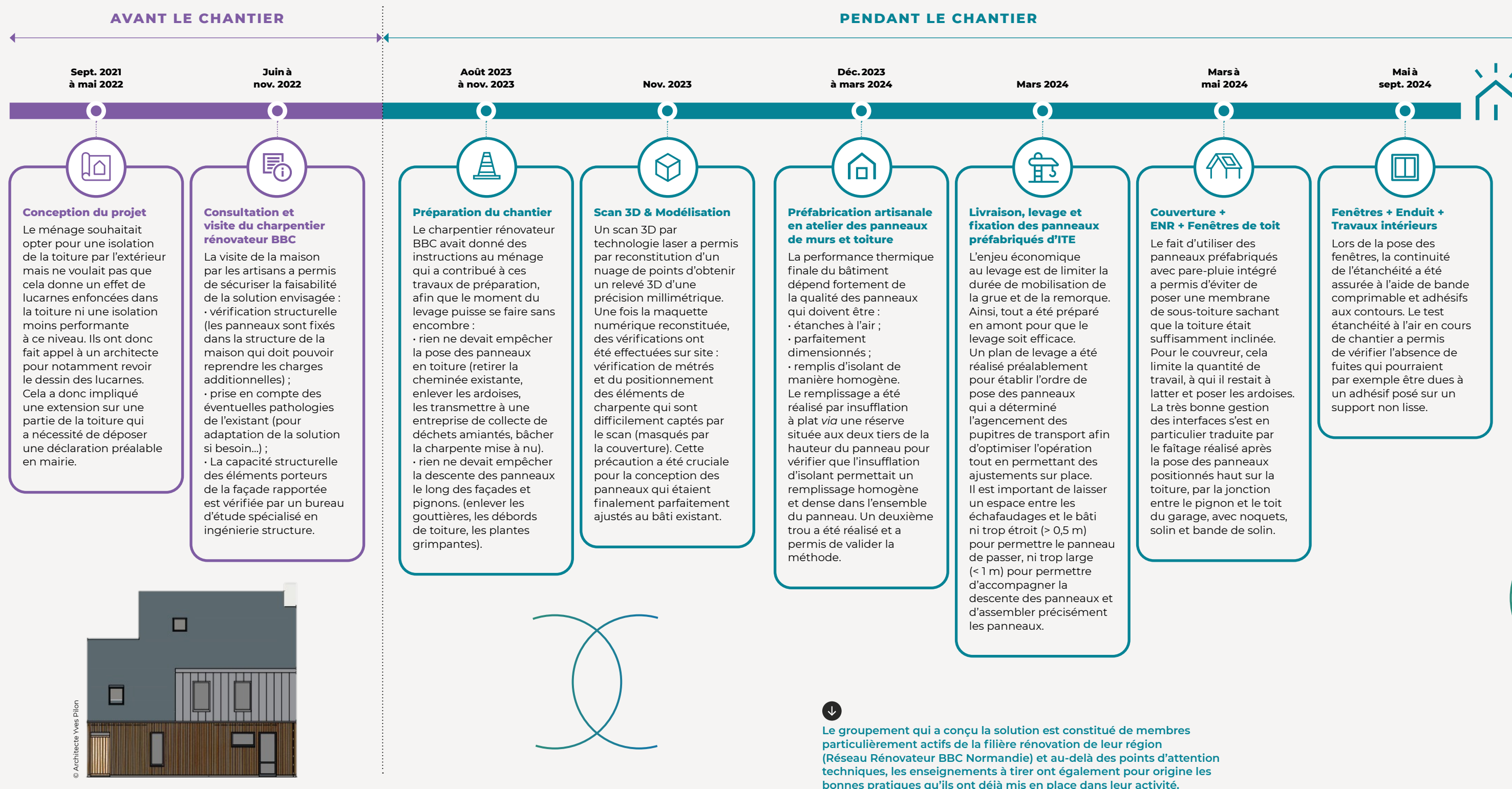
Couverture + ENR + Fenêtres de toit

La nouvelle couverture en ardoises a été posée et combinée à une installation de panneaux photovoltaïques et thermiques. L'extension a été couverte par un revêtement en zinc. Des fenêtres de toit ont été installées au nu extérieur de la toiture.

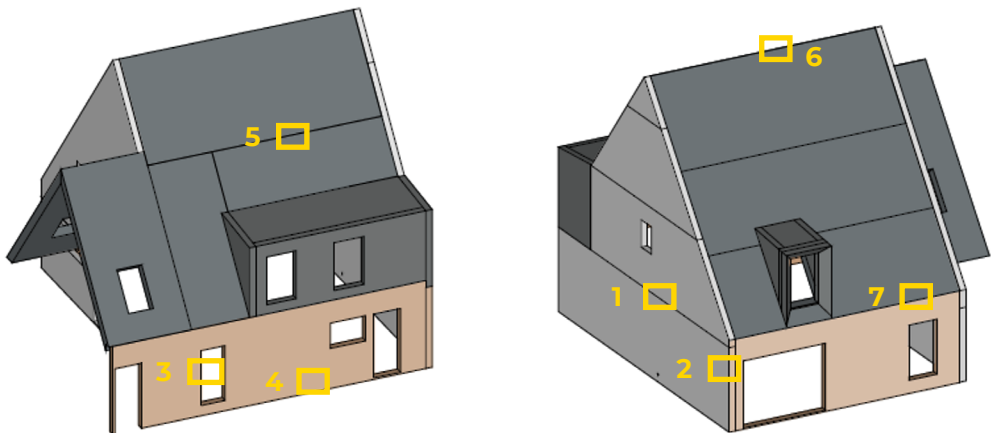


Fenêtres + Enduit + Travaux intérieurs

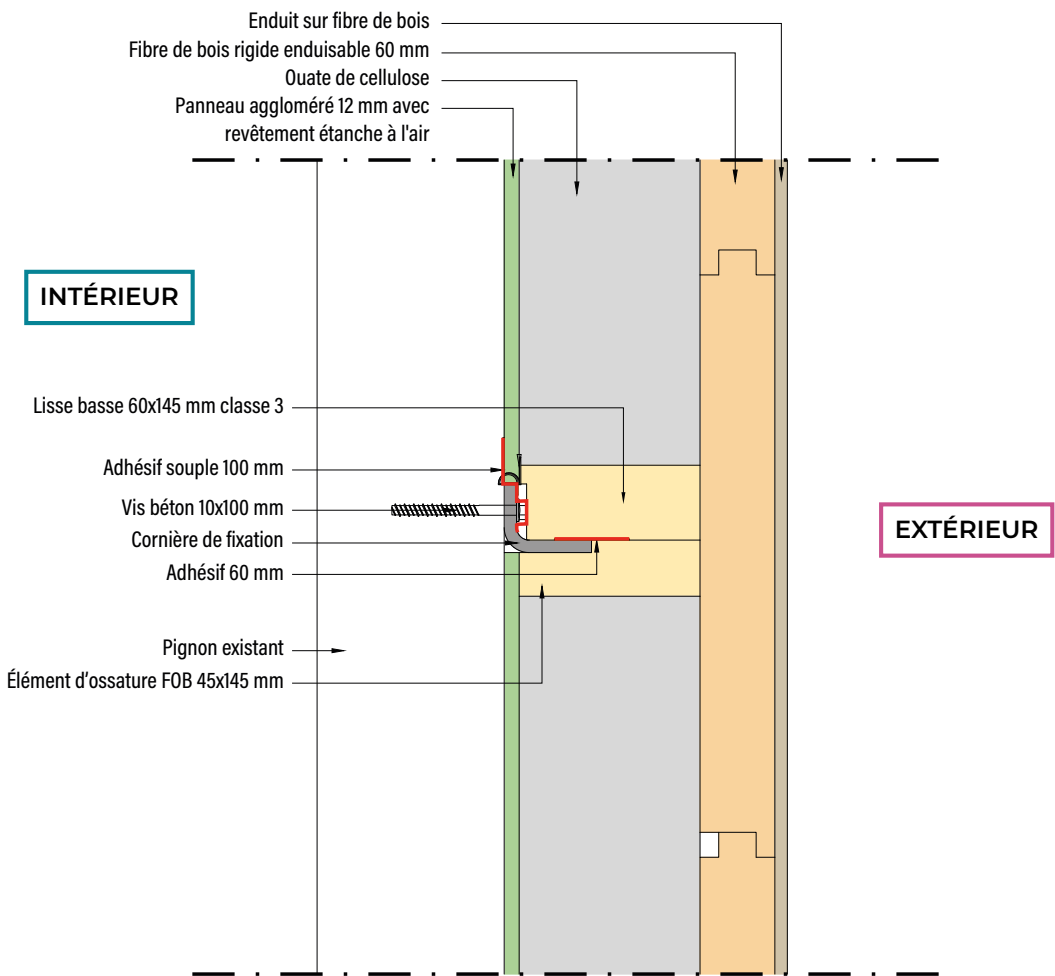
Une fois les fenêtres prêtes, celles-ci ont pu être posées en tunnel, dans la continuité de l'isolant. Un test d'étanchéité à l'air réalisé préalablement aux finitions a permis de détecter quelques fuites mineures qui ont été corrigées directement en conséquence. Ensuite, l'enduisage des deux pignons et les travaux intérieurs ont été réalisés (installation poêle, électricité, plomberie, plafond cloisons, sol, peinture) et les habitants ont pu investir les lieux.



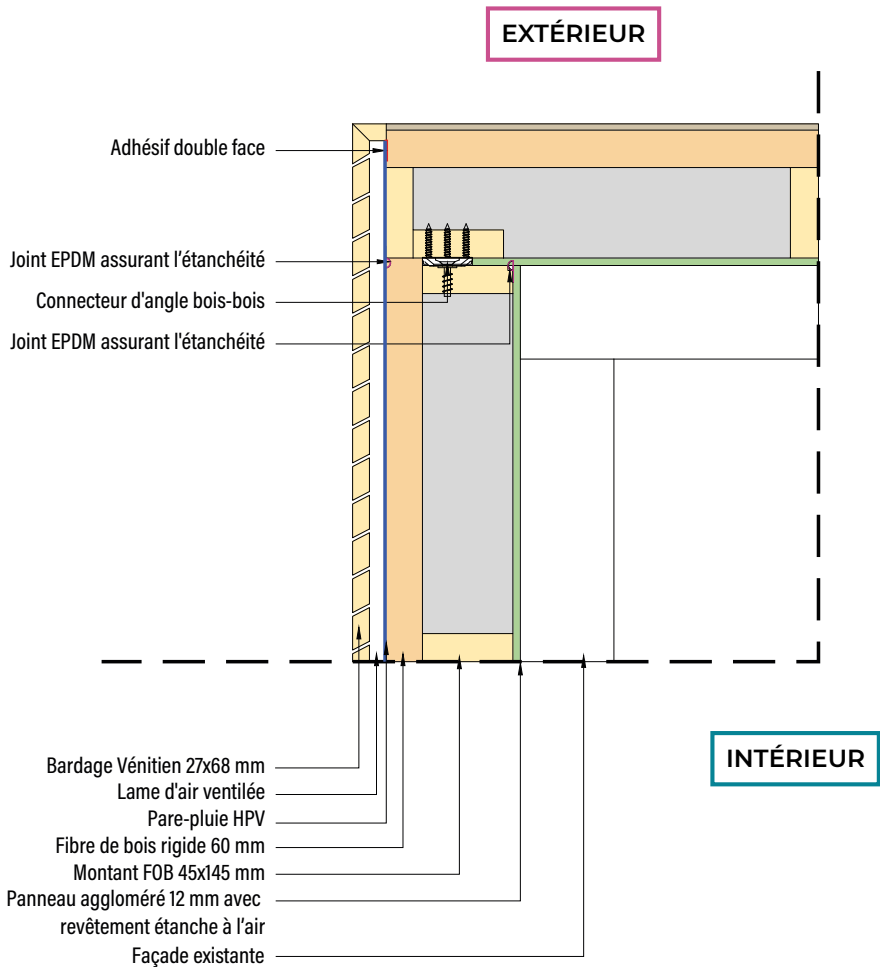
DESCRIPTION TECHNIQUE



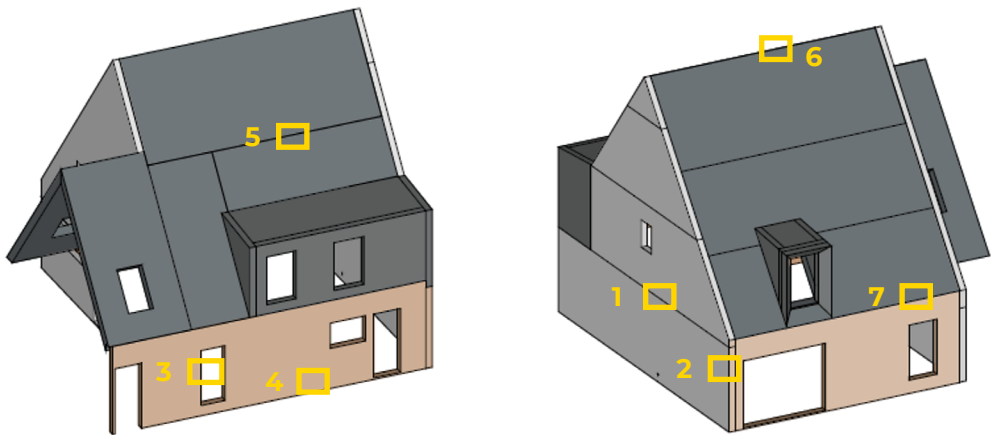
Détail 1 : Jonction entre panneaux muraux et détail de fixation
(coupe verticale)



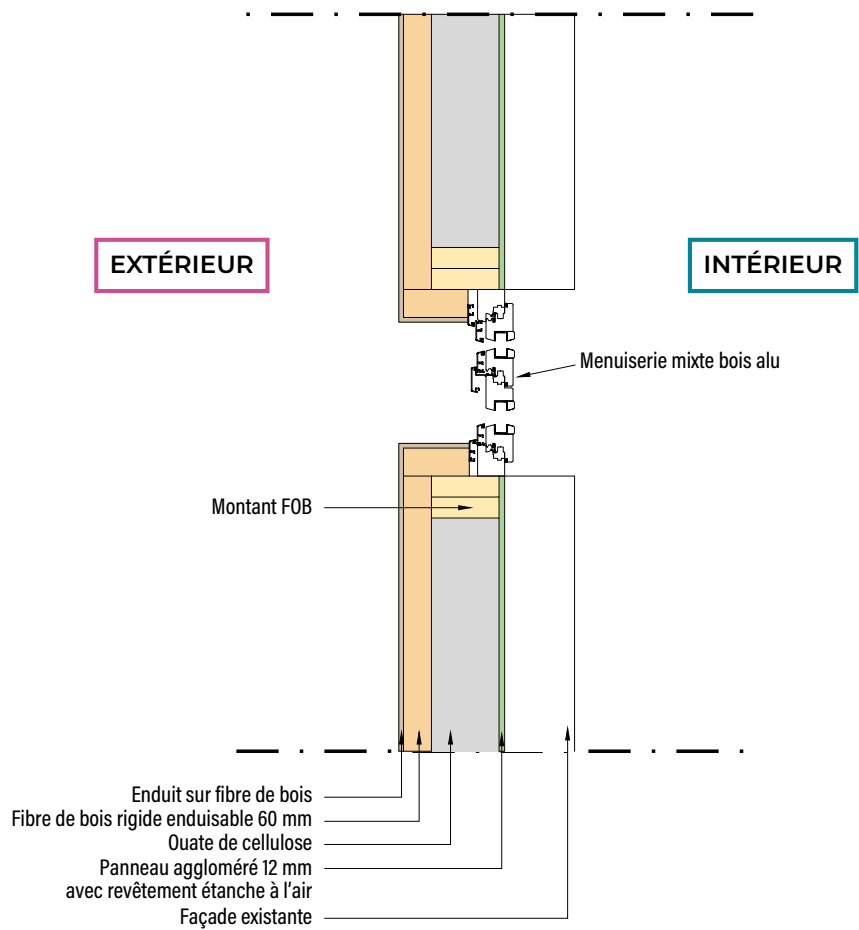
Détail 2 : Jonction angles sortants
(coupe horizontale)



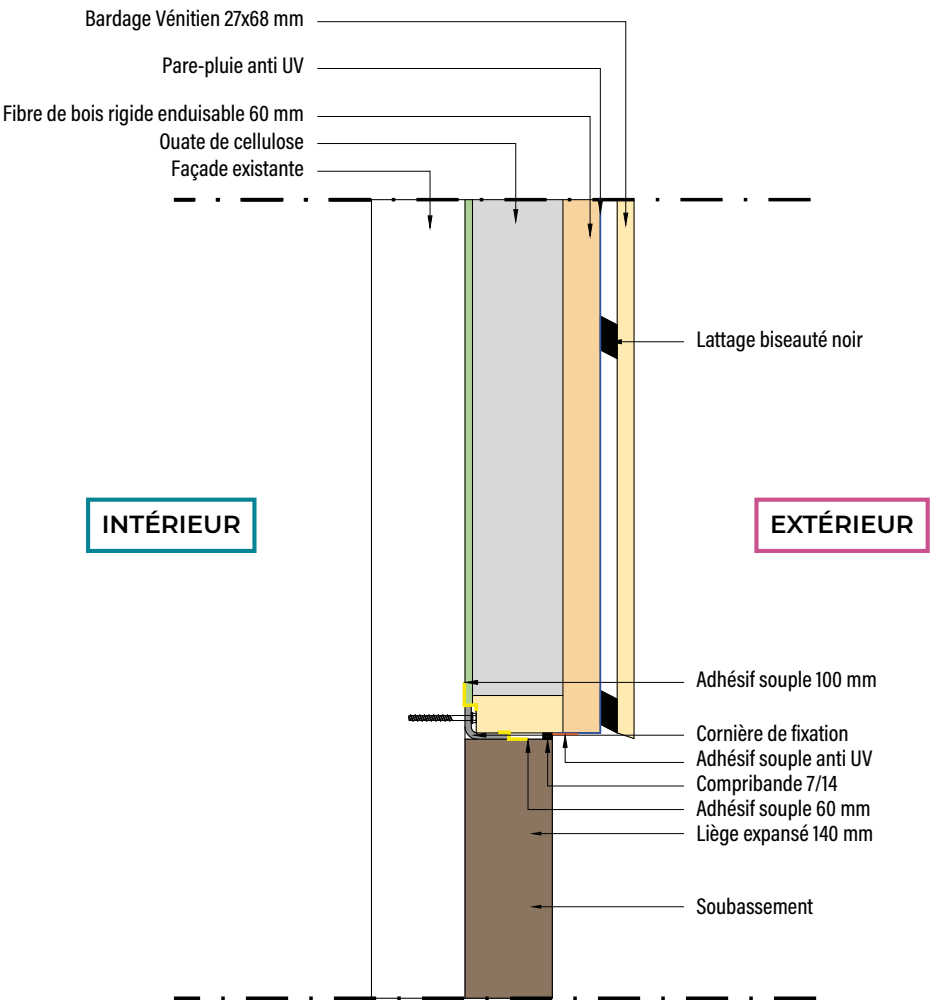
DESCRIPTION TECHNIQUE



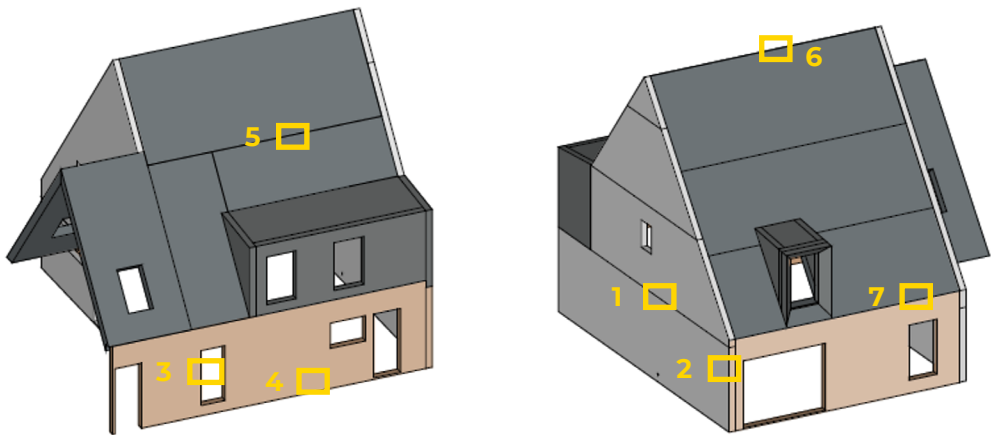
Détail 3 : Jonction menuiserie
(coupe horizontale)



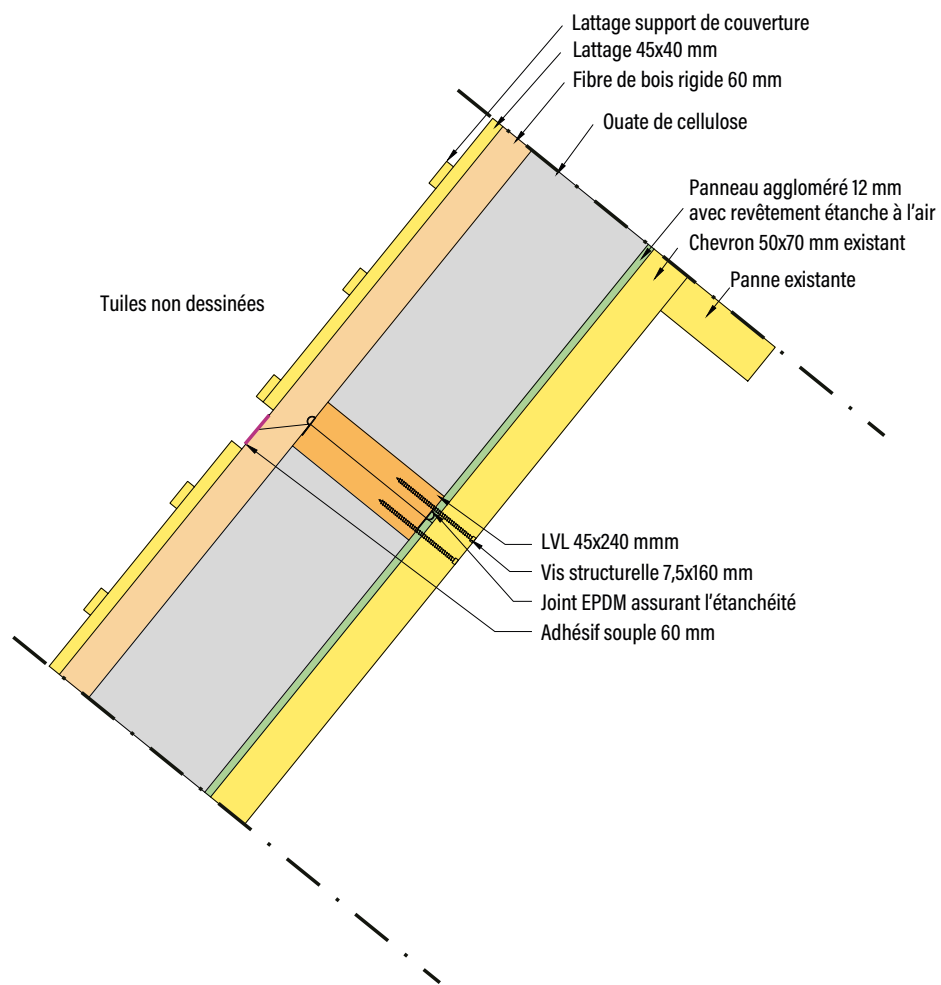
Détail 4 : Jonction en partie basse
(coupe verticale)



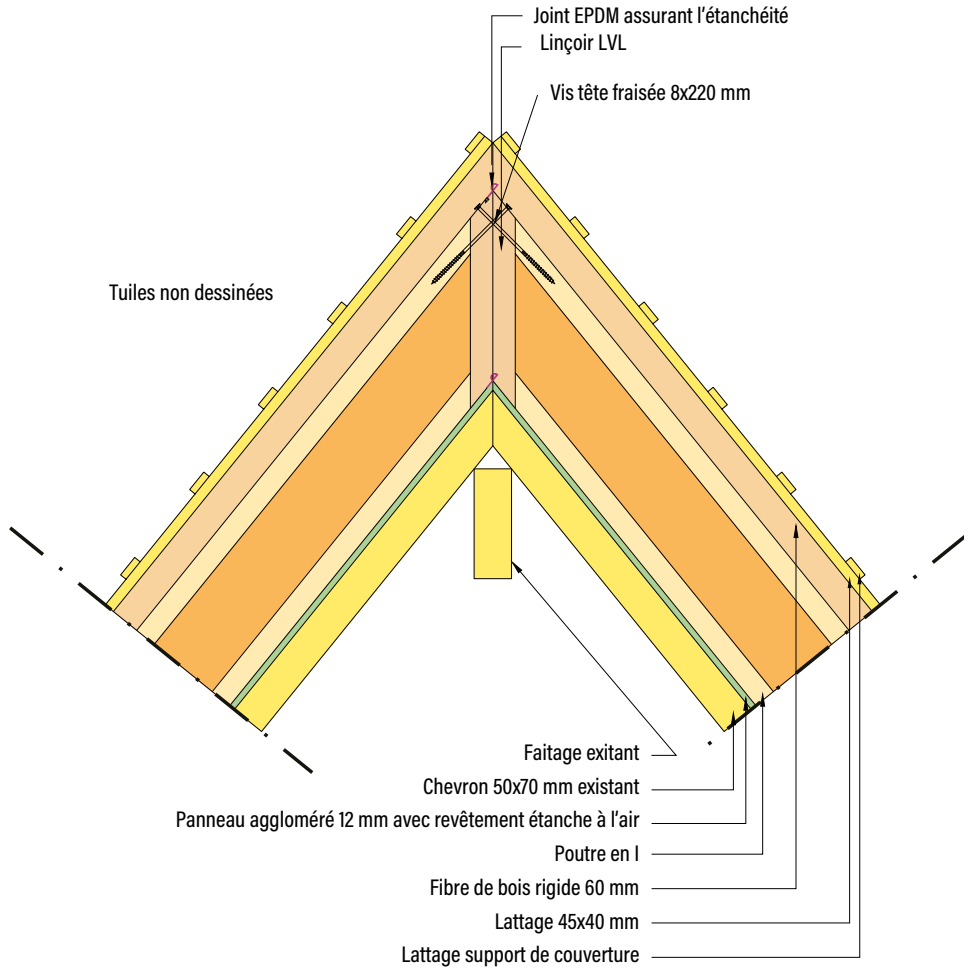
DESCRIPTION TECHNIQUE



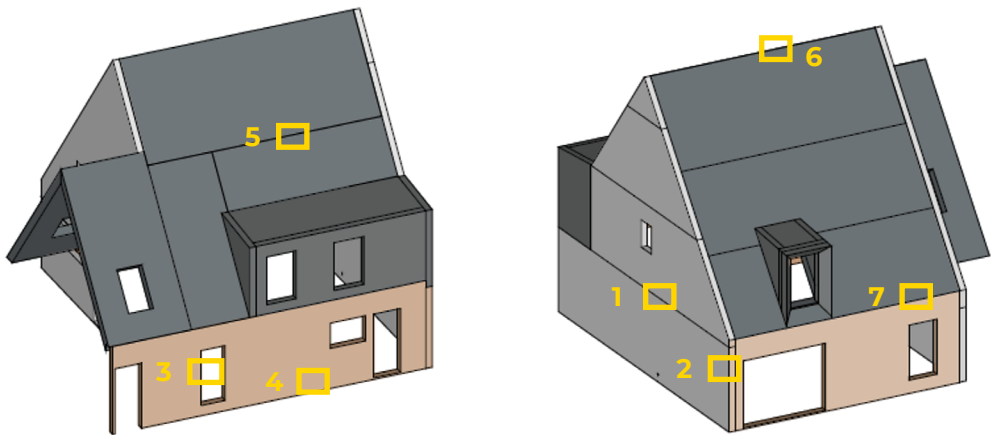
Détail 5 : Jonction entre panneaux de toiture
(coupe verticale)



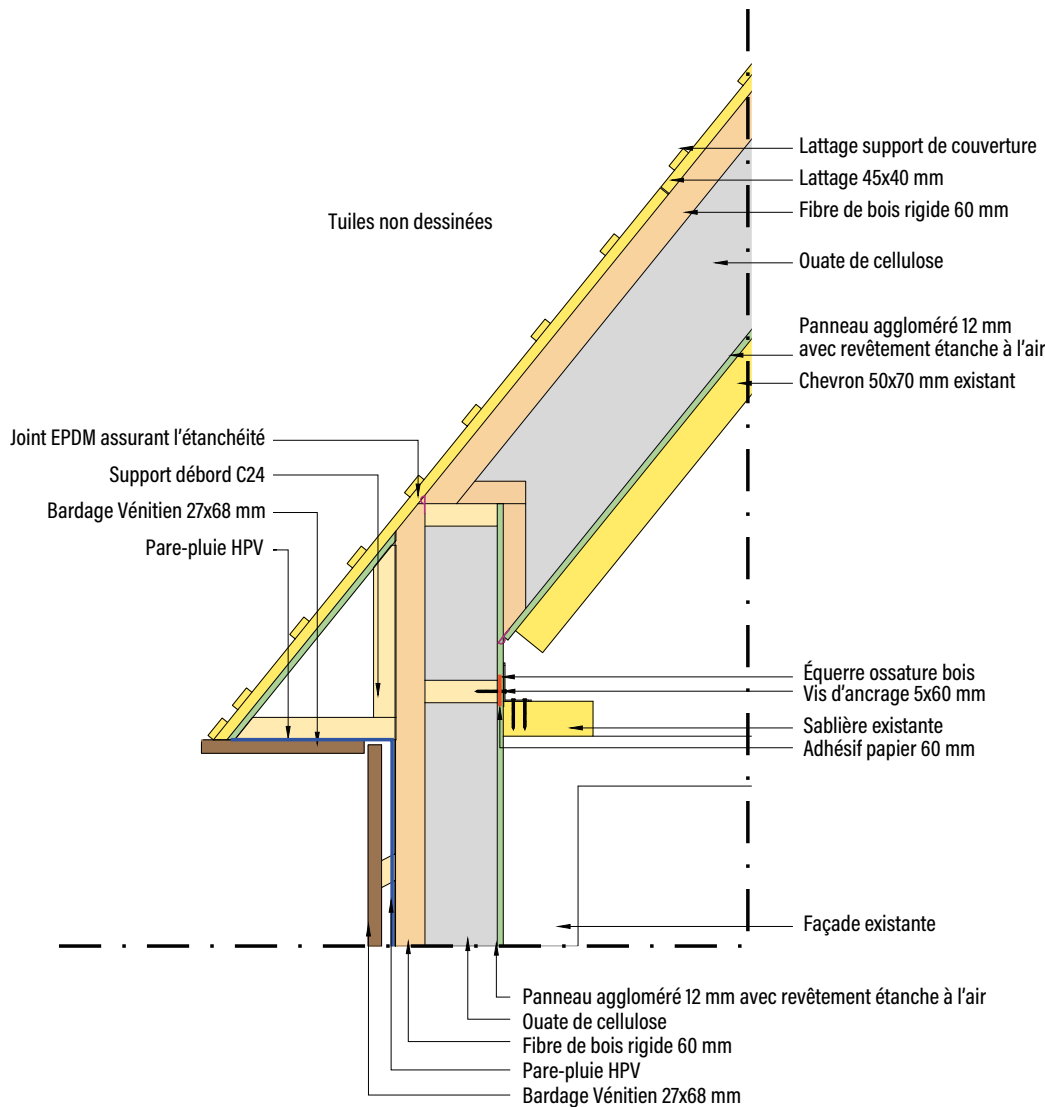
Détail 6 : Raccord faitage
(coupe verticale)



DESCRIPTION TECHNIQUE

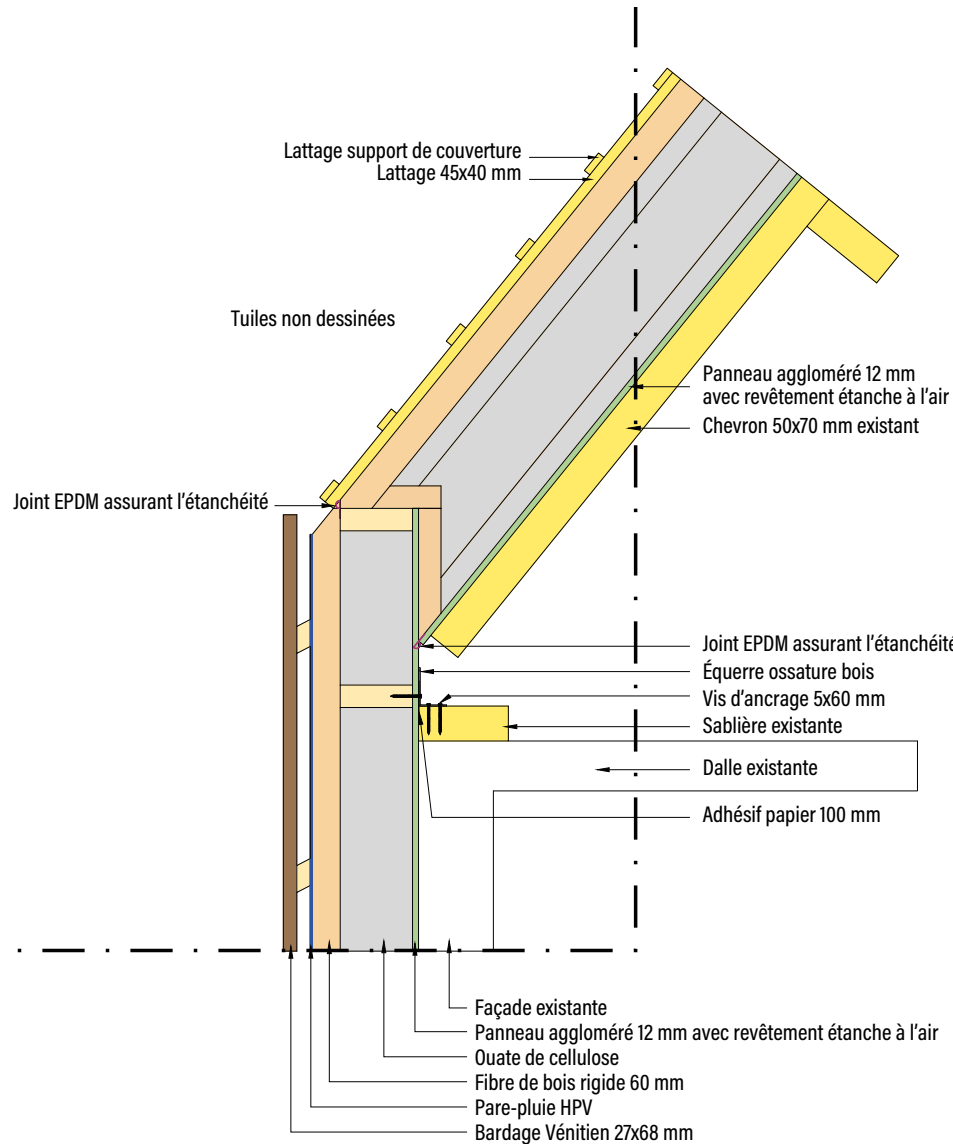


Détail 7 : Jonction mur-toiture
(coupe verticale)



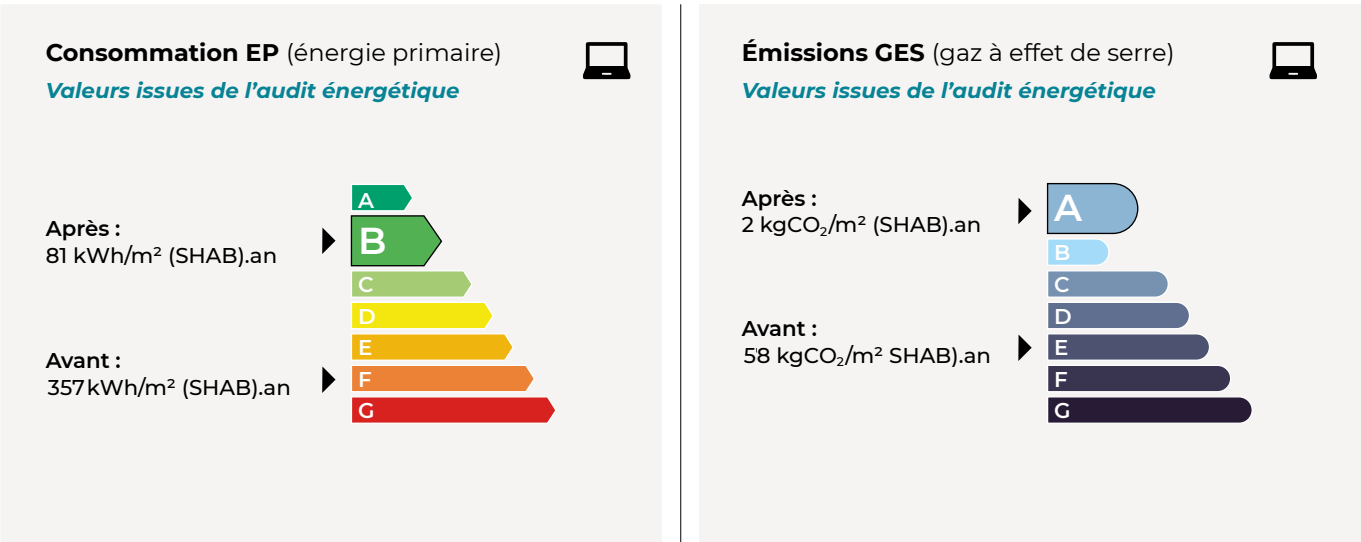
Analyses de risque hygrothermique

Une étude a été réalisée à l'aide du logiciel WUFI afin d'analyser les potentiels risques liés aux transferts hygrothermiques (condensation et apparition de pathologies type moisissures) dans la solution de rénovation proposée. Cette étude a permis d'écarter le risque sous réserve d'une réalisation soignée, et est valable dans les conditions d'étude du présent chantier exclusivement (climat, matériaux et épaisseurs des caissons et des parois existantes, etc.). La sensibilité aux caractéristiques des matériaux mis en œuvre est importante et l'étude ne couvre donc que les références de produits spécifiques à ce chantier.



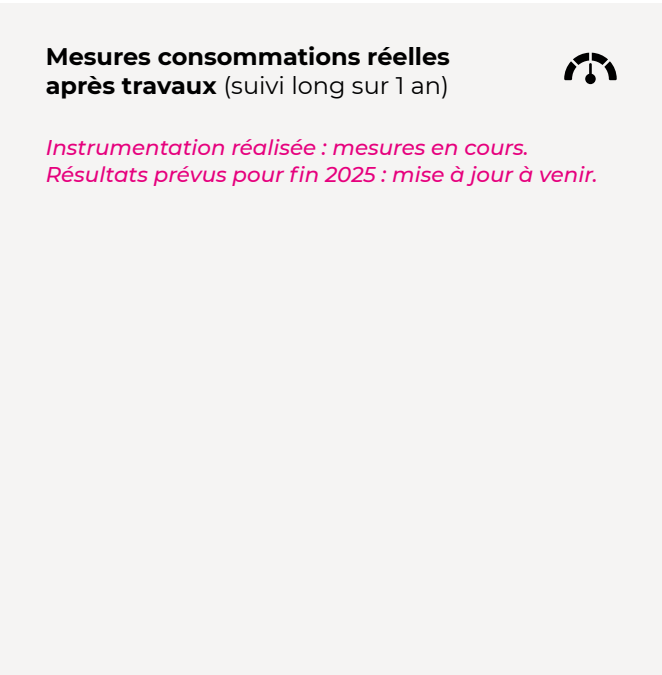
DONNÉES ÉNERGÉTIQUES ET ENVIRONNEMENTALES

Données énergétiques et environnementales réglementaires
issues de scénarios d'usage réglementaires (cf. température intérieure fixée à 19°C)



Les données issues des calculs réglementaires de l'audit énergétique sont obtenues par des simulations basées sur des hypothèses conventionnelles. Ces données peuvent donc différer des résultats de consommations réelles mesurées, présentées ci-dessous. Un auditeur thermicien peut aussi délivrer des calculs réalistes, réalisés par exemple par simulation thermique dynamique (STD)

Données énergétiques issues de mesures de consommations réelles

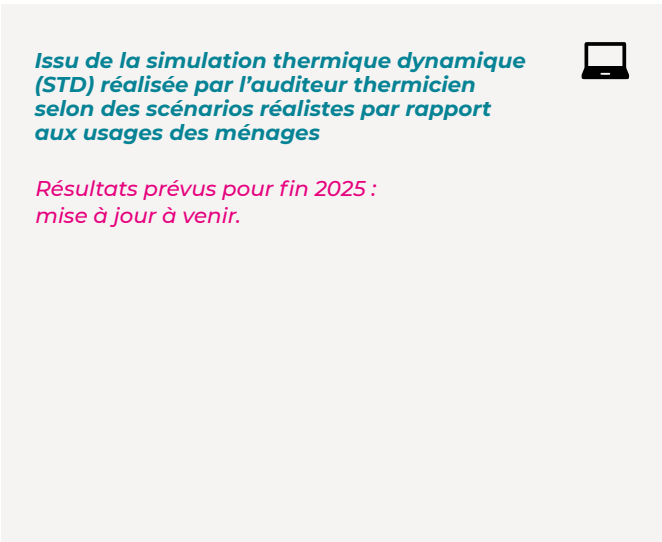


Données environnementales issues de l'ACV



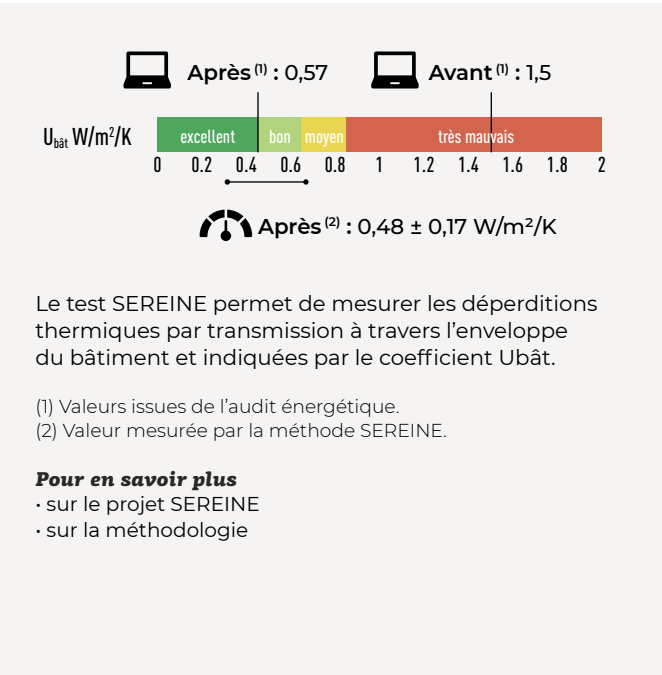
PERFORMANCE DE L'ENVELOPPE

Besoin en chaleur

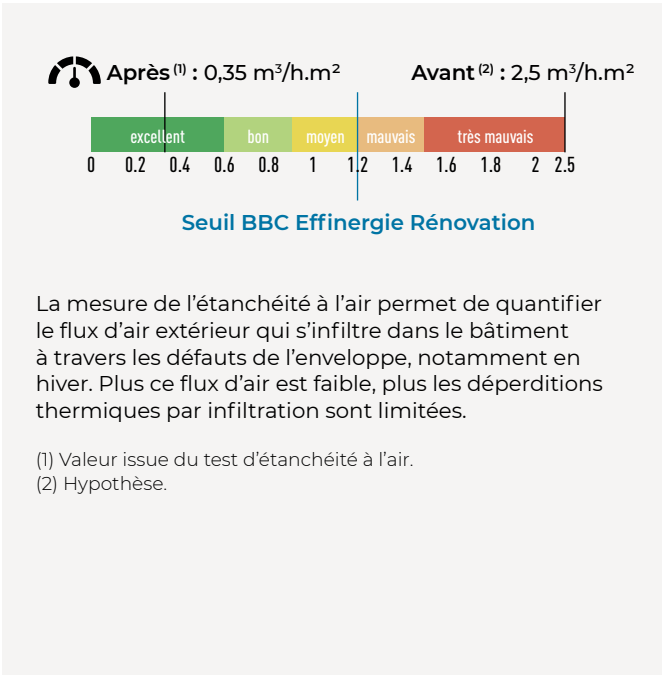


Par temps froid, les déperditions thermiques d'un bâtiment sont composées des déperditions par transmission à travers l'enveloppe (Ubât) et des déperditions par infiltration d'air froid depuis l'extérieur (Étanchéité à l'air).

Ubât (performance de l'isolation)



Étanchéité à l'air



CONFORT ET PERFORMANCE GLOBALE

Méthode QSE

La méthode « Qualité Sanitaire et Énergétique des rénovations » est une méthode d'évaluation de la performance globale d'une rénovation par mesures *in situ* (qualité d'air intérieur, acoustique) et questionnaires occupants (confort).

Instrumentation réalisée : mesures en cours.
Résultats prévus pour fin 2025 : mise à jour à venir.

- Pour en savoir plus
- Consultez le site web
 - Regardez la vidéo de présentation

Mesure des conditions intérieures : température, humidité et CO₂

Instrumentation réalisée : mesures en cours.
Résultats prévus pour fin 2025 : mise à jour à venir.



Confort d'été calculé

Issu de la simulation thermique dynamique (STD) avec des scénarios réalistes par rapport aux usages des ménages

Résultats prévus pour fin 2025 : mise à jour à venir.

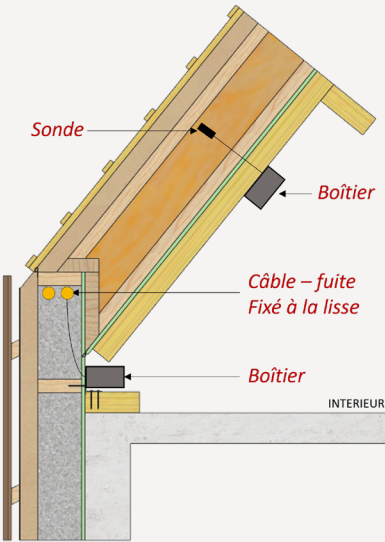


DURABILITÉ DES ISOLANTS

Durabilité des isolants (suivi long sur 1 an)

Les principaux risques de détérioration des isolants biosourcés sont liés aux développements fongiques ou à l'accumulation d'eau dans les parois. Pour limiter ce risque, des mesures de température, d'humidité ou de détection d'eau liquide sont réalisées dans les isolants pendant 1 an après les travaux.

Instrumentation réalisée : mesures en cours.
Résultats prévus pour fin 2025 : mise à jour à venir.



COÛT DE LA SOLUTION ET AIDES DISPONIBLES

Coût total des travaux liés à la performance

201500 € HT

Surface habitable :

- avant travaux : 118 m²
- après travaux : 133 m²

Études
10 %

1 000 € | Audit énergétique

2 500 € | Scan 3D de la maison existante

7 000 € | Conception des éléments préfabriqués de l'enveloppe (à partir du nuage de points)

10 000 € | Conception architecturale et dépôt de déclaration préalable de travaux

Équipement
16 %

Hors dépose de l'existant.

7 000 € | ECS Solaire

8 000 € | Panneaux photovoltaïques

8 000 € | VMC double flux

9 000 € | Poêle à granulés

— Innovation
--- Travaux induits par l'innovation

À savoir. La solution possède un potentiel d'économie par la multiplication des chantiers de ce type (commandes groupées) et optimisation du processus de fabrication et de construction (rationalisation des gestes de mise en œuvre, fluidification des transitions entre étapes de chantier, amortissement des machines, formation des artisans), modulo la variation des prix matériaux.

- Les travaux décrits ici sont détaillés dans les parties 3 et 4.
- Les prix incluent fourniture et pose et sont hors taxe.
- Les prix proviennent de devis.
- Les coûts intègrent les travaux sur l'extension de 8 m².
- Les coûts n'intègrent pas ceux liés à la présence d'amiante en toiture ni les travaux d'aménagement intérieur.
- La coordination de chantier assurée par le ménage n'a pas été chiffrée.

Travaux intérieurs induits par l'innovation
7 %

14 000 € | Travaux de parachèvement intérieur (induits par les travaux de rénovation de l'enveloppe et des équipements)

Enveloppe
67 %

Y compris échafaudage, fourniture et pose de fenêtres de toit, bardage zinc extension. Nota : une partie de la dépose n'est pas chiffrée : auto-construction.

5 000 € | Isolation complémentaire (traitement des interfaces et du garage)

10 000 € | Enduit pignons

10 000 € | Création des lucarnes (y.c. dépose des existantes)

21 000 € | Menuiseries extérieures et occultations (hors dépose)

2 000 € | Levage de panneaux préfabriqués (toiture et murs)

23 000 € | Toiture préfabriquée isolée

27 000 € | Murs préfabriqués isolés (y.c. bardage bois, appuis de fenêtres et précadres de menuiserie)

37 000 € | Couverture (y.c. dépose et repose)

Bilan : retour sur investissement du ménage

En 26 ans, la rénovation globale de la maison sera remboursée via l'économie d'énergie, estimée à 276 kWh/m² SHAB/an (hors financement PROFEEL de l'innovation). L'investissement de 1130 € HT/m² est important mais il permet de financer une rénovation de qualité des façades et de la toiture mais également de nouveaux équipements énergétiques plus performants qui permettent de vivre dans des conditions de confort bien meilleures. La rénovation est ici accompagnée d'une augmentation de la surface habitable. Ce gain de 15 m² habitable, associé à l'amélioration de la performance énergétique (classe F à B du DPE) a un impact fort sur la valeur de la maison (plus-value de 28 % comptabilisée dans le calcul du temps de retour sur investissement).

Plan de financement des travaux (TTC)

Aides financières

80 700 €

9 500 € | Aide Région Normandie (chèque éco-énergie Normandie)

10 000 € | Aide Département de la Manche

15 100 € | Aide Agglomération Saint-Lô

12 600 € | Prime CEE "Rénovation globale"

33 500 € | Financement PROFEEL de l'innovation*

Reste à charge

138 200 €

50 000 € | Éco prêt à taux zéro

56 800 € | Apport personnel

31 400 € | Prêt travaux

À savoir. Les aides varient en fonction des revenus du ménage et des conditions appliquées à la date du chantier. Les montants ci-dessus s'appliquent uniquement au chantier décrit dans cette fiche.

* Le chantier a été financé en partie par PROFEEL dans le cadre de l'expérimentation du projet RESTORE. Le financement couvre le surcoût de la solution innovante qui à terme pourrait baisser en fonction de la maturité de la solution et des économies d'échelle.

URBANIS



Urbanis accompagne les propriétaires et les copropriétés dans leurs projets de rénovation

énergétique dans le cadre de dispositifs publics ou de commandes directes de syndicats de copropriétaires.

Cet accompagnement technique et financier vise à la réalisation de travaux durables pour améliorer le confort des habitants et lutter contre la précarité énergétique. L'amélioration de la performance énergétique des logements permet une économie sur les charges ainsi qu'une diminution des émissions de gaz à effet de serre. En tant que partenaire, Urbanis a apporté son expertise sur des aspects d'ingénierie financière pour l'amélioration de l'habitat, en accompagnant le CSTB sur les dispositifs d'aides financières disponibles et en aidant les ménages à monter leurs dossiers de subvention, ainsi qu'à trouver des solutions pour le financement du reste à charge, facilitant ainsi l'accès à des rénovations ambitieuses innovantes et efficaces.

K&+ ARCHITECTURE GLOBALE



Thomas Fernandes, co-gérant, responsable du pôle Économie de la société K&+ Architecture Globale.

K&+ Architecture Globale est un cabinet d'architecture de 47 personnes situé à STRASBOURG (67) intégrant

un pôle Économie constitué de 5 personnes, des Architectes au nombre de 25 et un pôle Réalisation de 12 personnes additionné de quelques personnels administratifs. Thomas FERNANDES est également membre de l'UNTEC et Président Département 67-68 de ce syndicat depuis 2024. Sur ce projet, une mission de conseil pour l'économie de la construction des projets pour les chantiers du projet RESTORE nous a été confiée par le CSTB. Dans le cadre de cette mission l'objectif était d'analyser les devis pour vérifier les tarifs pratiqués par les entreprises, l'entièreté des prestations et la synthèse financière des coûts. Il s'agissait également de créer un retour d'expérience de ce chantier en vue de la répliquabilité de ces projets au niveau National.

RÉPLICABILITÉ DE LA SOLUTION TECHNIQUE

Les points forts de cette solution pour sa répliquabilité

- Haute performance énergétique : solution qui permet d'atteindre le niveau BBC Renovation.
- Haute performance environnementale : solution compatible avec des produits bio sourcés.
- Nuisances faibles : temps de chantier actif très court et intervention principalement par l'extérieur (permet d'occuper le logement pendant la rénovation).

Points à améliorer pour la répliquabilité

- Coûts importants en cas de chantier d'une seule maison. Pour réduire les coûts, il faudrait mutualiser plusieurs chantiers sur le même territoire.
- Compétences nécessaires dont coordination : la préfabrication demande des compétences fortes en conception et une coordination fine tout au long du chantier avec l'ensemble des acteurs.
- Logistique importante : entre grue, scan 3D, atelier et convoi exceptionnel, la solution demande une logistique importante pour l'entreprise.



TECHNIQUE	Conception		La solution s'adapte facilement à plusieurs types de maisons très répandus en France mais est moins adaptée pour des maisons avec éléments extérieurs saillants (balcon, escalier...) ou encore dont l'ajout d'ITE peut poser des problèmes urbanistiques.
	Facilitation technique		La solution est accompagnée d'une documentation technique précise (prérequis du bâti et de l'environnement nécessaire à la mise en œuvre de la solution, détails constructifs des interfaces, mise en œuvre, ...) et est libre de droit. Elle peut donc ainsi est facilement répliquée par un autre charpentier ossature bois.
	Moyens humains et logistiques		La solution est exigeante sur ce point. Elle doit être réalisée par des professionnels formés pour sa bonne conception et mise en oeuvre. De plus elle nécessite une coordination fine entre les artisans. La logistique lourde (pour une maison individuelle) ne permet pas à toute entreprise de l'appliquer : besoin d'équipements spécifiques comme une grue, un atelier de préfabrication avec possibilité de levage, du matériel de scan 3D.
	Durabilité		Les composants sont choisis pour leur durée de vie élevée et ont peu de besoins en maintenance. Si besoin, tous les éléments sont démontables, réemployables ce qui permet d'anticiper les rénovations ou extensions à venir.
CONTEXTE	Contraintes territoriales		S'adaptant à plusieurs matériaux, cette solution peut être implantée dans différents territoires avec des ressources locales variées. Le faible temps de chantier permet d'implanter la solution même dans les zones très contraintes sur les nuisances.
	Évolution des coûts et économie d'échelles		L'étape de conception conséquente, les moyens logistiques spécifiques, et la sélection de matériaux biosourcés rendent la solution onéreuse. Il est cependant à prévoir un potentiel de réduction du coût soit en apprentissage après plusieurs chantiers réalisés par la même équipe, soit en organisation si plusieurs chantiers sont réalisés (mutualisation des études, de matériel et équipement possible).
	Cadre réglementaire		Cette solution par l'extérieur peut nécessiter de déposer une déclaration préalable auprès des services d'urbanisme par la possible modification de l'aspect de la façade. Elle permet de respecter et même de dépasser les niveaux réglementaires de performance dans la rénovation énergétique des maisons. Par ailleurs à la date du chantier, tous les procédés constructifs nécessaires ne sont pas en « techniques courantes » et donc nécessitent un accord préalable entre l'artisan et son assureur.
SOCIAL	Personnalisation		La solution est largement adaptable à des envies variées des ménages : un large choix de matériaux et de finitions est envisageable. Elle apporte une isolation thermique sans faire perdre de surface habitable et est compatible avec des projets d'extension et de surélévation.
	Amélioration et avantages		Tant pour le ménage que pour les artisans cette solution présente de réels avantages. La qualité architecturale de la maison peut être largement améliorée, tant en rendu esthétique qu'en amélioration de la vie dans le logement par un confort thermique bien meilleur, en hiver comme en été. La préfabrication permet aux entreprises de mieux maîtriser la qualité de la mise en œuvre par une fabrication, dans des conditions contrôlées en atelier.
	Gestion des nuisances		Le temps de chantier étant réduit, les nuisances pour le voisinage sont très réduites. De plus, l'isolation par l'extérieur permet de réaliser la solution en occupation.
		Frein à la répliquabilité	Répliquabilité facilitée

RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR LE CHANTIER

Réseau Rénovateur BBC Normandie

Julien Couillard et Jean Hourany font partie du réseau Rénovateur BBC Normandie (Bâtiment Basse Consommation). Il s'agit d'un réseau de professionnels spécialisés dans la coordination des projets de rénovation globale et conventionnés par la Région Normandie. Ces professionnels cherchent à répondre aux exigences du niveau BBC et ainsi améliorer la performance énergétique

des habitations. Des aides sont ainsi mises en place par la région pour encourager la rénovation des bâtiment économes, notamment pour des ménages aux revenus modestes, souhaitant mettre en place des solutions innovantes.



AUDITEUR ÉNERGÉTIQUE JEAN HOURANY

“ L'audit énergétique permet de faire le diagnostic technique de l'existant et la projection sur des scénarios de travaux. Dans ce cas, notre diagnostic a indiqué de façon sûre que la toiture et les murs représentaient plus de 60% des déperditions totales. Ayant fait ce constat, nous avons échangé avec la maîtresse d'ouvrage motivée qui n'a pas eu de mal à comprendre qu'une isolation complète par l'extérieur était la meilleure solution à la fois pour des consommations de chauffage réduites mais aussi pour un meilleur confort d'été.



CHARPENTIER RÉNOVATEUR BBC JULIEN COUILLARD

“ Il faut bien voir que sur cette maison-ci qui était préfabriquée, on ne va pas compter sur la structure ancienne pour réaliser l'étanchéité à l'air. La solution Baticok 2, c'est comme une coque qu'on ajoute par-dessus la maison. Réalisée en panneaux de bois avec de la ouate de cellulose en isolant, elle est composée coté intérieur d'OSB hydrofuge, et coté extérieur d'un pare-pluie en fibre de bois. Cela permet d'assurer les étanchéités au vent et à l'air.



ARCHITECTE YVES PILON

“ Une rénovation énergétique est aussi l'occasion de renouveler l'architecture de la maison, tant pour son aspect extérieur que pour son aménagement intérieur, en apportant une attention toute particulière au confort d'usage.

OCCUPANT

“ Ce qui me faisait peur en choisissant une solution plus classique, c'était d'avoir plusieurs artisans, un artisan qui allait travailler sur l'isolation de la toiture, avec l'étanchéité un peu classique, membrane, etc., un autre qui allait faire l'isolation par l'extérieur et puis peut-être un autre les fenêtres. Comment arriver à coordonner tout le monde pour que tous les points de jonction murs, toiture, et l'étanchéité de tout ça soit les plus parfaits possibles ? Avec la solution Baticok 2, on pouvait avoir toute l'enveloppe d'un seul coup.

LE PROJET RESTORE

CONTEXTE ET OUTILS

Issu du programme PROFEEL, le projet RESTORE présente des solutions innovantes de rénovations, qui seront hébergées sur la plateforme Pro'Reno.

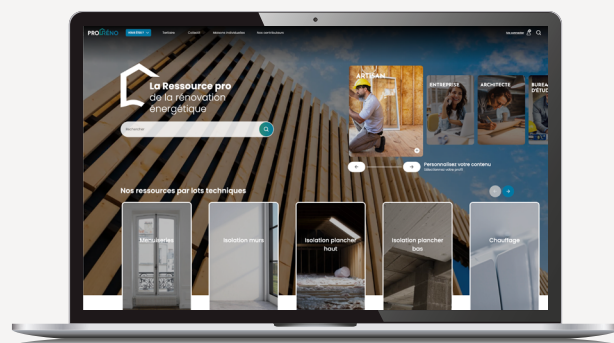


PROFEEL

Des outils et solutions innovants au service de la rénovation

Le programme PROFEEL, ce sont 8 projets compris entre 2022 et 2025 (dont le projet RESTORE) pour faciliter et fiabiliser la rénovation énergétique des bâtiments existants. Autant de défis qui symbolisent l'engagement de notre filière, celle du bâtiment, à répondre aux enjeux de la transition énergétique. Les 3 points importants sont la bonne connaissance du parc, la fiabilisation et la massification de la réhabilitation performante et enfin l'accompagnement des solutions innovantes dans l'acte de réhabiliter. Ce programme est financé dans le cadre du dispositif des CEE.

Pour en savoir plus
www.programmeprofeel.fr



PRO'RENO

La ressource professionnelle de la rénovation énergétique

Pro'Reno est une plateforme pour accéder aux ressources PROFEEL, et notamment à l'ensemble des documents produits dans le cadre de RESTORE.

Pour en savoir plus
www.proreno.fr



RESTORE

Déployer des solutions intégrées et innovantes pour la rénovation performante des maisons individuelles

Développer et fiabiliser, à l'aide notamment de chantiers de référence, de nouvelles solutions innovantes et répliquables de réhabilitation de maisons individuelles à destination de groupements professionnels. RESTORE fait suite au projet RENOSTANDARD. Les cibles principales sont les artisans, les entreprises de travaux, les maîtres d'œuvres, les concepteurs d'innovations de solutions technique et les professionnels de l'accompagnement. Le but est d'outiller ces intervenants sur toute la durée du projet de rénovation d'une maison.

Pour en savoir plus
• Consultez le site web
• Regardez la vidéo de présentation



LES SOLUTIONS DÉVELOPPÉES PAR RESTORE



D'autres chantiers ont bénéficié de l'innovation Batikok 2.

Pour en savoir plus
Consultez la fiche chantier



D'autres solutions ont également été développées dans le cadre de Restore.



Un détail des coûts de la solution Batikok 2 dans ce chantier à destination des professionnels est également disponible.

Pour en savoir plus
Consultez le coût détaillé de la solution Batikok 2 appliquée sur ce chantier



Un module de présentation à destination des professionnels permet de retracer la solution Batikok 2 avec des détails techniques et des retours d'expériences des artisans.

Pour en savoir plus
Consultez le module de présentation



Dans le cas du projet Agneaux et la solution Batikok 2, les panneaux d'isolants ont été préfabriqués artisanalement en atelier. Une étude sur la répliquabilité de la solution a été développée pour Restore.

Pour en savoir plus
Consultez l'autodiagnostic de répliquabilité



L'ensemble des typologies des maisons individuelles est à retrouver en ligne.

Pour en savoir plus
Consultez la classification typologique RESTORE



Un diagnostic de faisabilité de la solution Batikok 2 sur un bâtiment existant a été développé.

Pour en savoir plus
Consultez le diagnostic de faisabilité



Grâce à la BDNB, il est possible de retrouver la typologie d'une maison individuelle en se basant sur différents critères.

Pour en savoir plus
Saisissez l'adresse de la maison sur Go-Réno



PARTENAIRES PROFEEL

Pouvoirs publics



DGEC
DHUP

Porteurs



Financeurs



Filière bâtiment



Dans le cadre d'un chantier de construction ou de rénovation, plusieurs assurances sont obligatoires ou fortement recommandées, tant pour le maître d'ouvrage que pour les entreprises de construction et la maîtrise d'œuvre.



Maîtrises d'ouvrage

- Souscrire une **assurance Dommages-ouvrage (DO)** est obligatoire. Cette assurance préfinance, sans recherche de responsabilité, les travaux de réparation des dommages relevant de la garantie décennale des constructeurs.
- Vérifier que les entreprises missionnées sont bien couvertes par leur responsabilité civile décennale pour les lots techniques dont ils ont la responsabilité.



Entreprises de construction et maîtrise d'œuvre (architectes, BET...)

- Détenir une **assurance responsabilité civile décennale** pour les lots techniques dont ils ont la responsabilité ainsi qu'une **assurance responsabilité civile professionnelle (RC Pro)**.
- Pour la mise en œuvre ponctuelle de Techniques Non Courantes, se rapprocher de son assureur pour déterminer les options disponibles et obtenir une couverture adéquate.

Note : d'autres assurances (tous risques chantier, RC exploitation...) sont également vivement recommandées.

Pour toute demande d'information
sur le projet ou le chantier Agneaux
restore@cstb.fr

