

CHANTIERS PROFEEL DE RÉNOVATION GLOBALE

Réalisation, suivi et analyse
de la mise en œuvre

DÉCEMBRE 2025

CHANTIER - LE MESNIL-PATRY (14)

PROJET RESTORE - LE MESNIL-PATRY (14)





SOMMAIRE

CONTEXTE	01
1 RÉNOVATION D'UN BÂTIMENT À USAGE AGRICOLE DES ANNÉES 50, AVEC UNE PARTIE HABITATION	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	28
11 COÛT DE LA SOLUTION ET AIDES DISPONIBLES	32
12 RÉPLICABILITÉ DE LA SOLUTION TECHNIQUE	34
13 RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR LE CHANTIER	36
14 LE PROJET RESTORE CONTEXTE ET OUTILS	38

→ Cette fiche chantier a été co-rédigée par le CSTB, les acteurs du chantier (artisans et maîtrise d'œuvre) et deux entreprises assurant le suivi financier du chantier (Urbanis et K&+).



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 celle-ci **située au Mesnil Patry**, qui est construite à l'intérieur d'un corps de ferme, dédié à l'origine à un usage agricole en RDC et à l'habitation en R+1.



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.



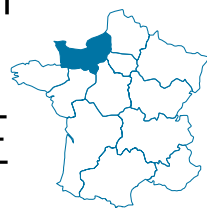
Sur chantier, la rénovation s'est déroulée en une étape avec l'isolation de la toiture et l'isolation des murs par l'extérieur (ITE), enveloppant ainsi la maison grâce à des panneaux bois, dont ceux aux murs ont été préfabriqués. Un regard précis sur l'étanchéité à l'air, sur le choix des matériaux et 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 des fermes à volume simple, à réhabiliter.

CONTEXTE

RÉNOVATION D'UN BÂTIMENT À USAGE AGRICOLE DES ANNÉES 50, AVEC UNE PARTIE HABITATION



Carte d'identité

Année de construction	1952
Surface habitable	37 m ²
Nombre d'étages	RDC + 1 sous combles
Présence sous-sol	Non
Présence combles aménagés	Oui
Mitoyenneté	Non
Historique	Pas de travaux antérieurs

Typologie

Cette typologie ne fait pas partie des typologies RESTORE mais est compatible avec la solution Baticok 2 (voir pages 4 à 7).

- Bâtiment construit à l'intérieur d'un corps de ferme.
- Hypothèse : bâtiment à usage agricole à l'origine (en lien avec le Plan Marshall et le remembrement de parcelles, densification du corps de ferme pour loger les nouveaux tracteurs).

Pour en savoir plus

- 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 de la solution Baticok 2 appliquée sur un autre chantier.

* La fiche solution a été conçue au cours du programme de recherche Rénostandard. La solution a été adaptée pour le chantier du Mesnil-Patry.

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 Baticok 2, 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

La grange a été construite en 1952 suite à la reconstruction du village, détruit durant la seconde guerre mondiale. Deux chambres existaient à l'étage et nous y avons vécu sans eau courante, ni sanitaire. En 1982, nous avons finalement acheté le corps de ferme. Mes enfants reprenant l'exploitation agricole, il nous fallait une solution pour rendre la maison habitable avec une partie de plain-pied pour le handicap de mon mari.

Ménage (personne retraitée)

« 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 passive. »

Julien Couillard, entreprise de menuiserie charpente ossature bois

AVANT RÉNOVATION

Avant les travaux, seule une petite surface habitable (37m²) était aménagée sur une partie du R+1, au-dessus des garages du RDC.

CHAUFFAGE ET ECS

Pas de production d'eau chaude. Chauffage par radiateur électrique.

TOITURE

Charpente en bois, couverture en ardoise, toiture non isolée



PLANCHER BAS

Dalle béton sur terre plein non isolée (et absence de dalle à certains endroits)

MURS

Façades en parpaing non isolées

VENTILATION

Ventilation naturelle

MENUISERIES

Bois simple vitrage

PIGNONS

En parpaing non isolés

APRÈS RÉNOVATION

Maison rénovée : isolation complète de l'enveloppe du bâtiment, agrandissement des surfaces habitables (aménagement du RDC et création d'un plancher intermédiaire sur la partie en double hauteur) et remplacement des systèmes (voir la solution détaillée dans la partie 3 : La solution de rénovation)



INNOVATION

Isolation performante avec matériaux biosourcés et forte étanchéité à l'air. Panneaux d'ITE préfabriqués pour murs. Isolation en toiture sur site, par l'extérieur et en double couche.

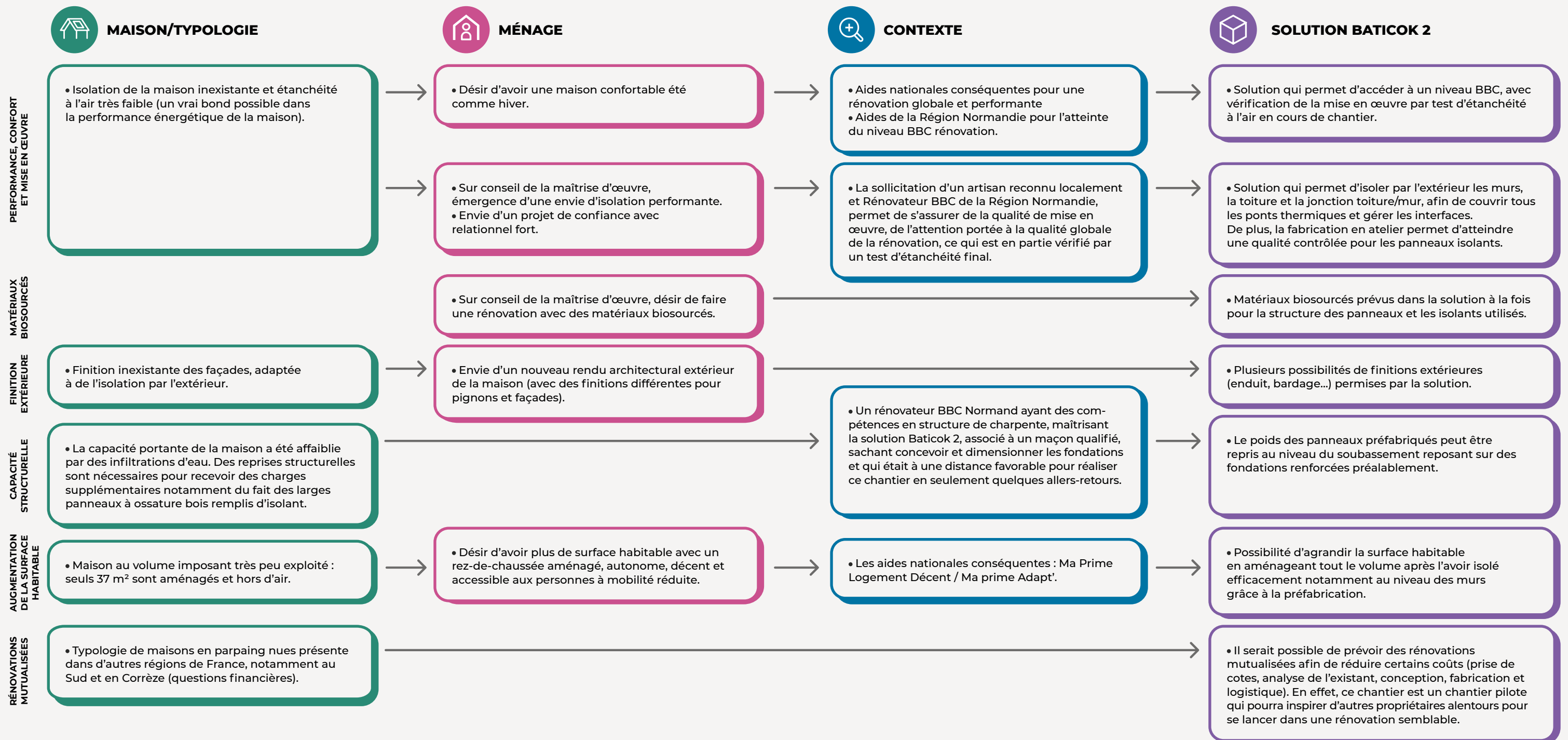
POURQUOI CETTE SOLUTION POUR CETTE MAISON ?

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). Après avoir mis en œuvre cette solution sur la maison d'Agneaux qui répond bien à cette typologie (consultez la **fiche chantier Agneaux**), le groupement constitué de Batiderm et de l'atelier Couillard a considéré l'opportunité de la mettre en œuvre sur une autre typologie de mai-

son, au Mesnil Patry. La compatibilité entre la solution et cette maison s'explique par plusieurs facteurs : la volumétrie simple, les éléments porteurs de bonne résistance et le peu d'éléments saillants en façade facilitant le calepinage. De plus, elles offrent un fort potentiel d'amélioration en matière de performance énergétique, de confort hivernal et d'esthétique architecturale.

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 :



MAISON/TYPOLOGIE



MÉNAGE



CONTEXTE



SOLUTION BATICOK 2

COÛT

- Coût élevé dans le cas d'un chantier pour une seule maison.

- Les aides ont permis de limiter le reste à charge. De plus, la proximité forte du logement avec l'atelier permet une gestion en travail plus confortable du charpentier et de minimiser les coûts de préfabrication.

- Pour parer au désordre structurel de l'existant, le ménage avait prévu des coûts conséquents de rénovation. La solution retenue permet d'éviter une démolition-reconstruction qui est plus coûteuse.

COMPLEXITÉ
ARCHITECTURALE

- La solution est adaptée aux maisons à la volumétrie peu complexe. La multiplication des points singuliers et des éléments en saillie est difficile à traiter depuis l'atelier. Les ajustements sont généralement effectués sur site. Le risque d'erreur est plus grand en atelier.

- Typologie de maison avec une volumétrie simple, peu d'éléments en saillie.

STRUCTURE

- La solution nécessite de s'assurer de la capacité de la structure existante à porter les panneaux, notamment par un ingénieur structure qui détermine le niveau de renforcement nécessaire de la structure et des fondations et assure son dimensionnement.

- Nécessité d'éloigner les eaux pluviales des fondations pour arrêter la dégradation de la structure.
- Nécessité de couler une deuxième fondation pour augmenter la capacité de report de charge des panneaux préfabriqués.

SURFACE
DISPONIBLE

- La solution nécessite un espace de stockage conséquent aux abords de la maison.

- Maison entourée de son jardin qui permet d'avoir de l'espace pour installer le matériel (matériaux, grue) et procéder au levage.

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 permet la rénovation complète de l'enveloppe : l'isolation de la toiture et des murs, le remplacement des fenêtres et le traitement des interfaces. La solution initiale de rénovation consistait à poser des panneaux préfabriqués bois isolés en toiture et sur les murs. Cependant, l'atelier du charpentier étant localisé juste à côté de la maison à rénover, il a semblé plus judicieux de réaliser la toiture directement sur site. La solution de panneaux préfabriqués a été maintenue pour l'isolation des murs.

MENUISERIE

- Mixtes aluminium – bois : essence pin et alu mat à l'extérieur.
- Triple vitrage : 4/15/4/15/4, intercalaires warm edge noir, remplissage argon, 2 faces faible émissivité, $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Pose en tunnel dans le caisson isolé.
- Occultations : volets roulants extérieurs

VENTILATION

- VMC double flux**
- Pré-chauffeur électrique intégré avec by-pass automatique.
 - Efficacité thermique certifiée 95,4 selon NF 205, et 91 selon Passivhaus Institut.

CHAUFFAGE

- 2 radiateurs électriques à inertie, 2 000 W.
- Appoint de chauffage par des sèches-serviette.

GARAGE

- Création d'un garage en murs à ossature bois non isolée sur fondations.
- Finition bardage sapin sur pare-pluie.

EAU CHAUDE SANITAIRE

- Ballon thermodynamique :
- 200 L sur air ambiant/air extérieur
- COP = 3,2
- Norme EN 16147
- Efficacité énergétique en production d'ECS 149 %
- Classe énergétique A+

TOITURE & MUR

Isolation de toiture $R_{\text{total}} = 7,1 \text{ m}^2\text{K/W}$

- Pose d'un pare-vapeur sous rampants.
- Isolation par une couche de fibre de bois entre les chevrons existants, certifiée ACERMI 80 mm, $R=2,1 \text{ m}^2\text{K/W}$.
- Isolation par une seconde couche de fibre de bois, certifiée ACERMI 180 mm, $R=5 \text{ m}^2\text{K/W}$, avec contre ossature croisée fixée sur le chevonnage existant.
- Pose d'un écran souple de sous-toiture HPV.

Isolation extérieure des murs (ITE) par des panneaux préfabriqués en atelier (ossature bois remplie de ouate de cellulose + finition bardage bois) $R_{\text{total}} = 5,14 \text{ m}^2\text{K/W}$

- 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.
- Panneau de fibre de bois rigide faisant office de pare-pluie. Certifié ACERMI 60 mm $R=1,42 \text{ m}^2\text{K/W}$.
- Isolation : ouate de cellulose insufflée, 55 kg/m³, de 145 mm $R=3,72 \text{ m}^2\text{K/W}$, certifiée ACERMI.

INTERFACES

Traitement des interfaces

- Réalisation d'une nouvelle fondation sur toute la périphérie du bâtiment pour reprendre le poids des murs préfabriqués.
- Isolation des jouées et du dessus de la lucarne en continuité de l'isolation de la toiture.
- 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 (sorties de la ventilation, etc.).
- Isolation du soubassement sur 50 cm de hauteur au total, en panneaux de liège $R=1,5 \text{ m}^2\text{K/W}$.

PLANCHER BAS

- Isolation du plancher bas par projection de mousse de polyuréthane $R=3,6 \text{ m}^2\text{K/W}$ sous une chape.

EXTENSION DES SURFACES AU R+1

- Agrandissement du plancher de l'étage existant en bois.

LES ÉTAPES DU CHANTIER DE RÉNOVATION

1



Amenée des réseaux

Modification des arrivées électriques et création des arrivées d'eau.

2



Curage intérieur

Dépense du plafond existant de l'atelier au RDC attenant au garage.

3



Tranchées périphériques et reprise structurelle

Gros œuvre réalisé par le maçon. Le coulage d'une deuxième fondation permet de reprendre directement les charges des panneaux préfabriqués et d'éviter que les murs soient plus sollicités.

4



Travaux sur le soubassement

Pose du liège contre les longrines posées sur les nouvelles fondations. Cet isolant diminue le pont thermique et renforce l'étanchéité à l'air du pied de mur.

5



Scan 3D

Afin de relever précisément tous les mètres de la maison (ex : ouvertures, murs etc.), un scan 3D de la maison a été fait une fois les murs libérés.

Pour en savoir plus consultez le module de présentation

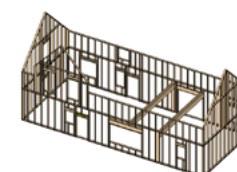
6



Maquette

À partir du nuage de points créé par le scan 3D, un travail a été nécessaire pour reconstituer la maquette numérique de la maison.

7



Calepinage

À partir de la maquette numérique, des panneaux ont été calepinés afin de couvrir toute l'enveloppe. De grands panneaux permettent de limiter le nombre de faiblesses thermiques et de liaisons mécaniques entre panneaux. A contrario, de trop grands panneaux peuvent être difficiles à transporter.

8

15



Transport des panneaux

Le transport des panneaux de l'atelier au chantier a été réalisé sur remorque. Un seul trajet a été nécessaire.

Pour en savoir plus consultez le module de présentation

14



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, les ouvriers charpentiers et couvreur du séquençage des étapes). Le planning de levage a été ajusté en cohérence avec la météo.

13



Préparation du bâti en vue du levage

Découverte du bas de la toiture et dépose de tous les éléments en saillie de la façade : gouttières, descentes, etc.

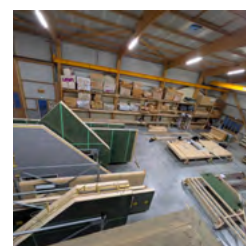
12



Pose des échafaudages

Des échafaudages ont été posés autour de la maison pour accéder à l'entièreté de la toiture.

11



Stockage des panneaux

Les panneaux achevés ont été regroupés et posés sur pupitre dans un ordre coïncidant avec le plan de de chargement.

10



Finitions des panneaux préfabriqués artisanalement en atelier

Fixation des assemblages et des joints d'étanchéité à l'air. Pose de 90 % du bardage sur les panneaux de façade.

9



Insufflation

Des réservations sont aménagées dans les panneaux agglomérés avec revêtement étanche à l'air afin d'y insuffler de la ouate de cellulose. Enfin les réservations sont scellées par un adhésif.

Structures bois

La structure bois des panneaux est montée en atelier à partir des instructions du plan de calepinage. Un panneau aggloméré avec revêtement étanche à l'air est fixé côté "intérieur" et un pare pluie en fibre de bois est fixé côté "extérieur".

Pour en savoir plus consultez le module de présentation



EN ATELIER



SUR CHANTIER

22

**Pose menuiseries et fenêtres de toit**

Pose des fenêtres de toit par le couvreur, en parallèle des menuiseries par l'entreprise Couillard.

21

**Isolation de la toiture**

Pose d'un pare-vapeur sous rampants, de deux couches d'isolant puis de l'écran de sous-toiture HPV.

20

**Modifications de la charpente**

Ferme existante modifiée pour reporter le poids en partie sur les murs préfabriqués (charge additionnelle due au nouveau complexe d'isolation de la toiture).

19

**Création du plancher intermédiaire**

La pose de ce plancher a été facilitée par la découverte de la toiture.

18

**Découverte de la toiture**

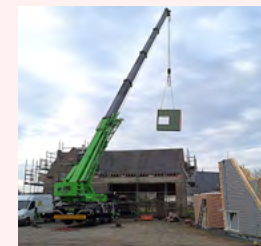
Dépose des ardoises et de leur lattage.

17

**Mise en œuvre des panneaux de murs préfabriqués**

Chaque panneau est levé et glissé entre l'échafaudage et la maison. La fixation entre panneaux est faite par trois connecteurs de liaison sur la hauteur du panneau, et finalisée par vissage. Idem pour les panneaux de pignon.

Pour en savoir plus consultez le module de présentation

**Implantation du levage**

La grue à flèche télescopique 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

23

**Couverture**

En 3 semaines, le couvreur a reposé de nouvelles ardoises.

24

**Étanchéité à l'air (1/2) et réseaux de ventilation**

Une fois le clos et le couvert parachevés, un test d'étanchéité à l'air intermédiaire a été réalisé afin que des corrections puissent être réalisées avant que le lot plâtrerie ne prenne le relais. En parallèle, les passages de réseaux VMC ont été créés.

25

**Finition des panneaux sur site**

Réalisation des dernières liaisons entre les bardages des panneaux en façade.

26

**Plaquisterie**

Pose des cloisons dans le volume habitable.

27

**VMC**

Raccordement et pose de la VMC.

28

**Travaux intérieurs**

De nombreux travaux complémentaires ont eu lieu : revêtements de sol, peinture, pose de la cuisine, portes et escalier.

29

**Étanchéité à l'air (2/2) et pose des radiateurs**

Le test d'étanchéité final a été réalisé pour obtenir la performance réelle de la maison. Les radiateurs ont été posés.

**Emménagement****■ 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



ASSUREURS

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



CHAPISTE



COUVREUR



PLOMBIER



ÉLECTRICIEN



BUREAU SCAN 3D ET INFILTROMÉTRIE

Manuel Adam



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.



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



MAÇON



ENDUSEUR



PLAQUISTE- PEINTRE

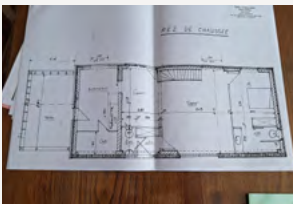


INSTALLATEUR DE LA VMC DOUBLE-FLUX

PHASAGE DES TRAVAUX

DE LA CONCEPTION À LA LIVRAISON

AVANT LE CHANTIER



2024

PENDANT LE CHANTIER



Janvier 2025



Février à mars 2025



Avril 2025



Avril 2025



Mai à juin 2025



Juin à septembre 2025



Conception du projet

Le ménage étant ami des gérants de l'atelier Couillard, ce sont les artisans qui ont dessiné le projet de rénovation de la maison – à partir d'échanges avec Jean Hourany, auditeur énergétique. À la fin de l'année 2024, le permis de construire a été posé.



À SAVOIR

Les travaux ne nécessitaient pas que le dépôt du permis de construire soit réalisé par un architecte (surface <150 m²). Toutefois, même dans cette configuration, il est possible de faire appel à un architecte pendant toute cette phase de conception voire jusqu'à la livraison des travaux.



Coulage des fondations

Une fondation périphérique par semelle filante a été ajoutée contre les fondations existantes pour supporter le poids des panneaux et éviter que cette charge soit reprise par les murs existants.



Préfabrication artisanale en atelier des panneaux de murs

À partir de la maquette 3D, un plan de calepinage a été produit permettant de préfabriquer dans l'atelier du charpentier des panneaux ajustés de mur en ossature bois et remplis d'ouate de cellulose soufflée. Cette phase de conception primordiale a été réalisée avec beaucoup de précision. Puis mise en pause du projet jusqu'à décembre 2024. Suite au décès d'un des propriétaires, une modification des dossiers d'aides a été réalisée : abandon de MaPrimeRénov' et des CEE au profit de Ma Prime Logement Décent / MaPrimeAdapt' plus adaptées au projet de rénovation.



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 un seul aller-retour. Leur placement dans les pupitres a été choisi pour faciliter la séquence de levage. Les panneaux ont été grutés et fixés 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...).



Préparation de la toiture

- Découverture totale de la toiture. Les ardoises sont déposées ainsi que leur lattage. La charpente est mise à nu.
- Renforcement de la charpente pour qu'elle puisse reprendre le poids du complexe isolant de la toiture.



Finition des raccords des panneaux et isolation de la toiture + recouvrement

Les derniers éléments de bardage dont les liaisons entre les panneaux préfabriqués ont été posés directement sur site. Un pare-vapeur a été posé sous rampants. Deux couches d'isolant en fibres de bois ont ensuite été posées, l'une entre chevrons, et l'autre au-dessus, remplissant une structure bois rapportée. Au-dessus de cette dernière couche d'isolant a été posée un écran souple de sous-toiture HPV sur lequel a été positionné un lattage permettant la fixation des ardoises. Les derniers travaux en toiture ont consisté à poser les ardoises et les fenêtres de toit.

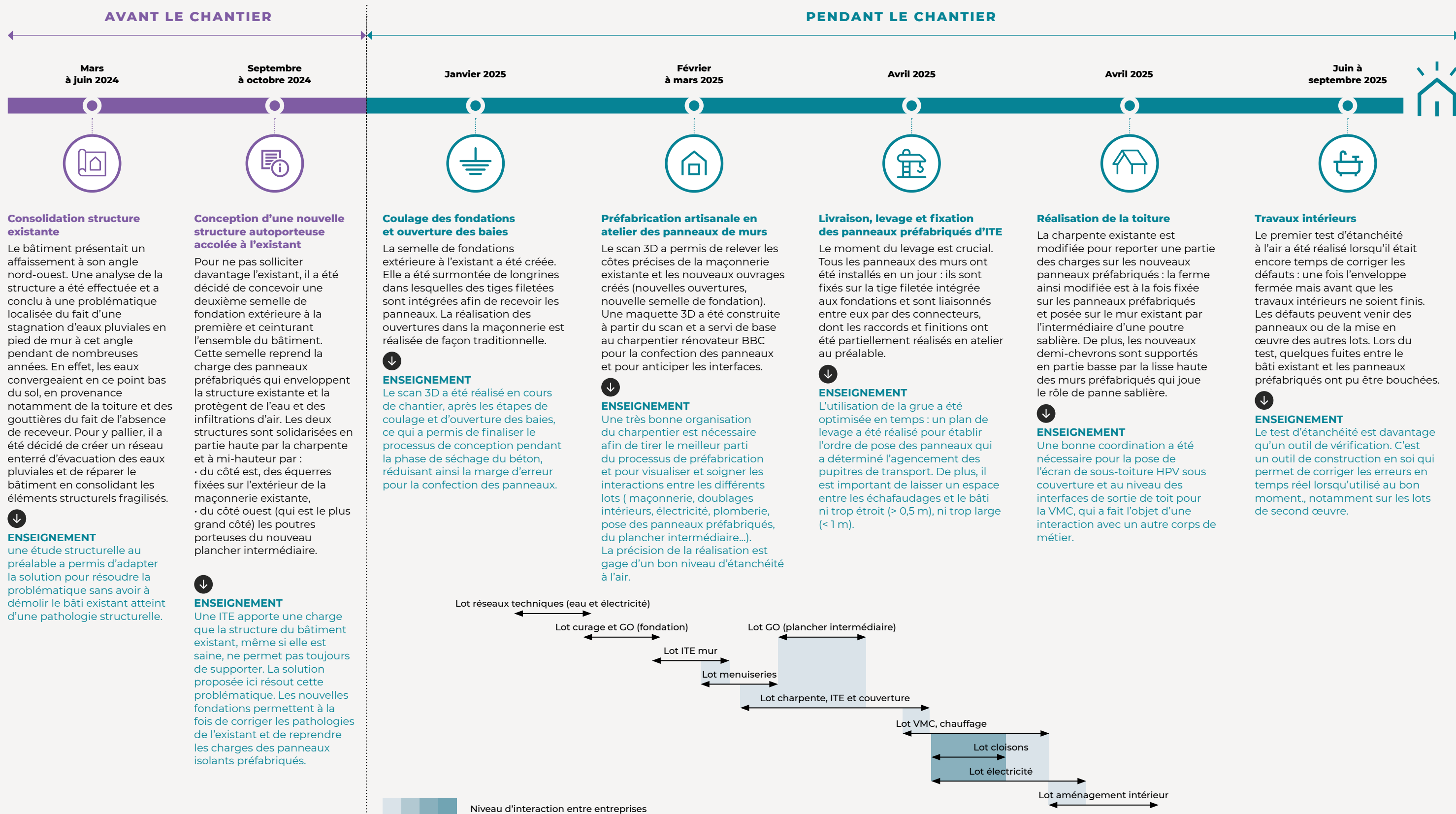


Travaux intérieurs

Le bâtiment étant étanche à la pluie et au vent, les travaux intérieurs ont pu se dérouler dès la fin des travaux sur les murs et la toiture. Les aménagements intérieurs mais aussi les systèmes choisis ont ainsi pu être posés : les revêtements de sol, les cloisons, les menuiseries intérieures, les aménagements de la cuisine et des salles de bain et WC ont été réalisés, de même que tous les réseaux d'eau, d'électricité et de ventilation. Les systèmes de production de chaleur et de ventilation, (les radiateurs, le ballon thermodynamique et la centrale de VMC double flux) ont également été posés à ce moment-là.

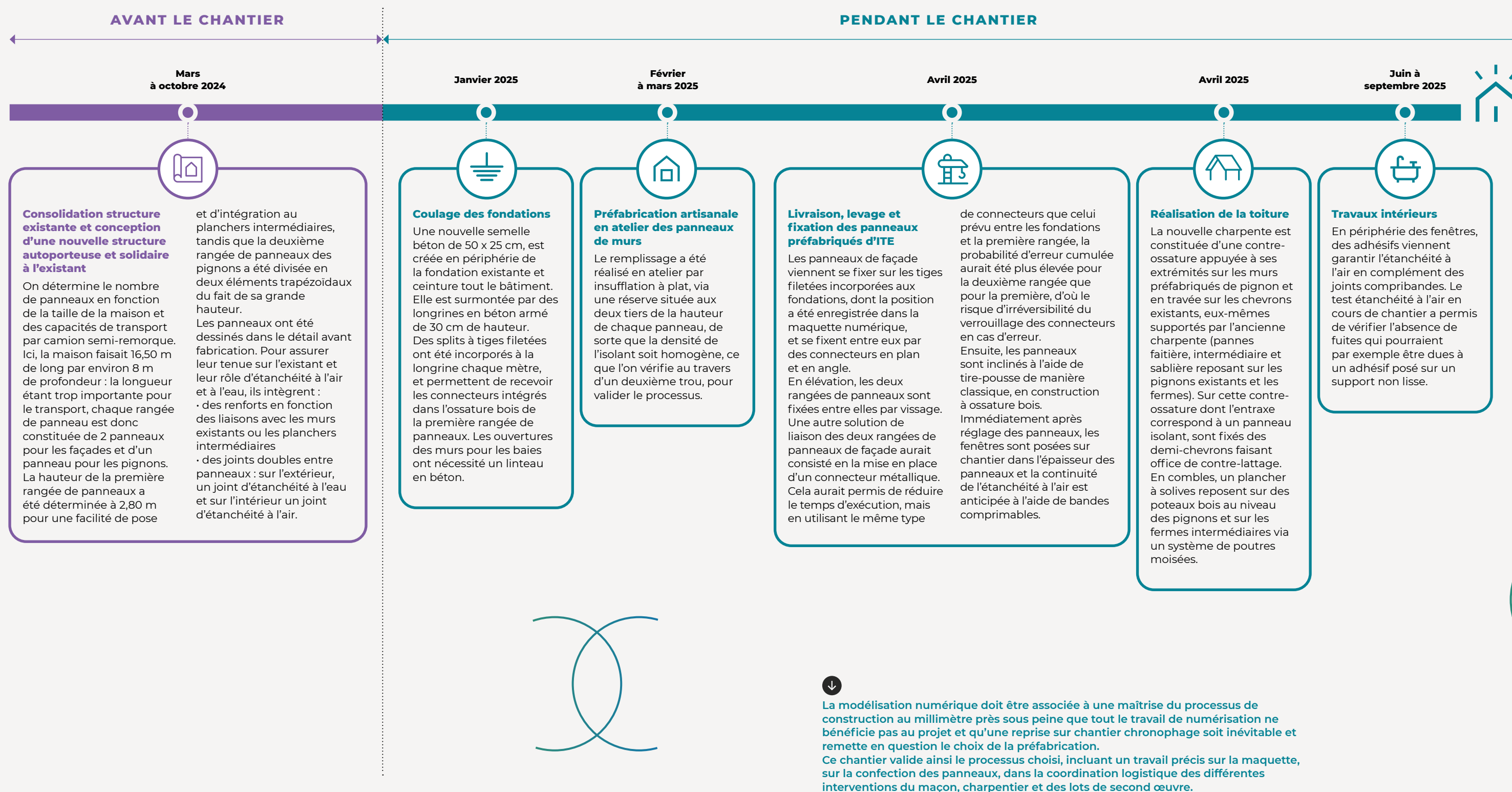
COORDINATION DES TRAVAUX

LES ÉTAPES PAR LOT TECHNIQUE

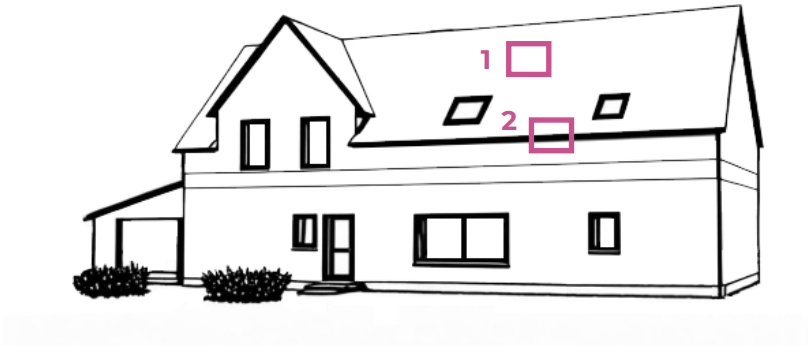


POINTS TECHNIQUES

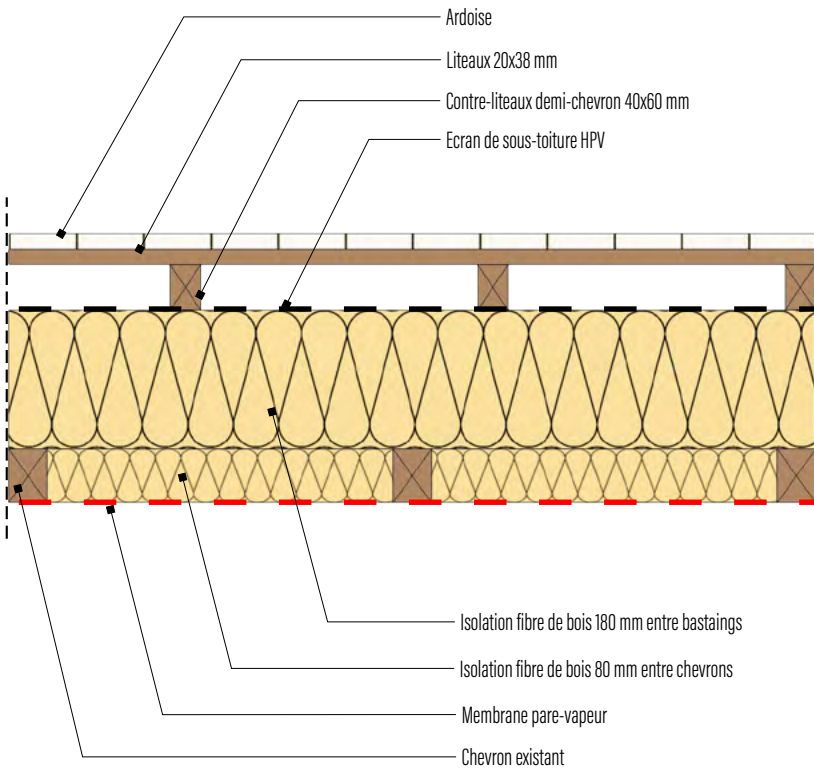
RISQUES, FOCUS ET SOLUTIONS



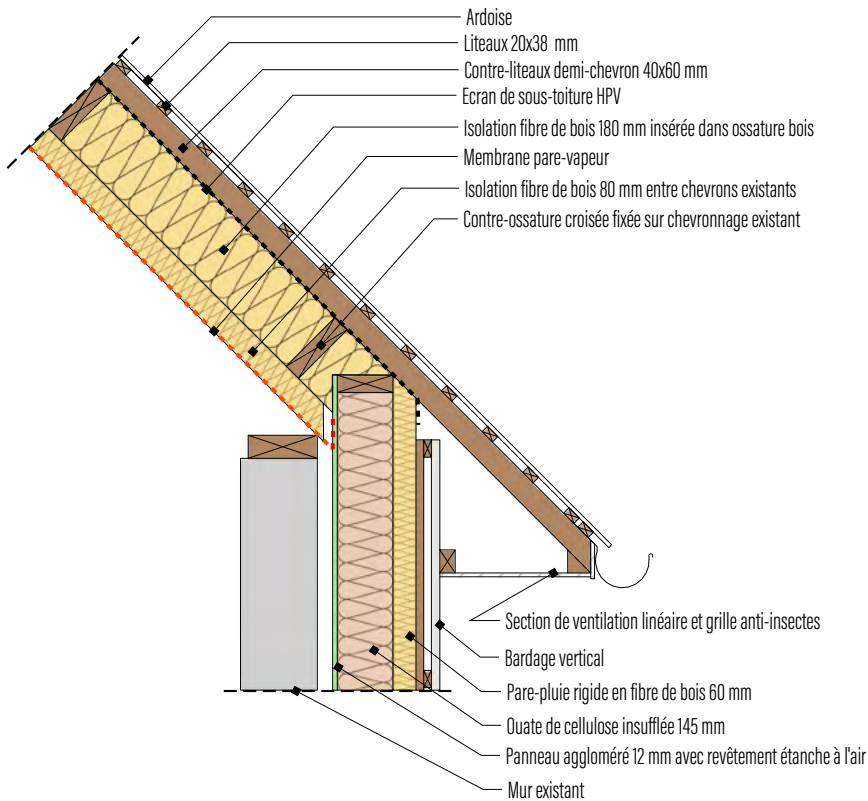
DESCRIPTION TECHNIQUE



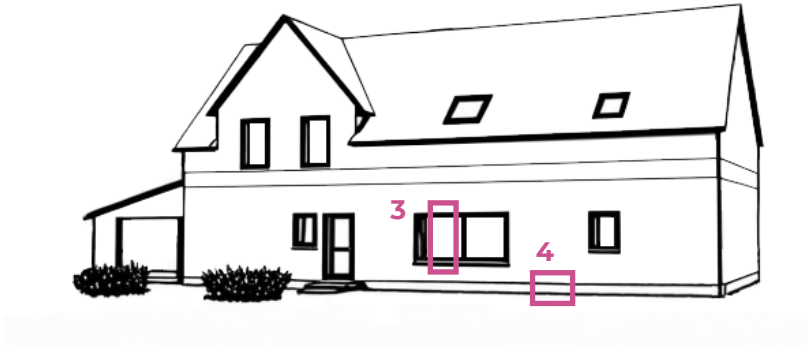
Détail 1. Coupe transversale toiture
(coupe verticale)



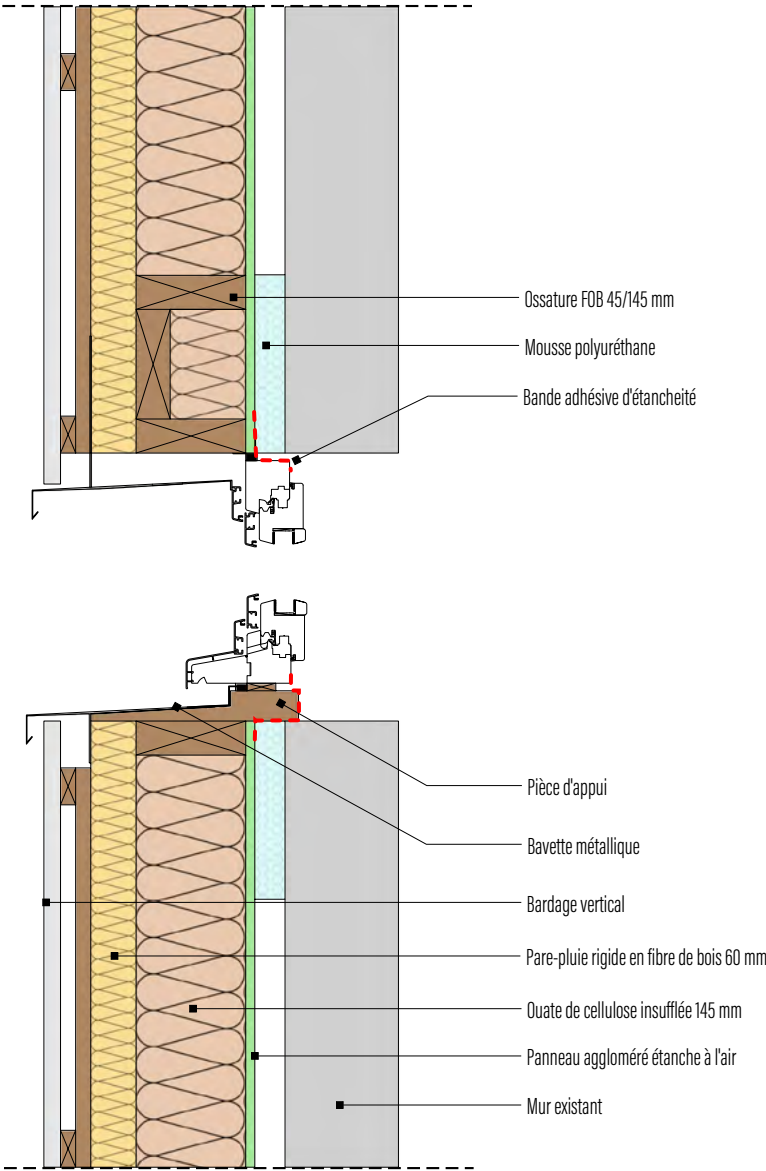
Détail 2. Jonction mur-toiture
(coupe verticale)



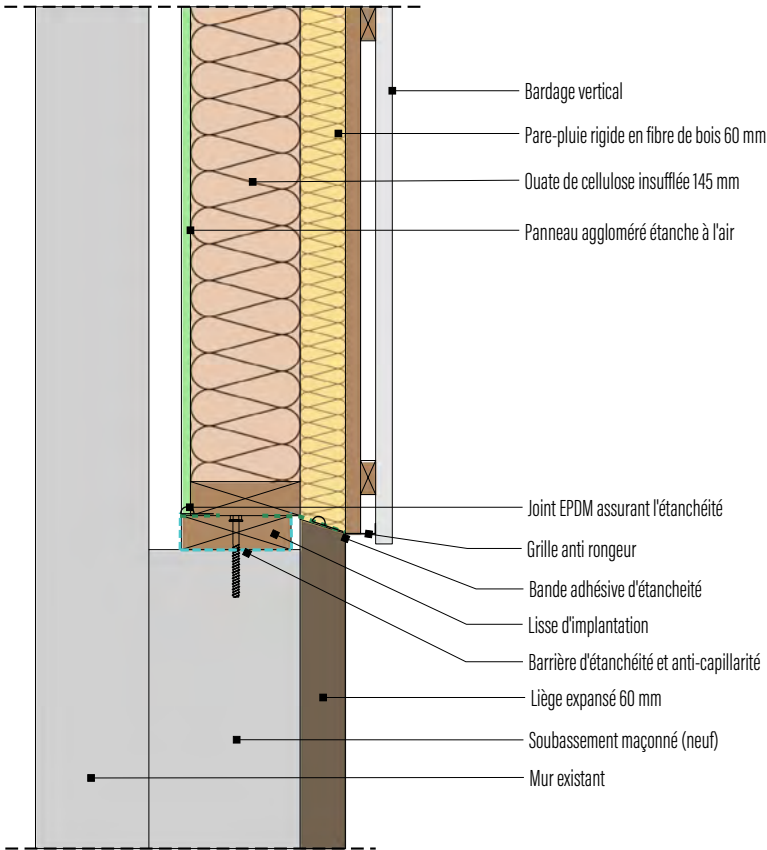
DESCRIPTION TECHNIQUE



Détail 3 : Jonction menuiserie
(coupe verticale)



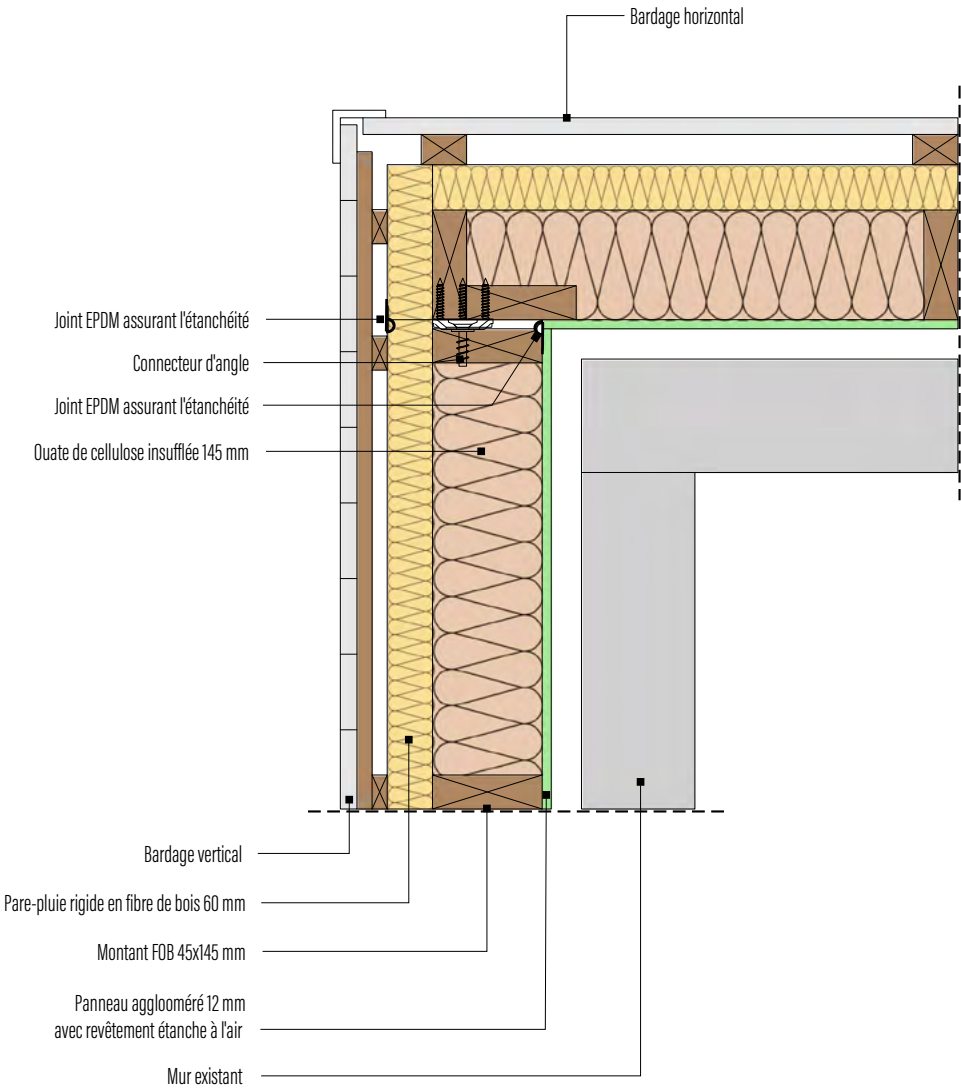
Détail 4 : Jonction en partie basse
(coupe verticale)



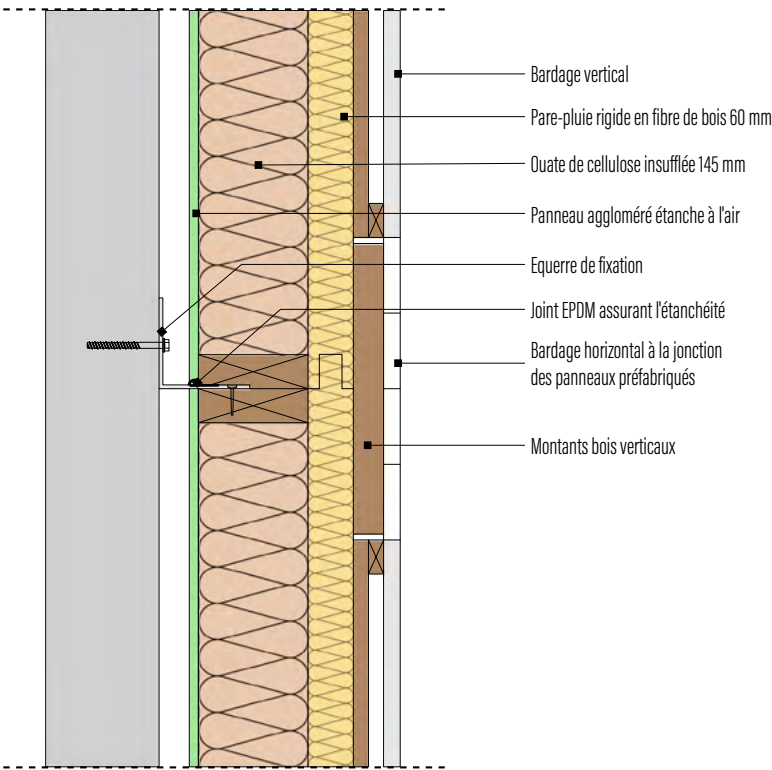
DESCRIPTION TECHNIQUE



Détail 5. Jonction angles sortants
(coupe horizontale)

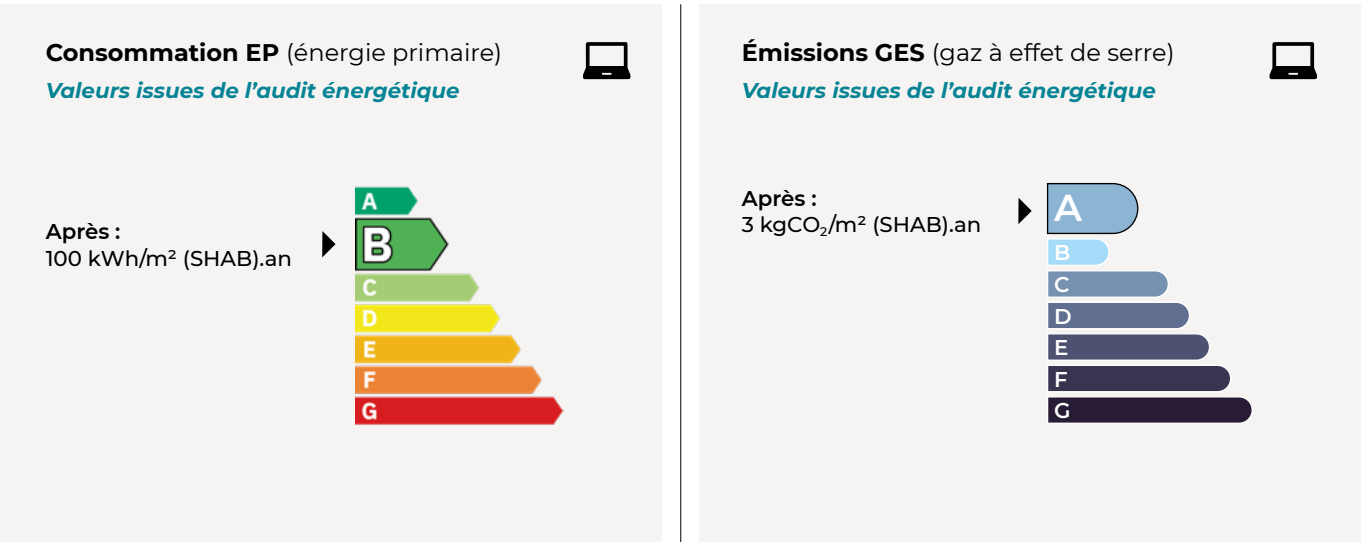


Détail 6. Jonction entre panneaux de mur
(coupe verticale)



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

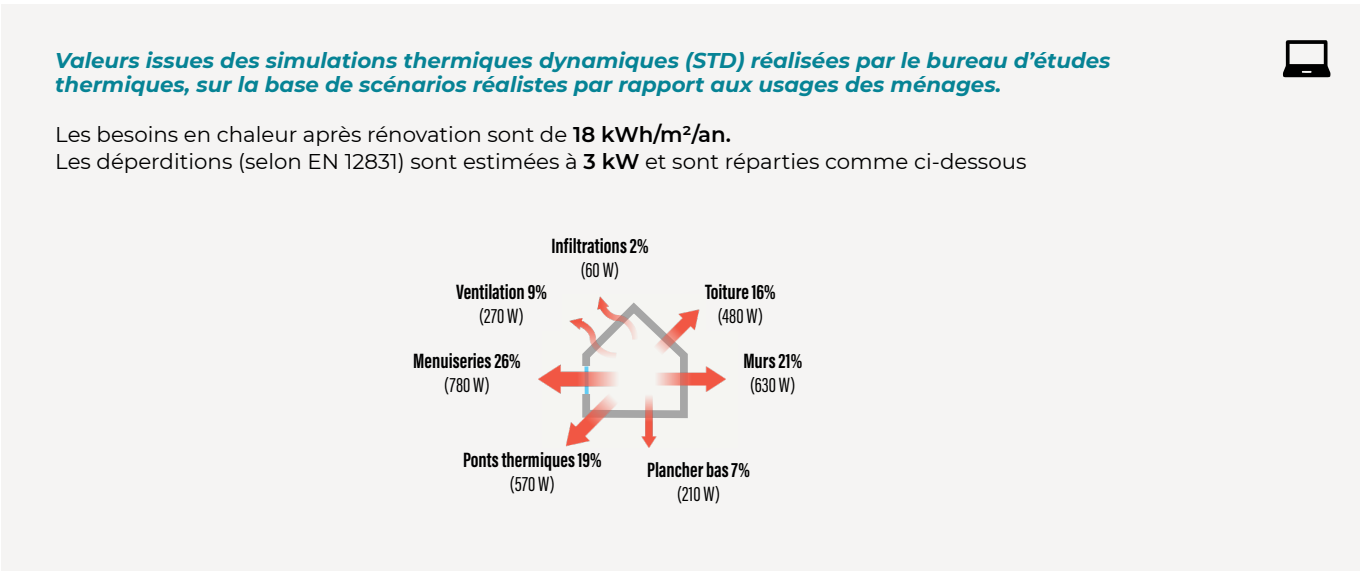


Nota : Le bâtiment n'étant pas habité juste avant les travaux, certains indicateurs n'ont pas pu être calculés ou mesurés à l'état initial, avant travaux.

 Indicateur mesuré  Indicateur calculé

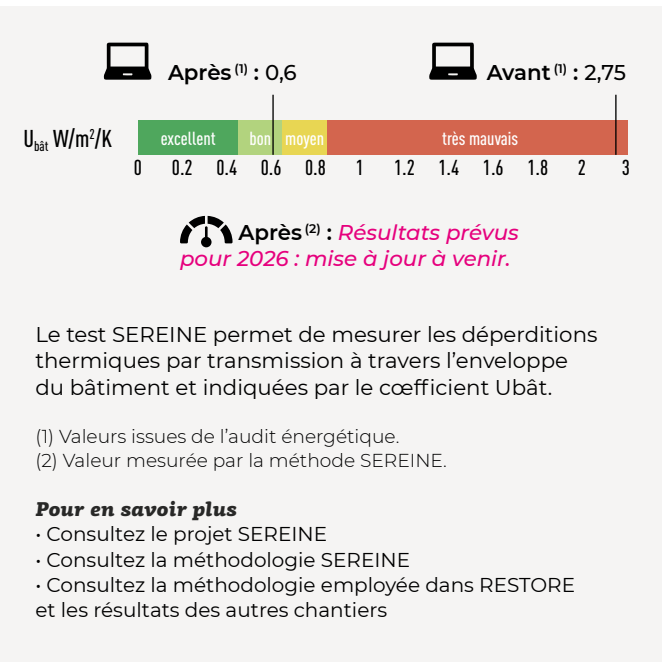
PERFORMANCE DE L'ENVELOPPE

Besoin en chaleur



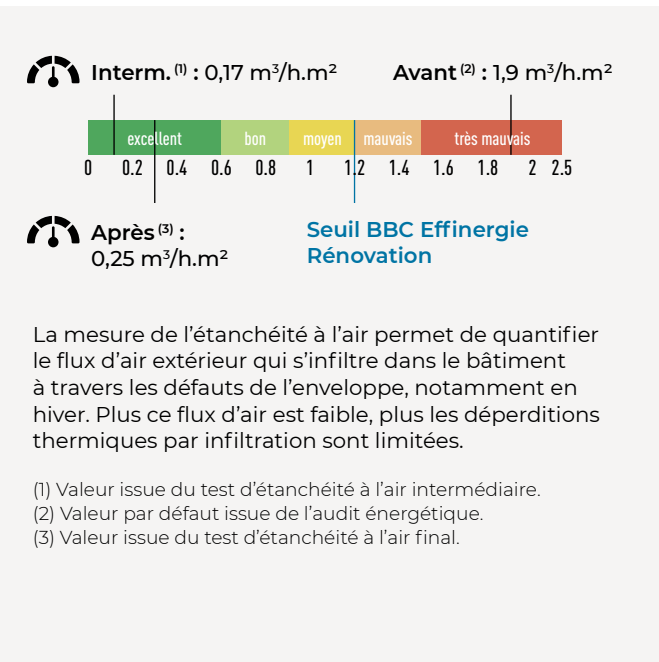
Par temps froid, les déperditions thermiques d'un bâtiment sont composées des déperditions par transmission à travers l'enveloppe (Ubât), par renouvellement d'air (ventilation) et par infiltrations d'air froid depuis l'extérieur (Étanchéité à l'air).

Ubât (performance de l'isolation)



 Indicateur mesuré  Indicateur calculé

Étanchéité à l'air



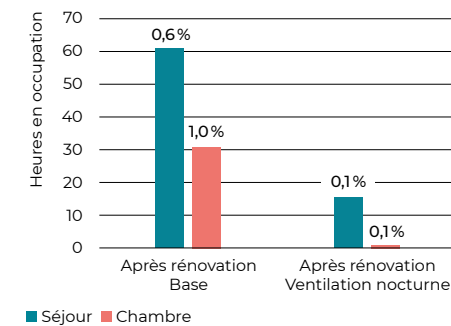
CONFORT

Confort d'été calculé

Valeurs issues des simulations thermiques dynamiques (STD) réalisées par l'auditeur thermicien, avec un fichier météo considérant un été « chaud » (utilisation des températures maximales moyennes sur 2010-2019).



Nombre d'heures et pourcentage du temps en occupation en situation d'inconfort (température ≥ 26°C)



Le confort d'été est évalué par le nombre d'heures en occupation en situation d'inconfort, c'est-à-dire quand la température opérative dépasse le seuil d'inconfort. Pour ce chantier, étant donné le climat normand, le seuil est pris à 26°C. Seule la situation après rénovation est simulée, pour deux scénarios d'occupation :

- Le scénario de base : volets entrouverts en journée l'été, sauf en période caniculaire (fermeture totale). Pas d'ouverture des fenêtres ni le jour ni la nuit.
- Le scénario « Ventilation nocturne » : même usage des protections solaires que dans le scénario de base ; fenêtres ouvertes la nuit lorsqu'il fait plus frais à l'extérieur qu'à l'intérieur.

Même sans ventilation nocturne, la maison n'est pas sujette à la surchauffe, grâce à une isolation performante, une inertie importante et en prenant l'hypothèse d'un comportement idéal de la part de l'occupant : maîtrise des apports solaires grâce à la fermeture des volets (en particulier pour les fenêtres de toit), pas d'ouverture des fenêtres en période caniculaire. Les températures maximales atteintes sont de 26°C avec ventilation nocturne et 27°C sans ouverture des fenêtres.

Mesure des conditions intérieures

Mesures après travaux (suivi long sur 1 an)
Instrumentation réalisée : mesures en cours.
Résultats prévus pour 2026 : mise à jour à venir.

Pour en savoir plus
Consultez la méthodologie employée dans RESTORE et les résultats des autres chantiers



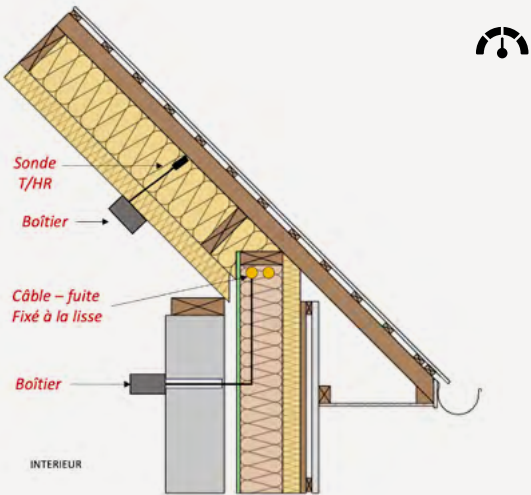
DURABILITÉ DES ISOLANTS

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 2026 : mise à jour à venir.

Pour en savoir plus
Consultez la méthodologie employée dans RESTORE et les résultats des autres chantiers



COÛT DE LA SOLUTION ET AIDES DISPONIBLES

Coût total des travaux liés à la performance

194 000 € HT

Surface habitable :

- avant travaux : 37 m²
- après travaux : 150 m²

Études

4 %

- 1 000 € | Accompagnement BBC
- 1 000 € | Audit énergétique

- 3 000 € | Scan 3D de la maison existante
- 3 000 € | Études de conception (de structure, plans technique, modélisation de la maquette 3D à partir du nuage de points réalisé par un scan 3D)

Équipement

10 %

Hors dépose de l'existant.

- 13 000 € | VMC double flux y.c distribution
- 4 000 € | Ballon chauffe eau
- 3 000 € | 2 radiateurs électriques à inertie

- Innovation
- Travaux induits par l'innovation

Travaux structurels induits par l'innovation

6 %

- 8 000 € | Renforcement des fondations
- 4 000 € | Renforcement de la charpente

Enveloppe

76 %

Y compris échafaudage

- 26 000 € | Couverture (y.c dépose, pose et zinguerie et échafaudage)
- 5 000 € | Pose fenêtres de toit
- 2 000 € | Isolation des soubassements
- 34 000 € | Menuiseries extérieures et volets roulants
- 23 000 € | Isolation de la toiture (y.c Isolation de la lucarne)
- 3 000 € | Transports manutention levage des murs préfabriqués
- 54 000 € | Isolation des murs (y.c appui de fenêtres, dessous de toit, échafaudage et finition bardage)

Création de surface habitable

4 %

- 7 000 € | Création d'un plancher intermédiaire

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 n'intègrent pas les travaux d'aménagement intérieur ni les coûts des ouvertures maçonnées pour les portes et les fenêtres ni les coûts de construction du garage accolé à la maison.
- La coordination de chantier n'a pas été chiffrée.

Bilan : retour sur investissement du ménage

En 11 ans, la rénovation globale de la maison sera remboursée via l'économie d'énergie, estimée à 877 kWh/m² SHAB/an (hors financement PROFEEL de l'innovation) : les travaux ont été concentrés sur le poste de déperdition énergétique le plus important de la maison et sur l'amélioration des systèmes énergétiques. L'amélioration de la performance énergétique (classe G à B du DPE) a un impact fort sur la valeur de la maison (plus-value de 28 % selon statistiques notaires, comptabilisée dans le calcul du temps de retour sur investissement).

Plan de financement des travaux (TTC)

Aides financières

71 000 €

- 11 000 € | Aide Région Normandie (chèque éco-énergie Normandie)
- 20 000 € | Aides ANAH
- 40 000 € | Financement PROFEEL de l'innovation*

Reste à charge

136 000 €

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**. Potentiellement, les coûts pourraient être diminués après maîtrise de la solution sur plusieurs chantiers d'un 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.



TECHIQUE	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 dans le cas d'ajout d'une structure rapportée, ou lorsque la modification des volumes extérieurs poserait des problèmes urbanistiques.
	Facilitation technique		La solution est accompagnée d'une documentation technique particulière (prérequis du bâti et de l'environnement nécessaire à la mise en œuvre de la solution, détails constructifs des interfaces...) et est libre de droit. Elle peut donc ainsi être facilement répliquée par un autre charpentier.
	Moyens humains et logistiques		La solution est exigeante sur ce point. Elle doit être réalisée par des professionnels compétents en conception et en mise en œuvre de charpente et d'isolation thermique étanche à l'air. Elle nécessite une organisation spécifique et une capacité à utiliser une maquette numérique 3D, ainsi que des moyens de transport et levage.
	Durabilité		Les composants sont choisis pour leur durée de vie élevée et ont peu de besoins en maintenance.
CONTEXTE	Contraintes territoriales		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 ont un coût, qui revient cependant moins cher que de démolir puis de reconstruire.
	Cadre réglementaire		Cette solution 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 viser les meilleurs standards de performance 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		Pour le ménage, cette solution permet une amélioration de la qualité architecturale de la maison, tant en rendu esthétique qu'en amélioration de la vie dans le logement par un confort thermique bien meilleur, en hiver comme en été. Pour les entreprises, la préfabrication permet de mieux maîtriser la qualité de la mise en œuvre par une fabrication, dans des conditions contrôlées en atelier. Elle peut être l'occasion de consolider ou de restructurer des maisons atteintes de pathologies structurelles.
	Gestion des nuisances		L'intervention par l'extérieur permet de réaliser la solution en site occupé. Le chantier engendrant de la nuisance pour les occupants et son voisinage, est réduit à seulement quelques jours au lieu de plusieurs semaines ou mois lors d'un chantier classique. Dans la plupart des cas notamment lorsque le bâtiment ne nécessite pas de modification structurelle, l'intervention peut être réalisée entièrement par l'extérieur et donc peut être effectuée en site occupé.
		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 énergivores, notamment pour des ménages aux revenus modestes, souhaitant mettre en place des solutions innovantes.



AUDITEUR ÉNERGÉTIQUE JEAN HOURANY

“ Une rénovation performante approchant le standard passif a été proposée par l'entreprise. L'aspect essentiel de l'audit énergétique est dans ce cas, une quantification précise de la performance, engendrant la réalisation d'une étude énergétique dynamique validant des besoins en chaleur de 17,6 kWh/m²/an et une part d'apport gratuit de 57%. Ce projet se situe ainsi à un niveau intermédiaire entre le BBC et le niveau passif. Pour cela, le projet a nécessité le recours à une VMC double flux avec un rendement validé suivant standard passif, des menuiseries performantes à triple vitrage et une isolation renforcée pour les murs et la toiture (résistance thermique de 7m²K.W).



CHARPENTIER RÉNOVATEUR BBC JULIEN COUILLARD

“ Il faut bien voir que sur cette maison-ci on ne va pas compter sur la structure ancienne pour réaliser l'étanchéité à l'air. La solution Batikok 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.



OCCUPANT

“ Nous avons fait appel à l'entreprise Couillard, qui nous a proposé ce type de maison de plain pied, à la fois pour son confort énergétique en rénovation globale et performante pour surtout consommer le moins possible de chauffage. La rénovation de la maison s'est bien déroulée dans les temps prévus, avec des artisans compétents ayant assumés leur travail. Le coût des travaux nous a posé réflexion, mais nous espérons avoir moins de dépenses pour le chauffage et un certain confort.

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.



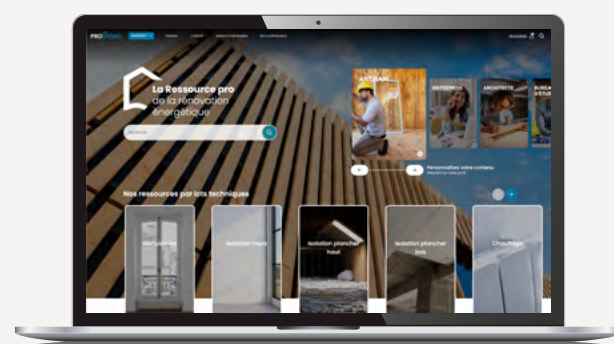
PROFEEL

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 Baticok 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 Baticok 2 dans ce chantier à destination des professionnels est également disponible.

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



Un module de présentation à destination des professionnels permet de retracer la solution Baticok 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 Mesnil Patry et la solution Baticok 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 Baticok 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-Rénove



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 citer :
CSTB. (2025). Chantiers PROFEEL de rénovation globale- Réalisation, suivi et analyse de la mise en œuvre, Le Mesnil-Patry. CSTB. www.proreno.fr/documents/fiche-chantier-de-renovation-globale-au-mesnil-patry-14-realisation-suivi-et-analyse-de-la-mise-en-oeuvre

Pour toute demande d'information sur le projet ou le chantier Le Mesnil-Patry
restore@cstb.fr

