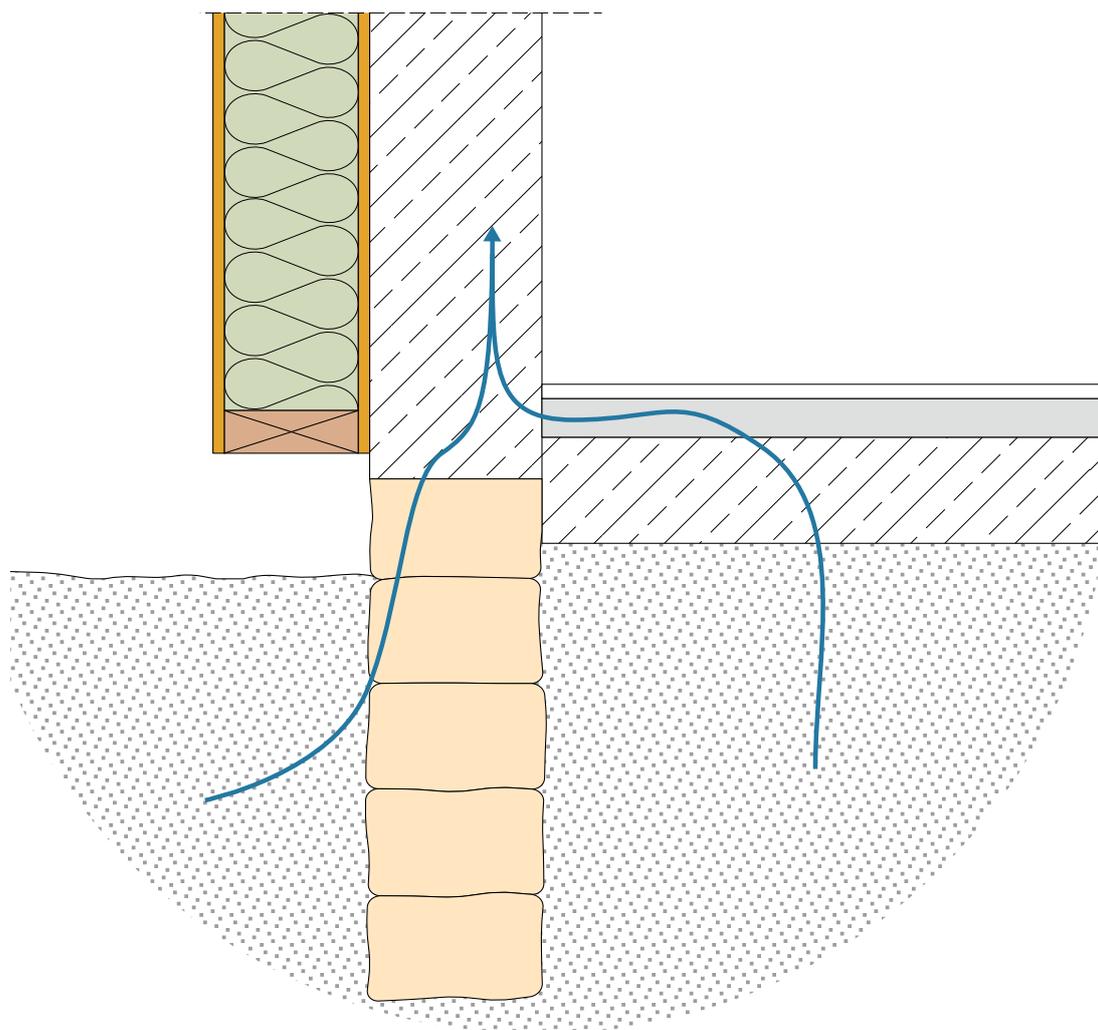


TENDANCES ET ENSEIGNEMENTS TECHNIQUES RENOSTANDARD



Isolation thermique des maisons individuelles

Couverture : Laurent STEFANO

Illustrations : Laurent STEFANO

Crédits photos :

Figures 46 et 47 : Groupement RENOSTANDARD « VETTER / OKTAVE »

Figures 48 et 49 : Groupement RENOSTANDARD « TYPO + »

Figures 50 et 51 : Groupement RENOSTANDARD « CD2E – HABITER 2030 »

Le présent document ne se substitue en aucun cas aux textes de référence, qu'ils soient réglementaires (lois, décrets, arrêtés, etc.), normatifs (normes, DTU ou règles de calcul) ou codificatifs (Avis Techniques, CPT, etc.) qui doivent être consultés.

Le CSTB décline toute responsabilité quant aux conséquences directes ou indirectes de toute nature qui pourraient résulter de toute interprétation erronée du contenu du présent document.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier tous les membres de PROFEEL pour leur implication dans le financement et le suivi des travaux réalisés, et plus particulièrement les membres du Groupe Projet RENOSTANDARD pour leurs remarques.

Nous remercions également l'ensemble des Groupements d'entreprises pour leurs propositions de solutions innovantes et très riches pour massifier les réhabilitations des maisons individuelles standardisées.

Enfin, les auteurs souhaitent remercier chaleureusement tous les experts d'URBANIS et du CSTB pour leurs analyses et remarques techniques détaillées sans lesquelles cet ouvrage n'aurait pas pu paraître.

Avant-propos

Avec le programme PROFEEL, la filière Bâtiment s'est rassemblée pour répondre collectivement aux défis de la rénovation énergétique. 16 organisations professionnelles ont été à l'initiative de cette démarche et continuent aujourd'hui à la porter activement.

PROFEEL se compose concrètement de 9 projets, positionnés sur trois grands enjeux : favoriser le déclenchement des travaux de rénovation, garantir la qualité des travaux réalisés et consolider la relation de confiance entre les professionnels.

Ces projets s'appuient sur l'innovation, qu'elle soit technique ou numérique, afin de mieux outiller les professionnels du bâtiment, d'améliorer les pratiques sur le marché de la rénovation énergétique et de garantir la qualité des travaux réalisés.

Ces outils permettront d'accompagner les acteurs durant toutes les étapes d'un projet de rénovation : en amont, pendant et après les travaux.

RENOSTANDARD, un des 9 projets PROFEEL, a fait émerger de nouvelles offres techniques de réhabilitation globale, adaptables et répliquables sur de grands nombres de maisons individuelles de construction standardisée. Des projets globaux de référence et des solutions techniques innovantes à l'échelle des lots et interfaces ont été conçus par des groupements professionnels, en utilisant notamment la préfabrication. RENOSTANDARD facilite ainsi la conception et la mise en œuvre de projets performants pour la maison individuelle.

RENOSTANDARD a également développé une démarche d'accompagnement des particuliers en phase avant-projet de rénovation, à partir d'un diagnostic transverse du logement. Elle a été testée auprès d'une centaine de propriétaires de maisons.

Ce rapport présente les principales tendances en matière d'isolation thermique qui se dégagent des solutions innovantes RENOSTANDARD, conçues par les groupements. Pour chaque tendance, les enseignements et recommandations issus de l'accompagnement technique des groupements par le CSTB sont rapportés.



S O M M A I R E

7	PARTIE 1 : Introduction
10	PARTIE 2 : Murs
10	2.1 Tendances
14	2.2 Points de vigilance isolation des murs
21	PARTIE 3 : Toitures
21	3.1 Préfabrication lourde
27	3.2 Préfabrication légère et montage manuel
32	PARTIE 4 : Points singuliers principaux
32	4.1 Jonction mur/plancher bas
36	4.2 Jonction mur/toiture
40	4.3 Jonction mur/baie
43	PARTIE 5 : Utilisation des isolants biosourcés
44	PARTIE 6 : Approche architecturale globale : augmentation de la surface, réaménagement, approche bioclimatique
47	PARTIE 7 : Techniques non traditionnelles, assurabilité, marques de qualité : comment s’y retrouver ?
47	7.1 Les réglementations
48	7.2 Le marquage CE
48	7.3 L'évaluation technique
51	7.4 La certification
52	Liste des abréviations

Introduction

Le projet RENOSTANDARD a été engagé pour favoriser la massification de la réhabilitation énergétique des bâtiments d'habitation et plus particulièrement du parc diffus de maisons individuelles dites « standardisées »¹ construites entre 1830 et les années 2000. Ce parc de maisons représente un vivier très important pour la réduction du besoin énergétique et l'impact environnemental du secteur du bâtiment. Il est cependant peu ou mal exploité en raison de la difficulté d'accompagnement à grande échelle des propriétaires devenant, le temps d'un chantier, maîtres d'ouvrage.

Généralement « non-sachants », les propriétaires se retrouvent souvent seuls pour gérer l'établissement de devis, le suivi et la réception de chantier, la gestion des aléas et des retards, etc. De plus, ce secteur requiert généralement une approche sur mesure. Les besoins et attentes sont souvent très différents d'un maître d'ouvrage à un autre, d'une situation de vie à une autre (cycle de vie du ménage et parcours résidentiel). La rénovation d'un logement ne correspond pas à une réalité sociale unifiée, elle prend de multiples formes selon le chemin de vie des ménages et selon le segment de l'habitat concerné. La réhabilitation est un processus social, c'est-à-dire une suite d'étapes qui ont chacune leur importance et qui explique que les projets mettent en moyenne 3 à 5 ans à aboutir : de la prise en compte des problématiques du logement jusqu'à la réception des travaux et à l'adaptation aux nouveautés, le passage à l'action est motivé et déclenché par des facteurs très hétérogènes. Si l'amélioration du confort (problème d'inconfort, manque de place, de lumière) représente de loin la première motivation des ménages, la gestion de pannes et de sinistres est le facteur qui engendre le plus de travaux. À cela s'ajoutent les potentialités offertes par chaque typologie de logement et l'offre locale en termes de solutions souvent mal connues par les maîtres d'ouvrage.

Pour toucher de manière plus rationnelle et concrète cette cible, le projet a été engagé pour rendre accessible aux maîtres d'ouvrage un ensemble d'outils d'accompagnement facilitant la prise de décision. Il s'appuie sur une offre de solutions globales et performantes adaptées à des modèles de maisons courants rencontrés dans les différents territoires régionaux et représentatifs de périodes de construction et de courants architecturaux à moyenne et grande échelle. Il s'agit notamment de fournir des outils d'aide à la décision permettant aux maîtres d'ouvrage de mieux connaître leur logement et les pathologies associées générant l'inconfort des occupants (outil de diagnostic) mais également des outils numériques de représentation leur permettant de se projeter après les travaux en visualisant les impacts sur les volets économique, confort, revalorisation architecturale et performance d'usage de leur logement.

La massification de la réhabilitation énergétique passe en premier lieu par le développement d'une offre de solutions déjà éprouvées sur des modèles de maisons courantes afin de donner confiance aux maîtres d'ouvrage. Les solutions devront être innovantes afin de concilier à la fois un haut niveau de performance et de répondre à l'enjeu principal de la réhabilitation qui est la limitation du coût des travaux (et/ou le phasage dans le temps des dépenses), mais aussi la limitation de la durée et de l'impact du chantier sur le quotidien des ménages. Ceci passe en premier lieu par une approche de

¹ Démarche qui vise à simplifier le déploiement de la réhabilitation énergétique sur une dizaine de modèles de maisons standardisées à travers la construction d'une offre de solutions types de réhabilitation, répliquables et optimisées et avec une perspective de pré-industrialisation. Celles-ci intègrent l'amélioration de la performance énergétique et environnementale comme l'un des co-bénéfices de la rénovation.

Se référer au livrable n° 1 *Retour d'Expériences des démarches existantes en faveur de la réhabilitation énergétique des maisons individuelles*, décembre 2019, CSTB.

réhabilitation globale permettant de mutualiser les coûts d'intervention et par un effort sur le traitement des interfaces entre les différents lots.

L'identification de cette offre de solutions, constituant un des enjeux majeurs du projet RENOSTANDARD, s'est opérée en plusieurs étapes par la réalisation de deux appels à manifestation d'intérêt (AMI) à destination de groupements d'acteurs pluridisciplinaires (industriels, entreprises du bâtiment, architectes, ingénieurs, etc.) pour la sélection de modèles de bâtiment puis la sélection d'une combinaison d'offres adaptées à des modèles très courants de maisons individuelles. Les critères de choix des solutions ont tenu compte, entre autres, du bâtiment visé, du caractère innovant des solutions pour répondre à la massification, de la complétude des groupements qui conçoivent la solution, du potentiel de la solution à accéder rapidement au marché et bien sûr, de la performance globale de la solution (revalorisation architecturale, thermique, environnementale, confort et économique).

Ainsi, une dizaine de solutions de réhabilitation ont été proposées pour les typologies de maisons individuelles standards identifiées lors d'un premier AMI et sont chacune décrites par une « Fiche solution » spécifique. Si chaque solution possède ses points forts et ses particularités, des tendances communes ont été identifiées.

En premier lieu, de manière à optimiser le délai d'intervention sur site (et donc les coûts) et à limiter les risques liés à la mise en œuvre, la plupart des groupements proposent un degré plus ou moins poussé de préfabrication des procédés d'isolation hors-site en atelier allant de la préfabrication lourde nécessitant des moyens spécifiques de levage sur chantier à la réalisation de caissons légers maintenables dans lesquels un isolant est insufflé sur site.

De plus, l'intervention sur site se veut généralement peu intrusive pour l'occupant, en privilégiant par exemple l'isolation des murs existants par l'extérieur, ou l'isolation des combles perdus par soufflage d'isolants en vrac.

Pour cibler les problématiques de contenu carbone notamment, les matériaux utilisés par la plupart des groupements RENOSTANDARD sont de type biosourcés, pour les ossatures (bois) comme pour les isolants.

De même, des solutions sont proposées pour traiter les interfaces entre parois, en limitant en particulier la pénétration d'air en jonction murs/toitures, ou en engageant une réflexion pour limiter les infiltrations d'eau liquide aux jonctions murs/planchers bas ou en proposant des solutions pour le traitement des ponts thermiques.

Enfin, des réflexions plus globales ont été menées pour améliorer la qualité de vie des occupants sur le confort thermique, notamment estival, augmenter la valorisation architecturale du bien réhabilité ou encore repenser le réagencement des espaces de vie. La notion complexe de confort a été considérée dans deux dimensions, sachant que ces dimensions entrent en forte interaction dès lors que l'on recherche des degrés de performance élevés et qu'elles sont liées à l'environnement du bâti : dimension énergétique et atteinte d'un confort thermique, dimension architecturale et atteinte d'un confort d'usage.

L'ensemble de ces innovations proposées peut parfois amener à sortir du champ d'application des Règles de l'Art existantes (normes DTU, etc.), ce qui pourrait questionner quant à la maîtrise de la durabilité de ces propositions, mais aussi de manière plus pragmatique sur la possibilité de limiter le risque assurantiel en cas de sinistre ultérieur.

Les groupements sélectionnés ont ainsi bénéficié, dans le cadre du projet, d'un accompagnement dans la conception de leur solution. Cet accompagnement a consisté en premier lieu à un cadrage de la description des solutions : en particulier, la fourniture de carnets de détails précis et un référencement des produits utilisés. Un travail de coordination a ensuite été réalisé afin d'organiser des réunions d'échanges entre les groupements et une vingtaine d'experts du CSTB dans différents domaines scientifiques ou techniques. Ces échanges ont permis une analyse des solutions et notamment leur positionnement vis-à-vis des Règles de l'Art ainsi que l'identification de points d'attention.

Au total une cinquantaine de réunions ont été organisées et ont fait l'objet d'un compte-rendu détaillé. L'accompagnement seul n'a ainsi pas vocation à se substituer à une évaluation technique et ne garantit donc pas l'assurabilité des solutions examinées. Cependant, en fonction du niveau de maturité des solutions, certaines d'entre-elles ont pu s'inspirer des recommandations prodiguées pour la constitution des dossiers techniques nécessaires à l'évaluation technique. Dans ce cadre, plusieurs demandes d'ATEX ont été déposées durant le projet.

Par ailleurs, quelques études spécifiques ont été conduites sur des problématiques bien ciblées afin d'aider certains groupements à opérer des choix dans la conception de leur solution. Ainsi par exemple, une étude d'impact des ponts thermiques intégrés a été réalisée pour le groupement BATICOK. Une autre étude sur l'optimisation du traitement du pont thermique périphérique de plancher bas, et plus particulièrement la profondeur d'encastrement de l'isolation périphérique extérieure, a été réalisée. Cette étude conduite sur la solution TYPO+ concerne une grande partie des solutions d'isolation par l'extérieur proposées par les groupements.

L'objectif de cet ouvrage est ainsi de synthétiser l'ensemble des recommandations et études d'aide à la conception réalisées dans le cadre de cet accompagnement technique, pour chacune des grandes tendances de rénovation des éléments d'enveloppe identifiées dans le projet RENOSTANDARD. Des informations ciblant les interfaces entre lots et procédés, et un panorama pour se repérer plus facilement entre les différents référentiels techniques (réglementation, marquage CE, Avis Techniques, certifications) sont également présentées.

2.1 Tendances

Le projet RENOSTANDARD a permis d'identifier trois tendances principales pour l'isolation des murs : la préfabrication lourde, la préfabrication légère, le montage manuel sur site, dont la conception est réalisée soit par des PME de manière « artisanale », soit par des industriels de la construction. On parlera dans ce dernier cas de « kitting ». Il s'agit principalement de solutions d'isolation par l'extérieur des parois.

2.1.1 Préfabrication lourde de panneaux isolants

Les panneaux sont généralement non porteurs et sont fixés sur la façade existante lorsque celle-ci le permet ou en appui au sol. Dans certains cas, les panneaux préfabriqués peuvent avoir un rôle structurel, notamment en cas de surélévation du bâtiment. La structure principale est généralement une ossature en bois, particulièrement adaptée à la préfabrication et s'inscrivant dans la démarche de réduction de l'impact carbone des constructions. Pour assurer la rigidité de l'ensemble, en particulier lors de la pose, un panneau pouvant servir de contreventement est ajouté côté intérieur. Il est constitué d'un panneau OSB ou d'un panneau en fibre de bois rigide. Cet élément peut également avoir une fonction de coffrage pour la projection, l'insufflation ou le calage d'un isolant. Un panneau extérieur rigide pouvant servir de pare-pluie associé ou non à une membrane souple vient compléter l'ensemble du système. En cas d'insufflation, le panneau extérieur est perforé localement. La finition extérieure peut être de type enduit sur isolant ou de type bardage ventilé en fonction des choix architecturaux. Elle est généralement mise en œuvre sur site après la pose des panneaux préfabriqués.

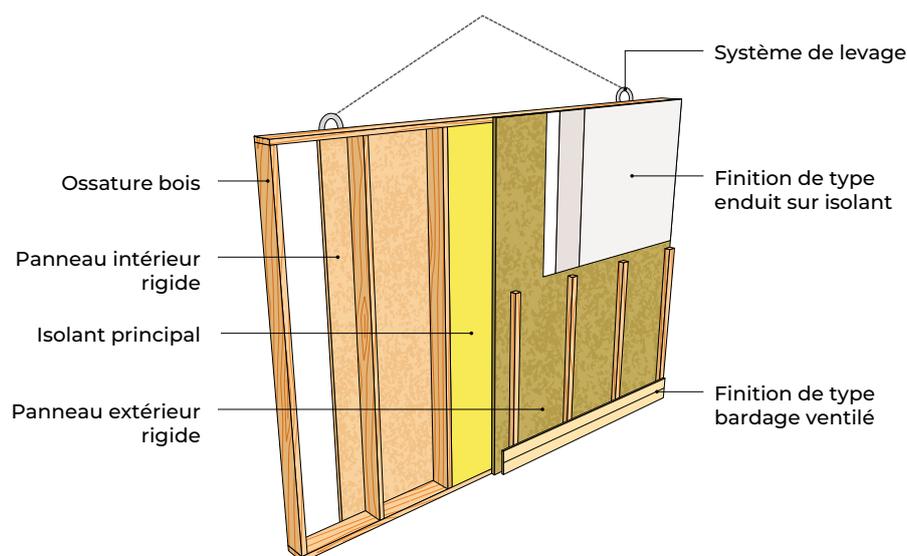


Figure 1 : Préfabrication lourde de panneaux isolants

2.1.2 Caissons isolants légers manportables

Les éléments sont constitués d'une structure en bois formant un caisson de petite dimension (par exemple 16 x 40 x 120 cm) et pesant au maximum 15 kg pour pouvoir être manutentionné. Dans le cas d'un caisson fermé (côté mur support), l'isolant de remplissage est un isolant semi-rigide ou un isolant insufflé (généralement de la ouate de cellulose). Dans le cas d'un caisson ouvert, l'isolation peut être réalisée par l'association d'un isolant semi-rigide et d'un isolant souple. L'isolant souple dépasse de quelques centimètres afin d'épouser les irrégularités de la surface du mur support. L'usinage des caissons permet de créer des systèmes de clips et de feuillure pour faciliter l'assemblage entre les caissons et le mur support. Pour une finition par enduit sur isolant, le caisson est fermé du côté extérieur par un panneau de fibres de bois. Pour une finition de type bardage ventilé, le caisson est fermé du côté extérieur par un panneau de bois de même nature que le reste du caisson.

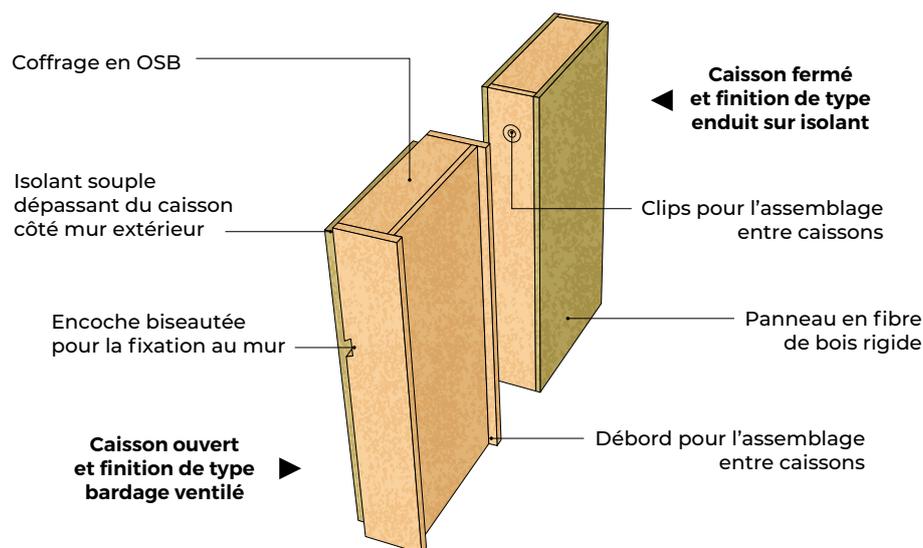


Figure 2 : Caissons isolants légers manportables

2.1.3 Système d'isolation mise en œuvre sur site

Il s'agit de solutions dont l'assemblage et la mise en œuvre sont intégralement réalisés sur site. Pour ce type de solutions, la tendance observée dans le projet RENOTANDARD, de la même manière que pour les panneaux préfabriqués ou les caissons manportables, est une mise en œuvre par l'extérieur. Quelques solutions d'isolation par l'intérieur ont toutefois été proposées par certains groupements dans le cas où l'isolation par l'extérieur n'est pas possible (contraintes architecturales fortes). Plusieurs groupements ont proposé des solutions à base de béton de chanvre pour l'isolation par l'intérieur des murs. Les solutions proposées s'appuient sur des systèmes constructifs non traditionnels mais qui reprennent néanmoins très largement dans leur conception les principes de mise en œuvre prévus dans les DTU ou dans certaines Règles Professionnelles. Une solution proposée est couverte par un DTA. Les différentes solutions étudiées dans le projet RENOSTANDARD sont décrites ci-après.

2.1.3.1 Solution de type bardage rapporté en bois

Il s'agit d'une solution de type bardage rapporté en bois s'appuyant largement sur les principes de mise en œuvre du NF DTU 41.2. La solution proposée est innovante sur plusieurs aspects, notamment par l'utilisation d'un isolant biosourcé, une mise en œuvre en deux couches d'isolation permettant de limiter les ponts thermiques et la mise en œuvre à l'extérieur d'une membrane souple HPV placée directement au contact de l'isolant pour le protéger des pénétrations d'eau et de la circulation de l'air. La conception de la solution repose sur une mise en œuvre assez classique et fait appel à des composants et matériaux courants du marché. La solution s'adapte facilement à différents types de supports (creux ou pleins).

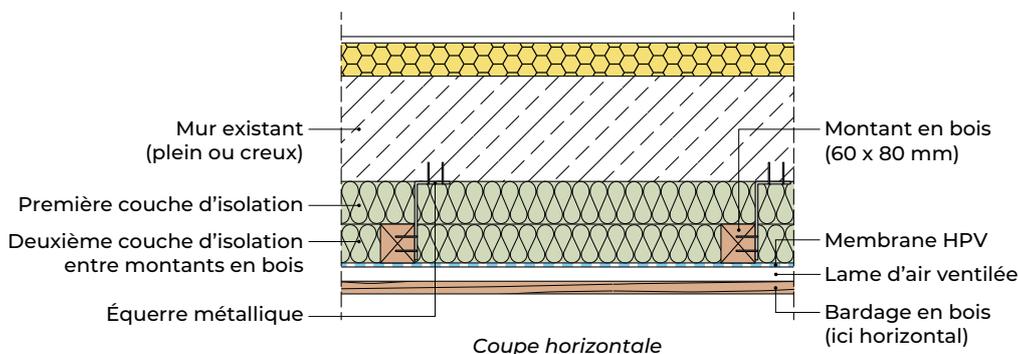


Figure 3 : Solution de type bardage rapporté en bois

2.1.3.2 Solution de type « enduit sur isolant »

Le principe proposé est un système d'isolant à base de laine de roche calée chevillée et sous-enduit à la chaux aérienne. Le système proposé comprend la pose d'un isolant, calé par plots de colle et chevillé à l'aide de rosaces, puis d'un enduit intégrant une armature marouflée et enfin d'un enduit de finition à base de chaux aérienne sur couche d'impression. La solution est couverte par un DTA (Document Technique d'Application). Dans ce cadre, la compatibilité entre les composants a été évaluée dans un domaine d'emploi bien défini.

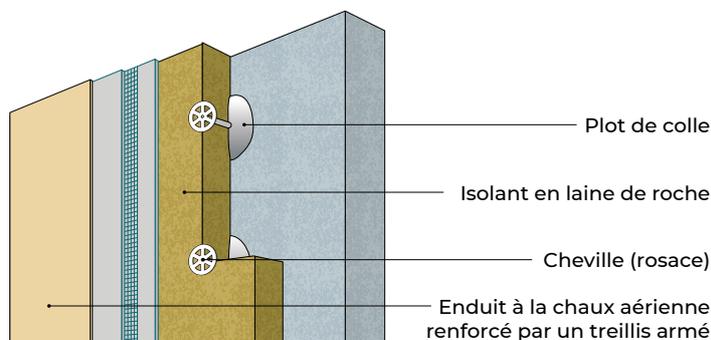


Figure 4 : Solution de type « enduit sur isolant »

2.1.3.3 Solutions à base de béton de chanvre projeté

Des solutions à base de béton de chanvre projeté, généralement entre des ossatures en bois ou à base de blocs maçonnés et rapportés en isolation par l'intérieur, sont proposées par plusieurs groupements. Il s'agit de correcteurs thermiques dont l'épaisseur est limitée entre 8 et 10 cm pour ne pas trop empiéter sur la surface habitable. Sans être aussi performante que des solutions plus « classiques », ce type de solution permet d'améliorer l'isolation des parois de bâtiments anciens sans modifier leur aspect extérieur et sans altérer de manière trop importante le comportement hygrothermique des parois. Elle permet également de limiter l'effet de paroi froide en hiver. La masse volumique relativement importante de ces isolants permet de conserver l'inertie des parois et de stocker plus facilement les apports solaires diurnes.

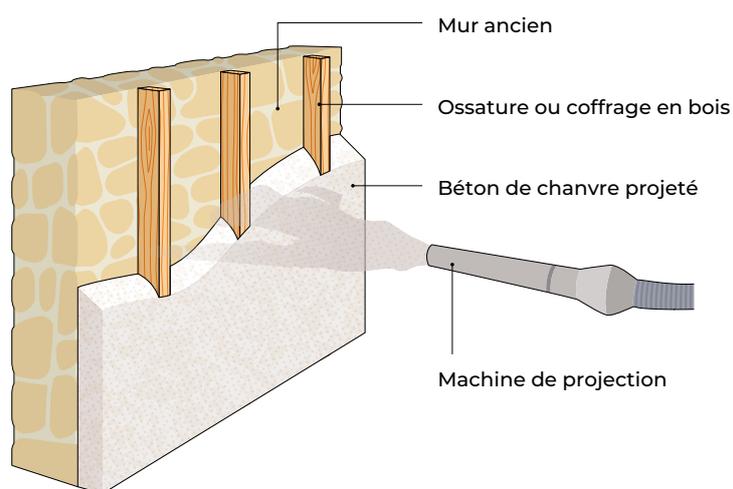


Figure 5 : Solutions à base de béton de chanvre projeté

2.2 Points de vigilance isolation des murs

Les points de vigilance détaillés ci-après concernent principalement les solutions d'isolation par l'extérieur. La mise en œuvre de procédés d'isolation rapportée à l'extérieur de parois existantes implique une attention particulière afin d'atteindre le niveau de performance requis et de garantir la pérennité des bâtiments. Pour les différents systèmes constructifs identifiés dans le projet RENOSTANDARD, un certain nombre de principes et de points de vigilance à respecter lors de la conception des solutions ont été identifiés. Ces éléments sont repris ci-après.

2.2.1 Point de vigilance « étanchéité à l'air »

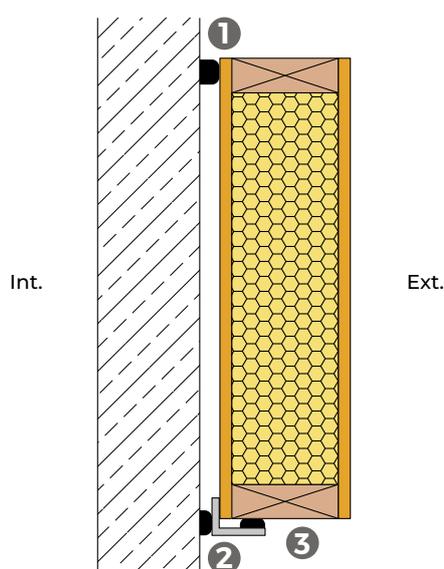


Figure 6 : Point de vigilance « étanchéité à l'air »

RISQUES

- Perte partielle ou totale de l'efficacité de l'isolation rapportée.
- Apport d'air froid pouvant induire de la condensation sur la face arrière du panneau et dans le panneau.
- Sensation de paroi froide et d'inconfort dans le logement.
- Perte d'isolement acoustique.

RECOMMANDATIONS

- Calfeutrement continu entre le panneau et le mur (1), entre les éléments de fixation et le mur (2) mais également entre les éléments de fixation et le panneau (3). Ces principes s'appliquent également autour des encadrements de baies.
- Évaluation des concepts d'assemblage entre les panneaux par la réalisation de tests AEV.
- Utilisation de matériaux d'étanchéité dont la durabilité a été évaluée. Réalisation de tests avant/après vieillissement.
- La pose d'une couche d'isolation souple entre le panneau et le mur support permet de limiter la circulation d'air en plus d'améliorer la performance thermique et acoustique.

2.2.2 Point de vigilance « risques liés à l'humidité »

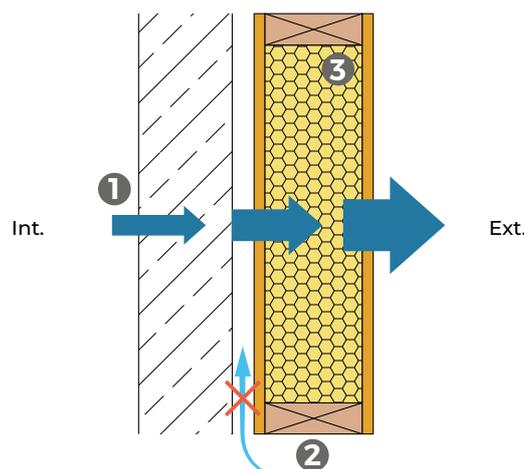


Figure 7 : Point de vigilance « risques liés à l'humidité »

RISQUES

- Accumulation d'humidité pouvant induire une dégradation des matériaux sensibles ou une perte de performance.
- Développement fongique dans les matériaux.

RECOMMANDATIONS

- Respecter le principe de perméabilité croissante (1) des matériaux de l'intérieur vers l'extérieur (un facteur 5 en termes de S_d entre la couche intérieure et la couche extérieure est recommandé).
- Empêcher les circulations d'air entre les panneaux par la mise en place de dispositifs d'étanchéité durables (2).
- Faire réaliser une étude par simulation afin d'évaluer l'évolution de la teneur en humidité dans les composants, en particulier au niveau des points froids et/ou des revêtements extérieurs plus étanches (3).

ZOOM SUR

En cas d'isolation par l'intérieur

En isolation par l'intérieur, le mur existant se retrouve exposé à la température extérieure plus froide. Ceci peut avoir plusieurs conséquences :

- Accumulation d'humidité et condensation entre l'isolation rapportée et le mur support, en particulier si le mur support est étanche à la diffusion de vapeur.
- Apparition de condensation dans le mur si le mur est perméable à la vapeur mais que le revêtement extérieur est étanche à la diffusion de vapeur.

Dans le cas d'une solution non couverte par les Règles de l'Art, la réalisation d'une étude permettant de vérifier l'absence de risque lié à l'humidité est nécessaire.

Des dispositions particulières doivent être adoptées afin d'évacuer l'humidité ou l'eau de condensation : mise en place de système de récupération et d'écoulement d'eau par des ouvertures en pied de parois, élimination ou perforation des revêtements extérieurs étanches à la diffusion de vapeur. Dans ce deuxième cas, l'étanchéité à l'air de la paroi pourra ne plus être assurée convenablement et devra être assurée par le système d'isolation rapportée à l'intérieur.

2.2.3 Point de vigilance « mécanique et structure »

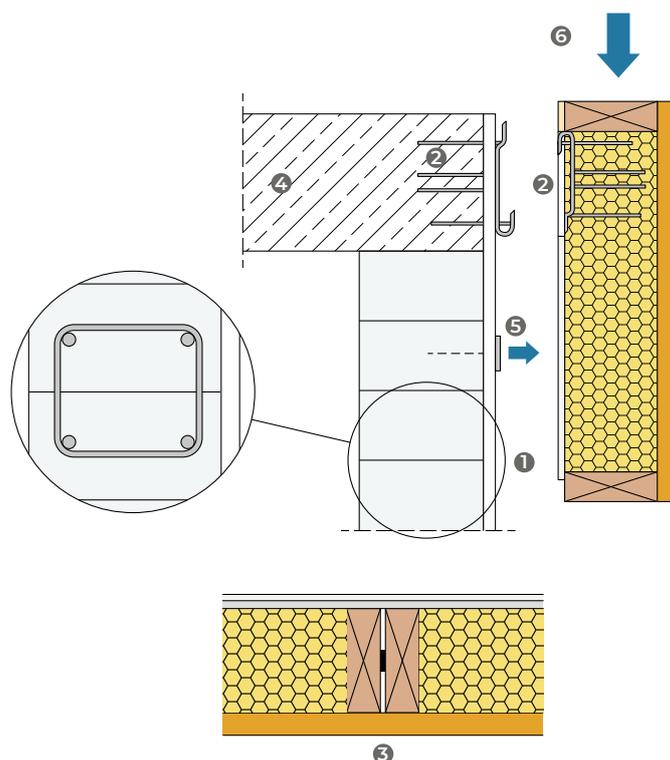


Figure 8 : Point de vigilance « mécanique et structure »

RISQUES

- Affaissement ou fragilisation du bâtiment existant.
- Arrachement des chevilles entraînant la chute des panneaux.
- Rupture des organes de fixation entraînant la chute du panneau.
- Déformation ou arrachement des éléments sous l'effet du vent.

RECOMMANDATIONS

- Procéder à un diagnostic préalable pour évaluer la capacité du bâtiment à reprendre la charge des panneaux, voire la nécessité d'un renforcement de la structure (1).
- Vérifier le dimensionnement des chevilles pour reprendre l'ensemble des sollicitations reçues (poids propre, effet du vent, choc, accélération en cas de séisme) : l'utilisation de chevilles couvertes par une ETE est recommandée (2).
- Vérifier les largeurs de joints entre panneaux en particulier pour éviter les chocs dans les zones sismiques et tenir compte de la dilatation thermique des matériaux (3).
- Fixer les ancrages dans les zones pleines (4).
- Réaliser des tests d'arrachement selon le *e-Cahiers du CSTB* n° 1661 (5).
- Réaliser une étude de descente de charge en cas de panneaux porteurs (6).

ZOOM SUR

Évaluation des dispositifs de levage

- Choisir des chevilles sous ETE.
- Définir les dispositions en termes de chevillage selon le poids du panneau, la compatibilité avec la zone de fixation et la résistance à l'arrachement.
- Réalisation d'essais d'arrachement.

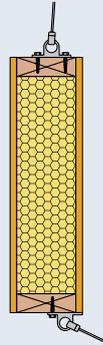


Figure 9 : Dispositif de levage

ZOOM SUR

Évaluation des fixations en zones sismiques

La fixation dans un support en maçonnerie en zone sismique n'est aujourd'hui couverte par aucun référentiel de dimensionnement. Sans une évaluation spécifique (test sur des maquettes en taille réelle sur un banc d'essais dynamiques), il sera donc nécessaire d'envisager une fixation dans un élément en béton (tête de mur, pied de mur, refend, chaînage) ou de reconstituer les conditions d'un support plein.

ZOOM SUR

Membranes pare-pluie souples en bardage ventilé

- L'utilisation d'une membrane pare-pluie souple implique un risque de déchirement sous l'effet répété des rafales de vent (1) et d'obstruction de la lame d'air. Il convient de choisir des membranes dont la résistance au déchirement et la durabilité ont été évaluées favorablement.
- L'utilisation d'un pare-pluie rigide est une alternative possible.

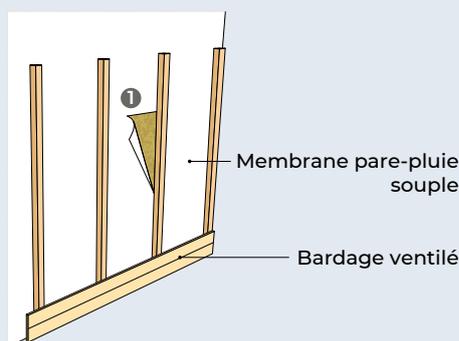


Figure 10 : Membrane pare-pluie souple en bardage ventilé

2.2.4 Point de vigilance « préparation du support existant »

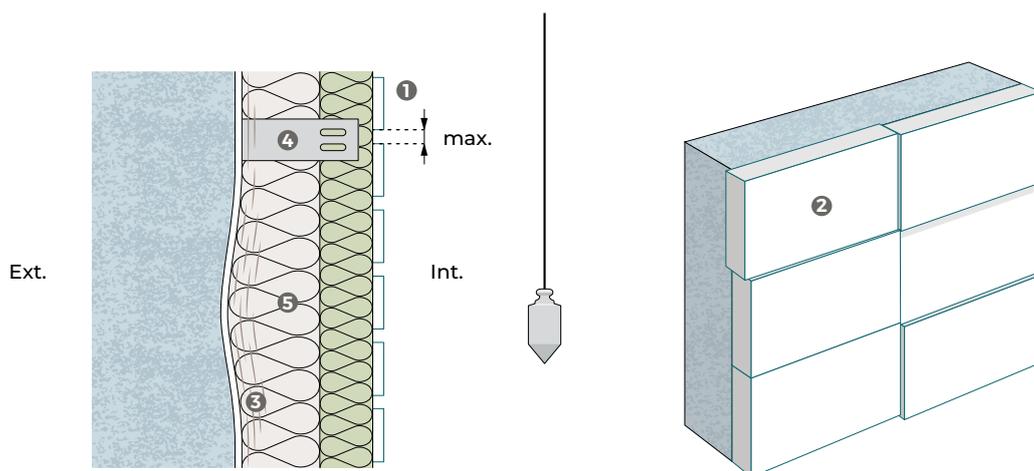


Figure 11 : Point de vigilance « préparation du support existant »

RISQUES

- Non-respect des tolérances d'aplomb requises pour fixer les éléments rapportés (1).
- Mauvaise étanchéité à l'air de la paroi.
- Difficulté de mise en œuvre nécessitant une reprise au niveau des revêtements et des jonctions latérales ou hautes (2).
- Risque pour la santé si le revêtement existant contient de l'amiante (3).

RECOMMANDATIONS

- Réaliser un diagnostic précis du support existant (composition, état). Prévoir des travaux de préparation ou de réparation si nécessaire sur les enduits existants.
- Utilisation de système de réglage sur les éléments de fixation (équerres) du système d'isolation rapporté (4).
- Ménager un espace d'air non ventilé entre les éléments rapportés et le mur support permettant de rattraper les défauts de planéité. La mise en place d'une couche d'isolation souple (5) pour combler cet espace permet de limiter le risque lié aux circulations d'air et de traiter les ponts thermiques (cf point de vigilance « étanchéité à l'air » et « pont thermique »).

ZOOM SUR

Rôle du revêtement sur l'étanchéité à l'air

En l'absence d'enduit ou en présence de dégradation importante de celui-ci, l'étanchéité à l'air du mur n'est plus assurée. La plupart des systèmes d'isolation rapportée par l'extérieur n'ont pas pour fonction principale d'assurer l'étanchéité à l'air de l'ouvrage, même s'ils y contribuent.

ZOOM SUR

Percement des revêtements contenant de l'amiante

La présence d'amiante dans les revêtements existants peut avoir un impact sur le mode de fixation des panneaux. Le percement des revêtements pour fixer les panneaux pourra être contre-indiqué dans ce cas ou impliquer des surcoûts importants lors des travaux. Dès lors, les panneaux seront généralement en appui au sol et fixés en « tête » de mur uniquement.

2.2.5 Point de vigilance « harpage des petits éléments rapportés »

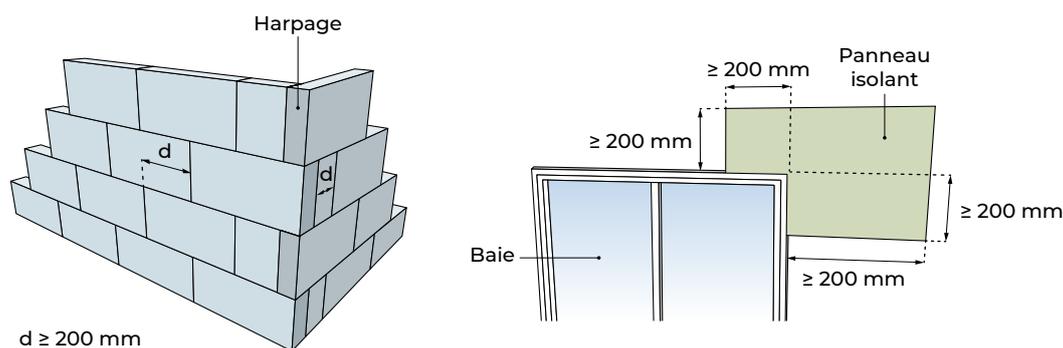


Figure 12 : Point de vigilance « harpage des petits éléments rapportés »

RISQUES

Fissuration des enduits extérieurs liée à la création de chemins privilégiés de propagation.

RECOMMANDATIONS

- Respecter les préconisations du CPT 3035_V3 pour les systèmes d'enduits sur isolant en particulier les règles de harpage ($d \geq 200$ mm).
- Choisir des revêtements dont la durabilité a été évaluée par un DTA.

2.2.6 Point de vigilance « ponts thermiques »

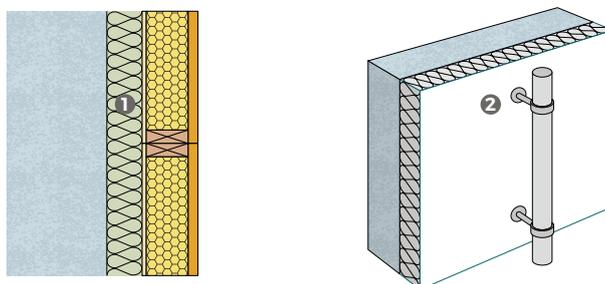


Figure 13 : Point de vigilance « ponts thermiques »

RISQUES

- Perte de la performance d'isolation jusqu'à 30 % sur le coefficient U_p de parois induit par les éléments structuraux.
- Apparition de condensation ou de fantômes à la surface intérieure.

RECOMMANDATIONS

- Mettre en place une couche d'isolation continue entre le mur support et l'élément rapporté (1).
- Utiliser des dispositifs de fixations spécifiques pour les éléments rapportés en façade permettant de limiter les ponts thermiques (2).
- Démontez les obstacles en façade avant la pose du nouveau système d'isolation (descente d'eau pluviale, volet, robinet).

ZOOM SUR

Équerrage des éléments rapportés

Des défauts d'équerrage dans les éléments rapportés peuvent induire la création d'espace d'air pouvant créer des ponts thermiques. Mettre en place des tolérances en matière d'équerrage des panneaux ou des caissons et un contrôle qualité des caractéristiques dimensionnelles lors de la fabrication permet de faciliter la mise en œuvre.

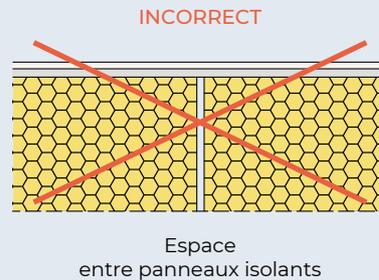
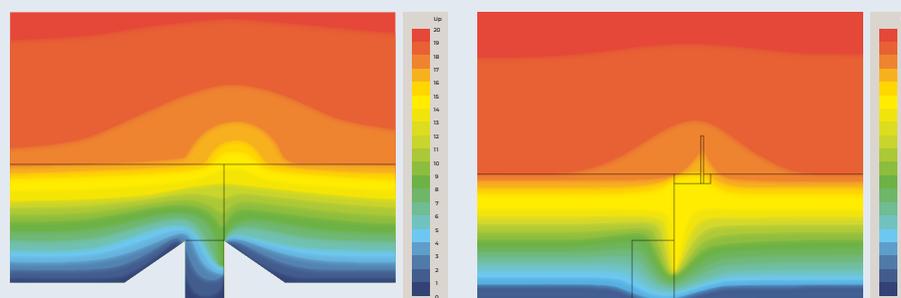


Figure 14 : Défaut d'équerrage des éléments rapportés

ZOOM SUR

Gain de 15 % sur le coefficient Up avec une épaisseur d'isolation équivalente

Une étude comparative d'impact des ponts thermiques intégrés sur un système constructif de type bardage rapporté ventilé a été réalisée par simulation numérique. L'étude a consisté à comparer la valeur du coefficient Up obtenu avec une isolation réalisée en une ou deux couches. Dans les deux cas, l'épaisseur de l'isolation en partie courante est de 160 mm. Une réduction de l'ordre de 15 % a été constatée dans la solution en deux couches qui permet d'éviter l'écrasement de la couche extérieure par l'ossature et de recouvrir la patte équerre très conductrice de chaleur.



Une couche de 160 mm

Deux couches de 80 mm

Figure 15 : Comparaison du coefficient Up en fonction du nombre de couches d'isolant.

L'étude a également permis de montrer que la mise en place d'un patin isolant entre le mur et l'équerre avait un impact pratiquement négligeable sur le coefficient de transmission surfacique Up.

Le projet RENOSTANDARD a permis de mettre en avant plusieurs tendances principales en matière de techniques constructives adaptées à la rénovation des toitures. Les tendances principales ayant émergé pour les différents types de toitures sont : la préfabrication lourde pour une application en combles aménagés ou en toiture-terrasse, avec la possibilité dans ce dernier cas de réaliser une surélévation, la préfabrication légère de caissons manutentionnables avec isolation mise en œuvre sur chantier en comble aménagé et le montage manuel par insufflation en comble perdu. Pour ces différents systèmes constructifs, un certain nombre de recommandations et de points de vigilance ont été identifiés. Ces éléments sont repris ci-après.

3.1 Préfabrication lourde

3.1.1 Principe constructif

La mise en œuvre par l'extérieur de panneaux préfabriqués est proposée dans certaines solutions RENOSTANDARD. Cette disposition permet de maîtriser en usine ou en atelier la qualité de la fabrication et peut représenter un gain de temps important lors des phases de montage. Les panneaux préfabriqués pour la toiture sont généralement proches des solutions préfabriquées pour les murs : ils sont constitués d'une ossature bois contreventée face intérieure au sein de laquelle est inséré un isolant. Seule la finition extérieure varie : pour les toitures, l'isolant est généralement inséré en usine entre les montants bois et la face extérieure est fermée par un panneau à base de bois. La finition extérieure est alors réalisée sur chantier (pose d'un écran de sous-toiture, d'une isolation complémentaire support de couverture ou d'étanchéité, etc.).

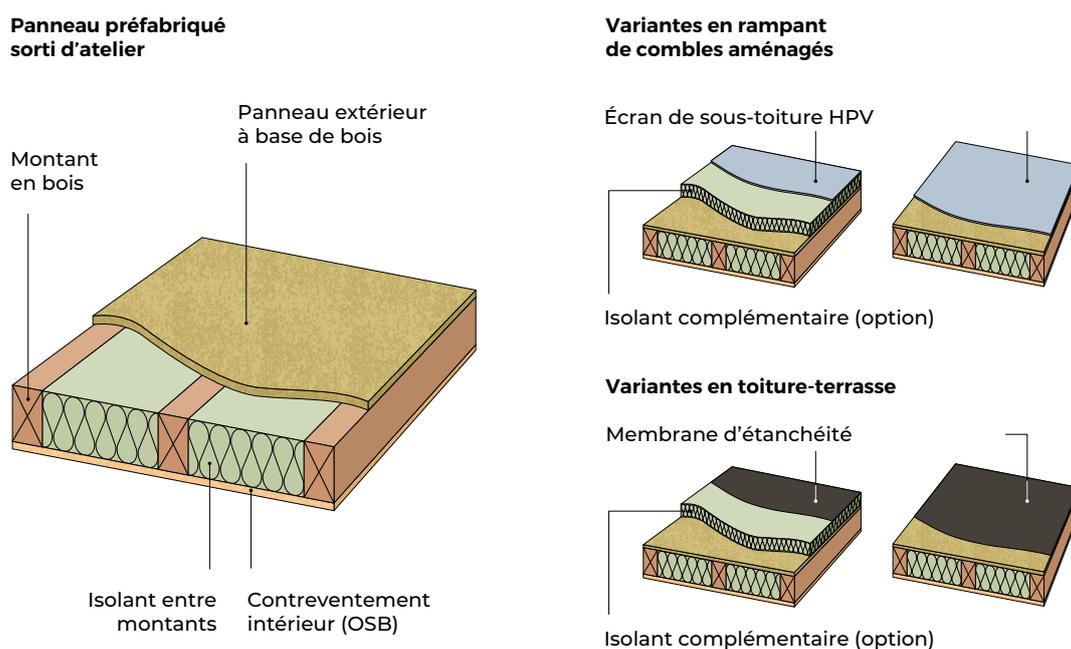
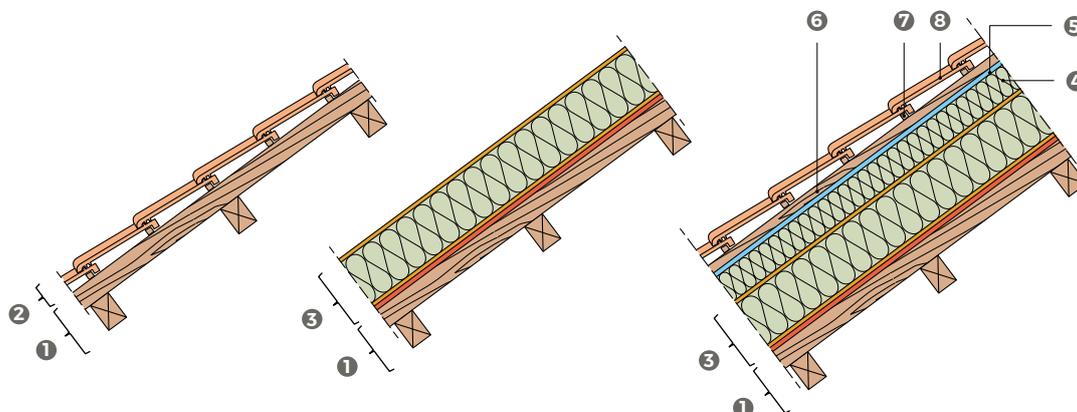


Figure 16 : Panneaux préfabriqués pour toiture

Pour une mise en œuvre sur rampant de comble aménagé, la face extérieure du panneau est en général constituée d'un écran de sous-toiture souple ou d'un complément d'isolation rigide support de couverture. L'installation nécessite la dépose complète de la couverture existante et du linteage. Des contre-lattes et de nouveaux linteaux sont ensuite montés. Selon la qualité des petits éléments de couverture déposés, ils peuvent être reposés en partie ou changés complètement. La réutilisation d'éléments de couverture existants est particulièrement intéressante pour les toitures à forte identité architecturale (par exemple la longère rurale) et pour limiter l'empreinte carbone.



- ❶ Charpente existante (pannes, chevrons et platelage)
- ❷ Couverture existante déposée (linteaux et tuiles)
- ❸ Panneau préfabriqué en atelier mis en œuvre sur charpente existante (sur chevrons) après interposition d'une membrane pare-vapeur sur platelage
- ❹ Isolant support de couverture installé sur place (option)
- ❺ Écran de sous-toiture HPV installé sur place
- ❻ Contre-latte
- ❼ Nouveaux linteaux
- ❽ Nouvelles tuiles et/ou réutilisation des tuiles existantes déposées

Figure 17 : Panneaux préfabriqués pour toiture mis en œuvre sur rampants de comble aménagé

Certaines solutions RENOSTANDARD proposent de plus des surélévations basées sur une dépose des rampants de toitures d'origine, une élévation légère à ossature bois sur laquelle des panneaux préfabriqués de toiture-terrasse sont disposés. La face extérieure du panneau préfabriqué est alors constituée d'une membrane d'étanchéité et dans certains cas d'une végétalisation.

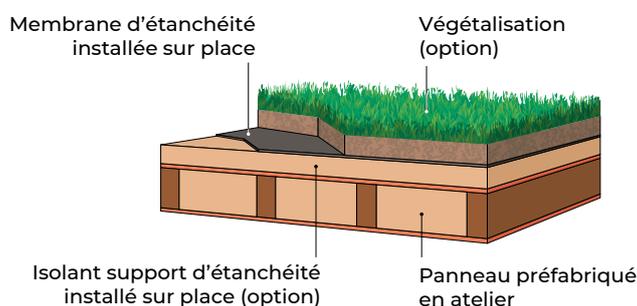


Figure 18 : Panneaux préfabriqués de toiture-terrasse végétalisée

3.1.2 Mise en œuvre sur rampant de comble aménagé

3.1.2.1 Point de vigilance « résistance mécanique de la charpente »

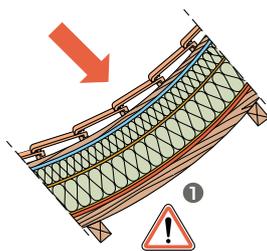


Figure 19 : Point de vigilance « résistance mécanique de la charpente »

RISQUES

Affaissement ou fragilisation du bâtiment existant.

RECOMMANDATIONS

- Le dimensionnement des panneaux préfabriqués peut s'effectuer selon le NF DTU 31.2. Néanmoins, ce n'est pas suffisant pour justifier l'aptitude à l'emploi en système constructif rapporté par l'extérieur d'une charpente existante.
- La charpente existante doit permettre de supporter la charge additionnelle due aux panneaux préfabriqués et à la nouvelle couverture y compris en considérant l'effet du vent (1).

3.1.2.2 Point de vigilance « étanchéité à l'air entre panneaux »

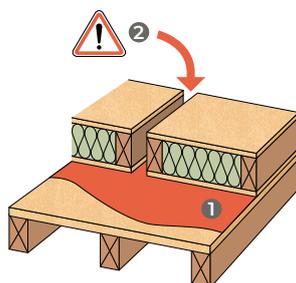


Figure 20 : Point de vigilance « étanchéité à l'air entre panneaux »

RISQUES

- Perte partielle ou totale de l'efficacité de l'isolation rapportée.
- Apport d'air froid pouvant induire de la condensation sur la face arrière du panneau et dans le panneau.

RECOMMANDATIONS

- La mise en œuvre d'une membrane pare-vapeur (1), indépendante de l'isolant utilisé et continue, sur le platelage avant mise en œuvre du panneau par l'extérieur est recommandée. Cette membrane doit assurer la fonction d'étanchéité à l'air. Le platelage seul n'est ni étanche à la vapeur d'eau, ni étanche à l'air.
- Les interfaces entre panneaux préfabriqués d'une part (2) et avec les autres lots d'autre part (murs, etc.) doivent être particulièrement soignées sur chantier. Une attention particulière doit être portée à la continuité de la membrane pare-vapeur.

3.1.2.3 Point de vigilance « risques liés à l'humidité »

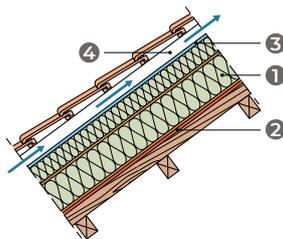


Figure 21 : Point de vigilance « risques liés à l'humidité »

RISQUES

- Accumulation d'humidité pouvant induire une dégradation des matériaux ou une perte de performance.
- Développement fongique dans les matériaux.
- Affaiblissement mécanique de la charpente porteuse avec à terme un risque de sinistre.

RECOMMANDATIONS

- Réaliser une étude par simulation afin d'évaluer l'évolution de la teneur en humidité dans les composants en particulier au niveau des points froids et/ou des revêtements extérieurs plus étanches (1).
- Respecter le principe de perméabilité croissante (2) des matériaux de l'intérieur vers l'extérieur. En particulier, si un écran de sous-toiture HPV est posé, une membrane pare-vapeur indépendante et continue est nécessaire ($S_d > 18$ m en plaine). Le platelage seul n'est ni étanche à la vapeur d'air, ni étanche à l'air.
- Mettre en œuvre un écran de sous-toiture HPV (3) qui limitera les risques d'infiltration de neige poudreuse ou de pluie sous la couverture.
- La présence d'une lame d'air ventilée en sous-face des éléments de couverture est fondamentale (4), en particulier pour permettre l'évacuation de la vapeur d'eau et assurer ainsi une bonne durabilité des éléments de couverture et des liteaux. Son épaisseur minimale est définie dans les DTU couvertures (par exemple : 2 cm pour les tuiles à emboîtement, les tuiles plates et les ardoises, 5 cm pour les couvertures en zinc).
- Des sections de ventilation minimales sont définies dans les DTU couvertures : soit au moyen de sections d'ouverture minimales à l'égoût et au faitage ou par la mise en place de tuiles chatières.

ZOOM SUR

Écrans de sous-toiture

L'écran de sous-toiture n'est pas obligatoire mais est fortement recommandé. Il a pour rôle principal d'empêcher la neige poudreuse, la poussière, les pollens, etc. de s'infiltrer sous la couverture. Sa mise en œuvre nécessite la dépose de la couverture. Les détails de mise en œuvre de l'écran de sous-toiture, à l'interface entre le système de couverture et le système d'isolation, sont décrits dans le NF DTU 40.29, en particulier :

- L'écran souple standard (non HPV) doit être obligatoirement ventilé des deux côtés, ce qui implique généralement la pose d'une contre-latte.
- Si l'écran est HPV, la pose d'un pare-vapeur côté intérieur est nécessaire. Dans ce cas, l'écran peut être posé en contact avec l'isolant. Une contre-latte est également nécessaire pour assurer la ventilation entre la couverture et l'écran. La mise en œuvre d'un écran HPV en contact direct avec l'isolant limite les infiltrations d'air dans la paroi et contribue à conserver dans le temps la performance de l'isolant installé.

3.1.2.4 Point de vigilance « évaluation des dispositifs de levage »

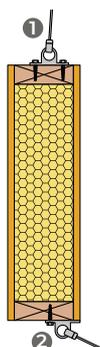


Figure 22 : Point de vigilance « évaluation des dispositifs de levage »

RISQUES

Arrachement des organes de levage (1) et de guidage (2) lors du levage.

RECOMMANDATIONS

- Choisir des chevilles sous ETE.
- Définir les dispositions en termes de chevillage selon le poids du panneau, la compatibilité avec la zone de fixation et la résistance à l'arrachement.
- Réalisation d'essais d'arrachement.

3.1.3 Mise en œuvre sur toiture-terrasse

3.1.3.1 Point de vigilance « résistance mécanique de la charpente »

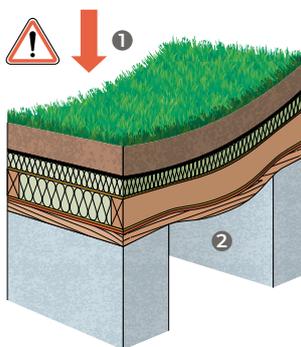


Figure 23 : Point de vigilance « résistance mécanique de la charpente »

RISQUES

Affaissement ou fragilisation du bâtiment existant.

RECOMMANDATIONS

- Les conditions de reprise de charge des caissons préfabriqués doivent être vérifiées (1).
- En particulier, l'élément bois porteur doit répondre aux critères du NF DTU 43.4 (caractéristiques physiques des matériaux, durabilité aux agents biologiques type termites et champignons, etc.) (2).

3.1.3.2 Point de vigilance « risques liés à l'humidité »

ZOOM SUR

Les risques de condensation en toiture-terrasse bois

Les membranes d'étanchéité sont très étanches à la vapeur d'eau et en dépit de la présence d'un pare-vapeur face intérieure du panneau, la présence d'un condensat dans l'ouvrage à ossature bois peut être préjudiciable pour la résistance mécanique des ossatures bois notamment.

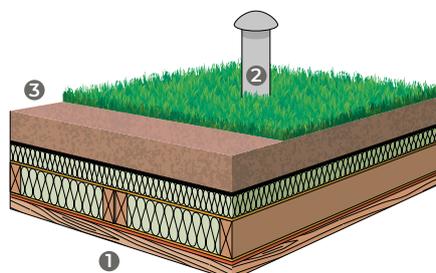


Figure 24 : Point de vigilance « risques liés à l'humidité »

RISQUES

- Accumulation d'humidité pouvant induire une dégradation des matériaux ou une perte de performance.
- Développement fongique dans les matériaux et en surface intérieure au niveau du plafond.
- Affaiblissement mécanique des éléments porteurs bois avec à terme un risque de sinistre.

RECOMMANDATIONS

- Une étude de transfert de vapeur à travers l'ouvrage est fortement recommandée, en partie courante, comme au niveau des jonctions entre panneaux et avec d'autres ouvrages (1).
- La conception ainsi que l'exécution du traitement de la continuité de l'étanchéité, d'une part, et du pare-vapeur, d'autre part, à l'interface avec la paroi verticale et au droit des éléments traversant la toiture (conduits de ventilation, évacuations d'eaux pluviales, conduits de fumée, etc.) sont fondamentales (2).
- Si un système de végétalisation est prévu en toiture terrasse, il doit être conforme aux Règles Professionnelles. En partie basse, dans la zone d'évacuation des eaux pluviales, la mise en place d'une zone stérile est recommandée (3).

ZOOM SUR

Conservation de la membrane d'étanchéité existante

Bien que rares, certaines typologies de maisons individuelles disposent de toitures-terrasses plates avant rénovation, par exemple la typologie « maison des années 70 ». Dans ce cas, les conditions de conservation et les conditions de mise en œuvre des nouveaux ouvrages d'étanchéité (pare-vapeur, isolant thermique, revêtement d'étanchéité, protection, acrotères, etc.), sont définies dans le NF DTU 43.5. La vérification du respect de ces exigences préalables est à effectuer systématiquement lors d'un diagnostic.

3.2 Préfabrication légère et montage manuel

3.2.1 Principe constructif

Pour l'isolation des combles aménagés, une grande partie des solutions RENOSTANDARD misent sur une intervention par l'extérieur utilisant une ou plusieurs des possibilités suivantes :

- ajout de caissons légers manutentionnables isolés sur site et supports de la nouvelle couverture ;
- ajout d'isolants rigides supports de la nouvelle couverture.

Pour l'isolation des combles perdus, la grande majorité des solutions RENOSTANDARD propose une isolation par soufflage d'isolant en vrac, en particulier pour une isolation de type ouate de cellulose.

3.2.2 Mise en œuvre sur rampant de comble aménagé

3.2.2.1 Point de vigilance « résistance mécanique de la charpente »

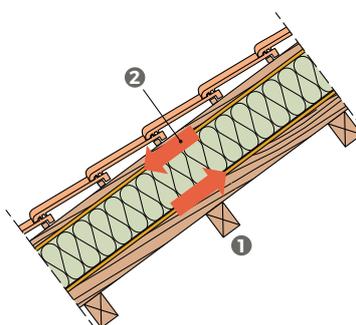


Figure 25 : Point de vigilance « résistance mécanique de la charpente »

RISQUES

Affaissement ou fragilisation du bâtiment existant.

RECOMMANDATIONS

- La charpente existante doit permettre de supporter la charge additionnelle due aux ajouts (caisson isolé et/ou isolant rigide) et à la nouvelle couverture y compris en considérant l'effet du vent (1).
- Le cas d'isolants rigides supports de couverture s'apparente à la technique du « Sarking » qui n'est pas couverte par les DTU de la série 40 : la capacité de reprise de charge, en particulier des efforts de cisaillement (2), de la couverture par l'isolant rigide doit être démontrée. Certains produits isolants bénéficient d'Avis Technique ou d'ATEX en ce sens.

3.2.2.2 Point de vigilance « risques liés à l'humidité »

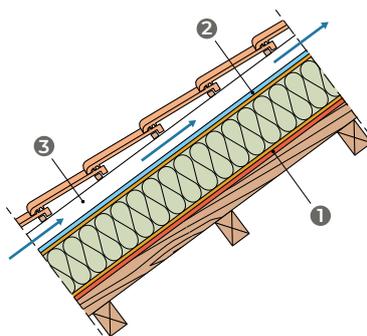


Figure 26 : Point de vigilance « risques liés à l'humidité »

RISQUES

- Accumulation d'humidité pouvant induire une dégradation des matériaux ou une perte de performance.
- Développement fongique dans les matériaux et en surface intérieure au niveau du plafond.
- Affaiblissement mécanique des éléments porteurs bois avec à terme un risque de sinistre.

RECOMMANDATIONS

- Respecter le principe de perméabilité croissante (1) des matériaux de l'intérieur vers l'extérieur. En particulier, si un écran de sous-toiture HPV est posé, une membrane pare-vapeur indépendante et continue est nécessaire ($S_d > 18$ m en plaine). Le platelage seul n'est ni étanche à la vapeur d'air, ni étanche à l'air.
- Mettre en œuvre un écran de sous-toiture HPV (2) qui limitera les risques d'infiltration de neige poudreuse ou de pluie sous la couverture.
- La présence d'une lame d'air ventilée en sous-face des éléments de couverture est fondamentale (3), en particulier pour permettre l'évacuation de la vapeur d'eau et assurer ainsi une bonne durabilité des éléments de couverture et des liteaux. Son épaisseur minimale est définie dans les DTU couvertures (par exemple : 2 cm pour les tuiles à emboîtement, les tuiles plates et les ardoises, 5 cm pour les couvertures en zinc).
- Des sections de ventilation minimales sont définies dans les DTU couvertures : soit au moyen de sections d'ouverture minimales à l'égoût et au faîtage, soit par la mise en place de tuiles chatières.

ZOOM SUR

Garantir l'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau par un système dédié

Certains systèmes d'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau sont sous Avis Technique : dans ce cas, l'ensemble des accessoires associés à la membrane pour assurer la continuité du plan d'étanchéité à l'air y est décrit et a été évalué.

ZOOM SUR

Écrans de sous-toiture

L'écran de sous-toiture n'est pas obligatoire mais est fortement recommandé. Il a pour rôle principal d'empêcher la neige poudreuse, la poussière, les pollens, etc. de s'infiltrer sous la couverture. Sa mise en œuvre nécessite la dépose de la couverture. Les détails de mise en œuvre de l'écran de sous-toiture, à l'interface entre le système de couverture et le système d'isolation, sont décrits dans le DTU 40.29. En particulier :

- L'écran souple standard (non HPV) doit être obligatoirement ventilé des deux côtés, ce qui implique généralement la pose d'une contre-latte
- Si l'écran est HPV, la pose d'un pare-vapeur côté intérieur est nécessaire. Dans ce cas, l'écran peut être posé en contact avec l'isolant. Une contre-latte est également nécessaire pour assurer la ventilation entre la couverture et l'écran. La mise en œuvre d'un écran HPV en contact direct avec l'isolant limite les infiltrations d'air dans la paroi et contribue à conserver dans le temps la performance de l'isolant installé.

3.2.3 Mise en œuvre sur plancher de comble perdu

3.2.3.1 Point de vigilance « résistance mécanique du plancher de comble perdu »

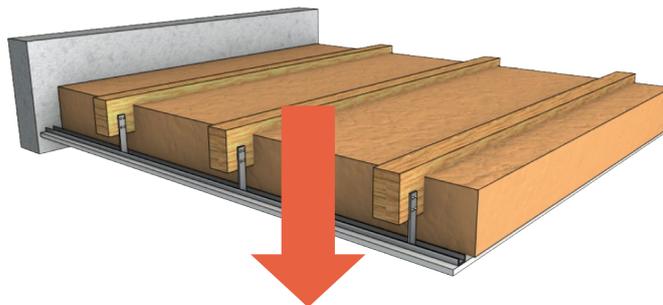


Figure 27 : Point de vigilance « résistance mécanique du plancher de comble perdu »

RISQUES

- Affaissement ou fragilisation du plancher de comble.
- Fissuration du revêtement intérieur.

RECOMMANDATIONS

- Le plancher du comble existant doit permettre de supporter la charge additionnelle due à l'isolant soufflé.
- Pour des plafonds récents en plaques de plâtre sur ossatures, la masse rapportée doit être inférieure à 10 kg/m^2 .

3.2.3.2 Point de vigilance « sécurité incendie »

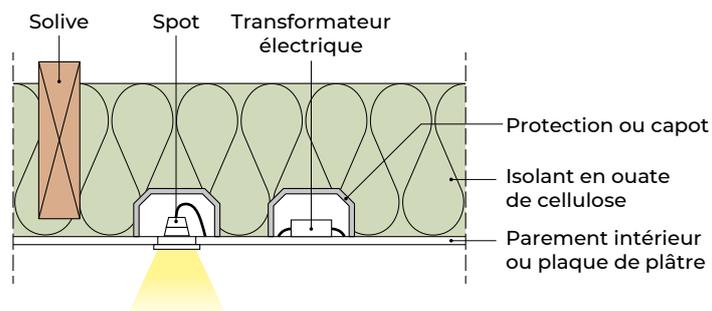


Figure 28 : Mise en œuvre des spots encastrés

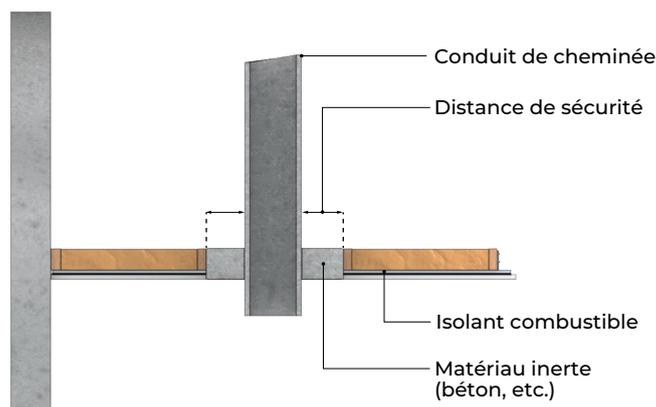


Figure 29 : Traversée par un conduit de cheminée

RISQUES

Départ d'incendie.

RECOMMANDATIONS

- L'isolant ne doit jamais être mis en contact direct avec des éléments pouvant dégager de la chaleur.
- Les dispositifs d'éclairage encastrés ainsi que les transformateurs doivent respecter les dispositions prévues dans le NF DTU 45.11 ou dans le *e-Cahiers du CSTB* n° 3693_V2 pour les produits sous Avis Technique.
- La traversée par un conduit de cheminée doit respecter les dispositions prévues dans le NF DTU 24.1, ou dans le *e-Cahiers du CSTB* n° 3816 pour les produits sous Avis Technique.

3.2.3.3 Point de vigilance « risques liés à l'humidité »

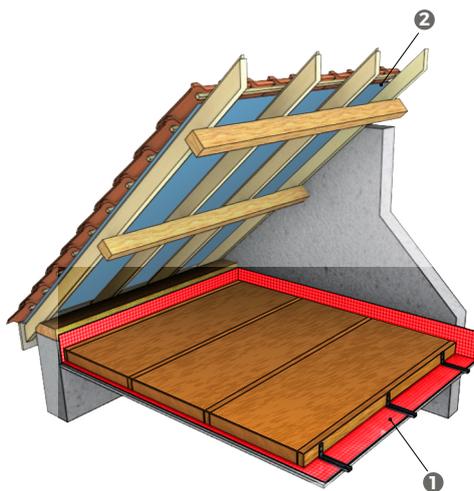


Figure 30 : Point de vigilance « risques liés à l'humidité »

RISQUES

- Accumulation d'humidité pouvant induire une dégradation des matériaux ou une perte de performance.
- Développement fongique dans les matériaux et en surface intérieure au niveau du plafond.
- Affaiblissement mécanique des éléments porteurs bois avec à terme un risque de sinistre.

RECOMMANDATIONS

- La mise en œuvre d'un pare-vapeur indépendant et continu dépend de plusieurs critères définis dans le *e-Cahiers du CSTB* n° 3815. S'il s'avère nécessaire, le NF DTU 45.11 précise la mise en œuvre à adopter. L'ajout d'une plaque de plâtre BA13 ne garantit pas l'étanchéité à l'air ni à la vapeur d'eau et ne peut donc remplacer une membrane pare-vapeur indépendante (1).
- Mettre en œuvre un écran de sous-toiture qui limitera les risques d'infiltration de neige poudreuse ou de pluie sous la couverture (2).

ZOOM SUR

Écrans de sous-toiture en comble perdu

L'écran de sous-toiture n'est pas obligatoire mais est fortement recommandé, en particulier en comble perdu. Il a pour rôle principal d'empêcher la neige poudreuse, la poussière, les pollens, etc. de s'infiltrer sous la couverture.

En comble perdu, les effets de pression due au vent au niveau des rampants peuvent être importants et entraîner des infiltrations de neige conséquentes, mais également une aspiration et un déplacement des isolants en vrac soufflés dans le comble. L'ajout d'un écran HPV ou non HPV limite grandement ce phénomène. Sa mise en œuvre nécessite cependant la dépose de la couverture. Les détails de mise en œuvre de l'écran de sous-toiture sont décrits dans le NF DTU 40.29.

ZOOM SUR

Que faire de l'isolant existant avant soufflage ?

Il est recommandé de retirer l'isolant existant avant insufflation du nouvel isolant. Dans le cas où il est décidé de conserver l'isolant existant, il faut s'assurer que son état est irréprochable (sec, sans développement de moisissures à l'intérieur).

Points singuliers principaux

La gestion des interfaces entre lots et entre corps d'état est une problématique majeure à prendre en compte dans tout projet de réhabilitation. Ainsi, les groupements RENOSTANDARD ont proposé des solutions pour traiter les interfaces entre parois, en limitant en particulier la pénétration d'air en jonction murs/toitures, ou en engageant une réflexion pour limiter les infiltrations d'eau liquide aux jonctions murs/planchers bas ou en proposant des solutions pour le traitement des ponts thermiques.

4.1 Jonction mur/plancher bas

4.1.1 Principe constructif

Le traitement de la jonction mur/plancher bas est relatif aux stratégies d'isolation des murs d'une part et du plancher bas d'autre part. Concernant les murs, la plupart des solutions RENOSTANDARD misent sur une intervention par l'extérieur. Les planchers bas sont isolés différemment en fonction des typologies constructives :

- Plancher bas sur terre-plein : aucune solution RENOSTANDARD ne propose d'isoler ce type de plancher bas. En effet, la complexité technique de ce geste, et le coût qui en découle, semblent rédhibitoires.
- Plancher bas sur locaux non chauffés ou vide-sanitaire : certaines solutions RENOSTANDARD proposent une isolation en sous-face du plancher bas par fixation mécanique ou projection d'isolant, d'autres groupements ayant fait le choix de ne pas isoler cette paroi.

Ainsi deux stratégies complémentaires de traitement de la jonction sont proposées : traitement par descente d'isolation extérieure dans le sol et/ou descente d'isolation de la sous-face du plancher bas sur local non chauffé.

4.1.2 Traitement de la jonction mur/plancher bas par descente de l'isolation par l'extérieur du mur

La prolongation de l'isolation par l'extérieur du mur par ajout d'un isolant enterré permet de limiter considérablement les déperditions par le pont thermique. Le procédé d'isolation par l'extérieur en lui-même doit s'arrêter à environ 15 cm du sol pour limiter l'intrusion de nuisibles mais aussi les effets de la pluie battante. En l'absence d'isolation complémentaire enterrée, les déperditions thermiques par la jonction mur/plancher bas sont considérables : pour un plancher bas non isolé sur terre-plein, elles représentent à elles-seules en ordre de grandeur l'équivalent d'un petit convecteur de 600 W !

L'ajout d'un isolant enterré adapté permet ainsi de réduire ces déperditions de moitié si l'on ajoute un isolant jusqu'au niveau du sol, d'un facteur 8 si l'isolant est enterré sur une profondeur de 30 cm.

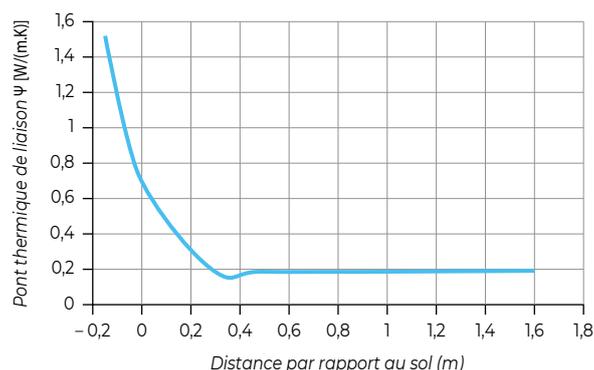


Figure 31 : Effet de la descente d'isolation sur les déperditions par le pont thermique de liaison (pour une fixation par équerre)

Le mode de fixation en partie basse des panneaux préfabriqués est également important quant à l'impact sur les déperditions thermiques : si les contraintes mécaniques le permettent, on préférera des équerres à des étriers beaucoup plus massifs et pour lesquels l'ajout d'isolant inséré dans le « U » de l'étrier n'a que peu d'impact sur les déperditions par le pont thermique.

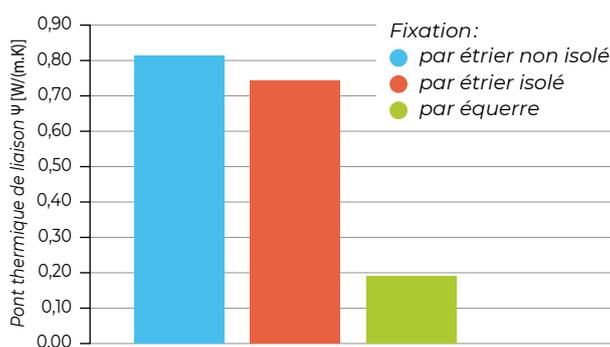


Figure 32 : Effet du mode de fixation du panneau en partie basse sur les déperditions par le pont thermique de liaison

De plus, dans le cas où le plancher bas donne sur un local non chauffé enterré (garage, etc.), l'ajout de cet isolant enterré à l'extérieur sur une profondeur de 30 cm permet également de maintenir une température de surface suffisamment haute pour limiter le risque de condensation dans le local non chauffé. Dans le cas d'un sous-sol aménagé, l'effet de « paroi froide » conduisant à une surconsommation de chauffage sera également limité par cette descente d'isolant dans le sol.

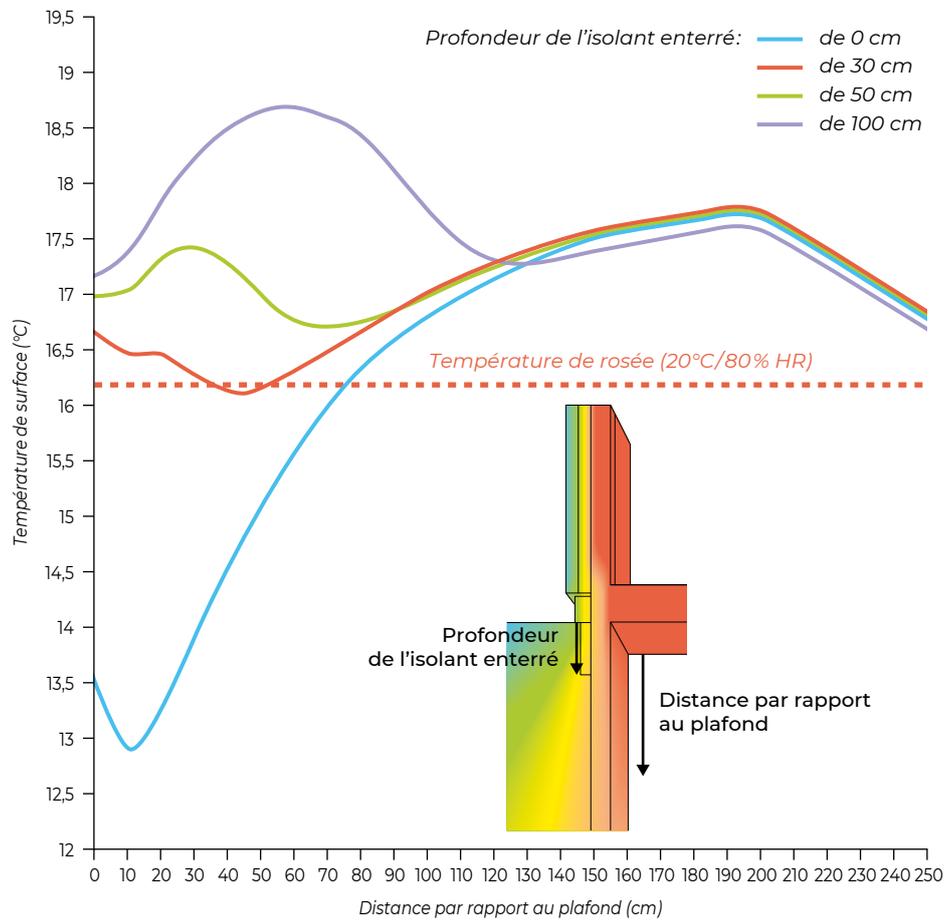


Figure 33 : Température de la face intérieure du mur en fonction de la distance au plafond dans le cas d'un sous-sol aménagé

4.1.2.1 Point de vigilance « risques liés à la pénétration de pluie battante en pied de mur (rejaillissement) »

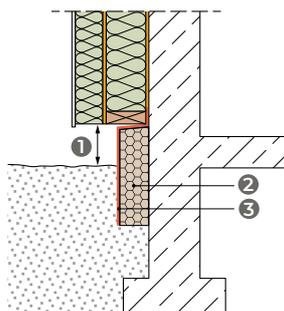


Figure 34 : Point de vigilance « risques liés à la pénétration de pluie battante en pied de mur (rejaillissement) »

RISQUES

- Accumulation d'eau liquide dans le panneau isolant extérieur en pied de mur.
- Développement fongique dans les isolants et les éléments en bois du panneau.
- Affaiblissement mécanique des éléments porteurs bois avec à terme un risque de sinistre.

RECOMMANDATIONS

- Le panneau préfabriqué en support bois doit être fixé à une distance de 15 cm du niveau du sol de telle sorte qu'il soit protégé des effets de la pluie battante rejaillissante (« rebond » des gouttes sur le sol) (1).
- L'isolation complémentaire enterrée doit être insensible à l'eau liquide et non capillaire (exemple : polystyrène extrudé, verre cellulaire, etc.) (2).
- La mise en œuvre d'un revêtement assurant l'étanchéité à l'eau de l'isolant enterré est recommandée (3).

ZOOM SUR

Points singuliers en pied de mur pour la fixation du panneau d'isolation par l'extérieur

Le dispositif de fixation mécanique du panneau préfabriqué au mur support peut entraîner des déperditions thermiques supplémentaires. Il convient dans la mesure du possible de privilégier des accroches ponctuelles ne traversant pas intégralement l'épaisseur du panneau.

La mise en œuvre d'un dispositif de grille anti-rongeurs est nécessaire. Une grille non traversante ou en matière plastique permet de limiter les déperditions thermiques supplémentaires engendrées par ce composant.

ZOOM SUR

Descendre l'isolation par l'extérieur jusqu'au niveau du sol pour éviter la mise en œuvre de l'isolation enterrée : quelles conséquences ?

Pour réduire les coûts et éviter de décaisser, une possibilité pourrait être de s'affranchir des recommandations des Règles de l'Art en descendant l'isolant par l'extérieur jusqu'au niveau du sol. Cette solution permet de diviser par deux les déperditions par le pont thermique par rapport à une situation où l'isolation par l'extérieur s'arrête à 15 cm du niveau du sol. Le traitement reste cependant beaucoup moins efficace que la mise en place de l'isolant enterré qui réduit les déperditions d'un facteur 8.

Surtout, le risque majeur à examiner concerne l'accumulation d'eau liquide en pied de mur pouvant provoquer des remontées d'eau dans le procédé d'isolation par l'extérieur utilisé, ce qui peut créer des pathologies dans les bois du panneau et/ou les isolants utilisés.

4.1.2.2 Point de vigilance « risques liés aux remontées capillaires »

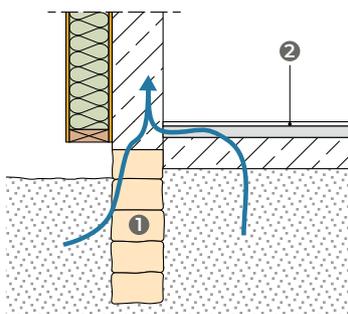


Figure 35 : Point de vigilance « risques liés aux remontées capillaires »

RISQUES

- Accumulation d'eau liquide dans les murs existants.
- Développement fongique dans les enduits intérieurs.
- Cloquage des peintures, voire de certains revêtements de sol.
- Développement fongique dans les isolants et les éléments en bois du panneau.

RECOMMANDATIONS

- Le risque est plus marqué dans le cas d'un plancher bas sur terre-plein en contact direct avec le sol et/ou en présence de matériaux de soubassement capillaires (1).
- Un diagnostic est recommandé pour éviter de modifier significativement les équilibres existants par l'ajout de l'isolation, en particulier s'il est envisagé de remplacer le revêtement de sol existant par un autre plus étanche ou sensible à l'humidité (revêtement PVC, linoléum, grands carreaux rectifiés, etc.) (2).

4.1.3 Traitement de la jonction mur/plancher bas par descente de l'isolation par l'extérieur du mur et retour de l'isolant en sous-face du plancher bas

Dans le cas d'un plancher bas sur local non chauffé isolé en sous-face, la prolongation de l'isolant en sous-face au niveau des murs de soubassement (1) combinée à la présence d'un isolant enterré côté extérieur (2) permet de diviser encore par deux les déperditions dues au pont thermique.

La mise en œuvre de cette solution en l'absence d'isolant enterré à l'extérieur du soubassement n'a cependant aucun intérêt thermique, et peut même s'avérer contre-productive avec l'augmentation du pont thermique et du risque de condensation dans l'isolant en sous-face.

4.2 Jonction mur/toiture

4.2.1 Principe constructif

Le traitement de la jonction mur/plancher haut est relatif aux stratégies d'isolation des murs d'une part et du plancher haut d'autre part. Concernant les murs, la plupart des solutions RENOSTANDARD misent sur une intervention par l'extérieur. Les planchers hauts sont isolés différemment en fonction des typologies constructives et des choix en termes d'utilisation des combles. Les traitements des jonctions proposés par les groupements ont pour objectif un traitement optimal du pont thermique (quasiment négligeable pour l'ensemble des dispositions proposées) et une amélioration de l'étanchéité à l'air des jonctions.

4.2.1.1 Rénovation des murs sans toucher à la toiture

Cette situation se présente dans le cas où les combles ne sont pas aménagés, lorsque la toiture est déjà isolée ou, tout simplement, dans le cas où le maître d'ouvrage n'a pas prévu d'isoler sa toiture. Dans ce cas, il est important de concevoir une solution de traitement du pont thermique au moment d'engager les travaux d'isolation des murs. La pose d'un système d'isolation au niveau des murs implique généralement de déposer les éléments situés en pied de toiture (cache-moineaux, planche de rive, gouttière, etc.), ce qui permet d'envisager l'isolation complète de la zone située sous les chevrons. Une solution proposée par l'un des groupements consiste à venir insuffler un isolant dans la zone située au-dessus du mur après la mise en place de celui-ci. L'insufflation s'effectue par l'ajout d'un coffrage en bois en dessous des chevrons et en périphérie. La perforation du cache-moineaux permet l'insufflation d'un isolant. L'utilisation d'une planche de rive ajourée permet de maintenir la ventilation dans la lame d'air située sous la couverture.

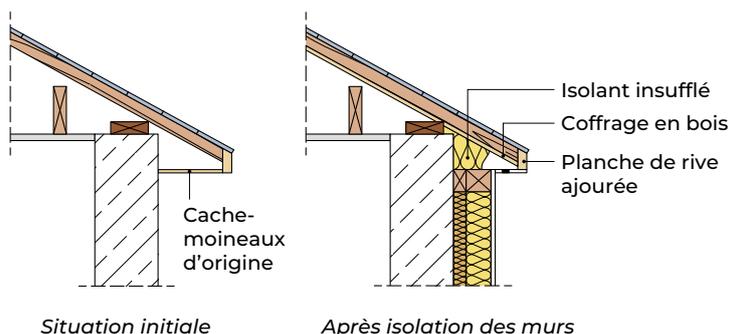


Figure 36 : Isolation des murs sans toucher à la toiture

4.2.1.2 Rénovation simultanée des murs et des toitures

Quand le budget le permet, cette situation est idéale car elle permet une amélioration thermique optimale, à condition que la conception et la coordination entre les deux interventions aient été correctement réalisées. Plusieurs situations rencontrées dans le projet RENOSTANDARD permettent un traitement efficace de l'interface entre le mur et la toiture. Bien souvent, dans ce cas, la découpe des chevrons existants est nécessaire. Deux cas peuvent être distingués :

- l'utilisation d'un joint Compriband ;
- l'ajout d'une pannelette.

La réalisation d'une continuité d'isolation thermique et de l'étanchéité à l'air est primordiale. Cette continuité d'isolation peut se faire par la pose d'un isolant souple associé à une membrane d'étanchéité ou un panneau de coffrage en panneau de bois. Si la conception de la solution de traitement a été bien réalisée, il peut être suffisant de simplement traiter l'étanchéité à l'air par l'utilisation d'un joint Compriband. Dans tous les cas, la durabilité des matériaux utilisés pour réaliser les assemblages est primordiale. Avant la pose des panneaux d'isolation en toiture, il est parfois nécessaire de rehausser la toiture notamment pour permettre la création d'un débord de toiture parfois requis pour conserver l'aspect extérieur du bâtiment. Dans ce cas, une pannelette est rajoutée transversalement aux chevrons existants.

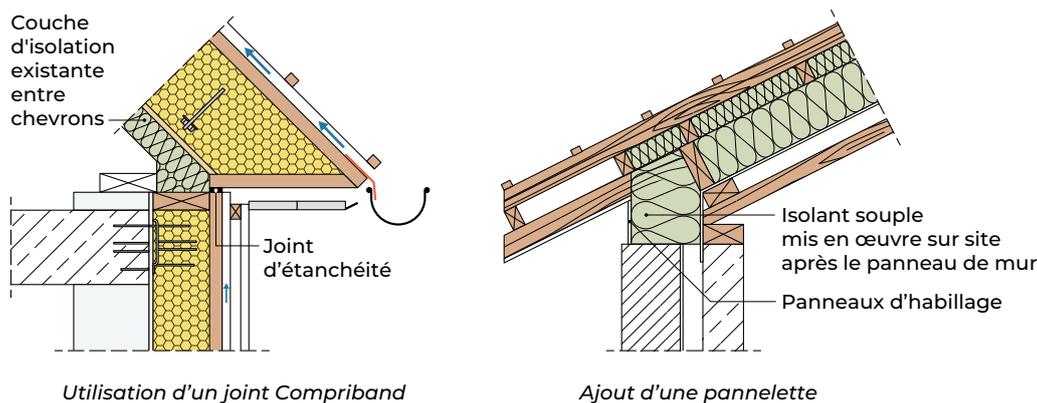


Figure 37 : Rénovation simultanée des murs et des toitures.

4.2.1.3 Rénovation de la toiture seule sans toucher aux murs

Ce cas se présente lorsque des travaux d'aménagement des combles sont réalisés sans volonté du maître d'ouvrage d'isoler les murs. Les travaux d'isolation des toitures sont généralement engagés lorsque le maître d'ouvrage souhaite engager des travaux d'aménagement des combles (cas de la transformation d'un comble perdu en comble aménagé) ou pour renforcer les niveaux d'isolation au niveau de la toiture ou de la jonction.

■ Cas d'une découverte partielle

La rénovation complète de la toiture n'est pas forcément nécessaire en particulier lorsque la toiture est déjà isolée. Néanmoins, il peut s'avérer nécessaire d'améliorer l'isolation thermique et l'étanchéité à l'air dans la zone située en bas de pente de toiture derrière un pied droit isolé de comble aménagé. Dans l'exemple ci-dessous, un coffrage a été créé entre les fermettes industrielles et une membrane souple a été intercalée entre le coffrage et la partie supérieure de la toiture afin de créer un espace dans lequel un isolant peut être insufflé.

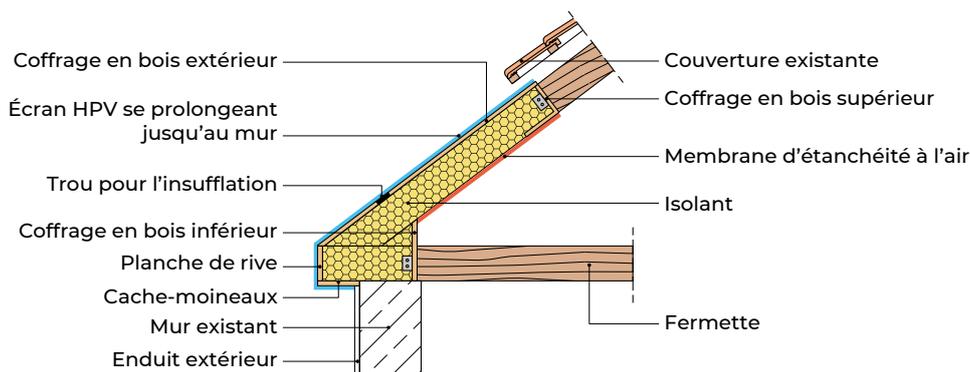


Figure 38 : Rénovation de la toiture seule sans toucher aux murs – découverte partielle.

■ Cas d'une découverte totale

Dans ce cas, l'étanchéité à l'air est réalisée par l'extérieur grâce au prolongement de l'écran de sous-toiture HPV jusqu'au mur. La reprise de l'enduit extérieur en partie supérieure du mur sera alors nécessaire. Cette disposition implique généralement de devoir couper l'extrémité des chevrons existants ou des fermettes. L'illustration montre le cas d'une découverte totale de la toiture avec la mise en place d'un solivage transversal autour duquel l'écran HPV est fixé.

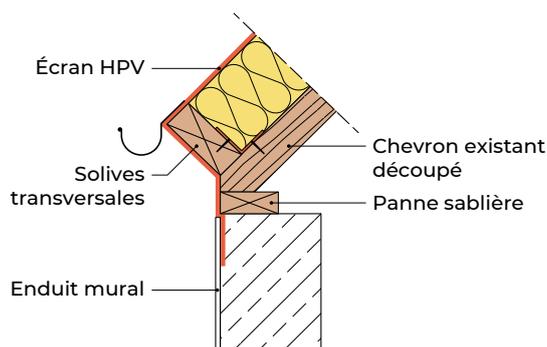


Figure 39 : Rénovation de la toiture seule sans toucher aux murs – découverte totale.

4.2.1.4 Traitement de l'interface avec le mur de pignon

Le principe de traitement est comparable au principe détaillé pour la jonction entre le mur de façade et la toiture. L'illustration ci-dessous montre un exemple de traitement proposé dans RENOSTANDARD entre un panneau préfabriqué de mur et un panneau préfabriqué de toiture. Le panneau de toiture prévoit une réservation pour la mise en œuvre du dispositif d'étanchéité et de l'isolant de jonction.

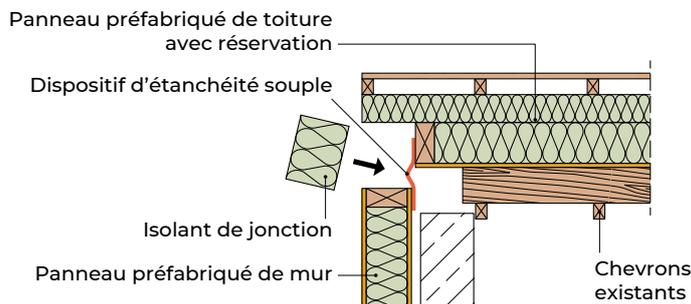


Figure 40 : Traitement de l'interface avec le mur de pignon

4.2.2 Points de vigilance

Dans le cadre du projet RENOSTANDARD un certain nombre de points de vigilance relatifs à la jonction mur/toiture ont été soulevés.

4.2.2.1 Risques liés à l'humidité

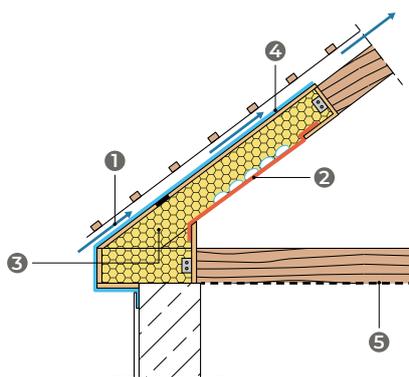


Figure 41 : Point de vigilance « Risques liés à l'humidité »

RISQUES

- Dégradation de la charpente (cf. point de vigilance « tenue mécanique »).
- Développement fongique dans les isolants induits par des revêtements ou des éléments de coffrage trop étanches (2).
- Accumulation d'humidité dans l'isolant pouvant induire une surcharge. La conséquence pourra être un affaissement de l'élément porteur ou de l'isolant (cf point de vigilance « tenue mécanique »).
- Dégradation de la performance thermique de l'isolant (3).

RECOMMANDATIONS

- S'assurer du maintien des ouvertures en pied de toiture permettant la ventilation de la lame d'air sous la couverture (1).
- Réaliser une étude hygrothermique pour vérifier l'absence de risques liés à l'humidité dans l'ensemble des éléments sensibles (2).
- Utiliser des écrans HPV dont les caractéristiques sont bien connues et sont certifiées (4).
- Limiter les apports d'humidité vers la jonction liés à une mauvaise étanchéité à l'air ou à des éléments trop perméables côté intérieur (5).
- Respecter les règles de décroissance en termes d'étanchéité à la diffusion de vapeur de l'intérieur vers l'extérieur.
- Éviter de créer des zones froides et mal ventilés au sein de la liaison.

4.2.2.2 Tenue mécanique des composants

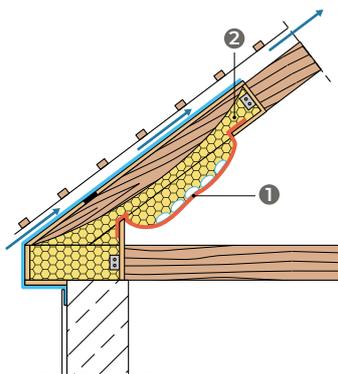


Figure 42 : Point de vigilance « Tenue mécanique des composants »

RISQUES

- Déchirement des membranes d'étanchéité ou des écrans dédiés à la projection ou à l'insufflation d'isolant (1).
- Tassement des produits isolants (2).

RECOMMANDATIONS

- Utiliser des composants couverts par des normes produits.
- Utiliser des composants dont les caractéristiques après vieillissement sont connues. Par exemple, des produits testés en laboratoire après réalisation de cycles de vieillissement ou en conditions réelles d'utilisation.

4.3 Jonction mur/baie

4.3.1 Principe constructif

Le traitement de la jonction mur/baie est relatif aux stratégies d'isolation des murs. Dans le cas de la pose d'une isolation par l'extérieur des murs, deux options sont possibles.

■ Remplacement de la menuiserie et pose au droit de l'ITE

Ce cas de figure est généralement retenu lorsque la menuiserie existante est ancienne et doit être remplacée. Dans ce cas, même si l'intervention peut se faire essentiellement par l'extérieur, il est nécessaire d'intervenir ponctuellement à l'intérieur du logement pour enlever la fenêtre existante.

■ Conservation de la menuiserie existante dans sa position actuelle dans le mur existant

Il s'agit d'un cas de figure très courant qui se rencontre lorsque la fenêtre a déjà été remplacée récemment. Dans ce cas, l'intervention est réalisée à 100 % par l'extérieur sans avoir à intervenir dans le logement.

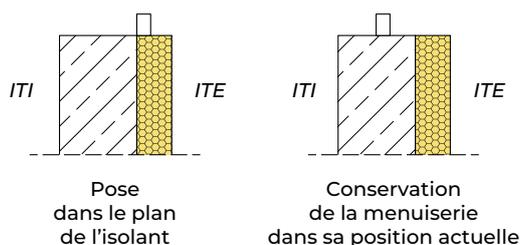


Figure 43 : Jonction mur/baie dans le cadre de l'isolation du mur

4.3.2 Points de vigilances

4.3.2.1 Remplacement de la fenêtre et pose au droit de l'ITE

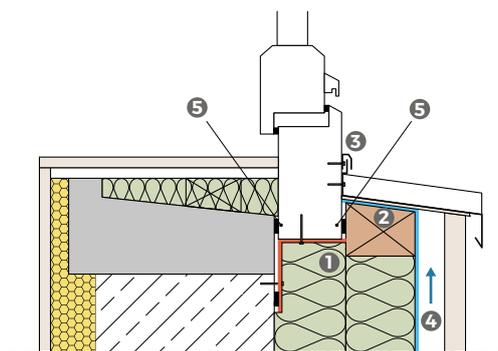


Figure 44 : Remplacement de la fenêtre et pose au droit de l'ITE

RISQUES

- Tenue mécanique de la fenêtre.
- Infiltration d'air.
- Infiltration d'eau.
- Apparition de condensation.
- Perte de performance thermique.

RECOMMANDATIONS

- Privilégier la fixation de la fenêtre sur le gros œuvre (1).
- Prévoir un support pour la pose de la bavette métallique (2).
- Prévoir un dispositif de rejet d'eau pour protéger la zone de fixation de la bavette d'écoulement d'eau (3).
- Favoriser l'évacuation de l'humidité, en particulier dans le cas de menuiserie en bois, par l'utilisation d'un pare-pluie HPV et par la préservation d'une lame d'air ventilée à l'extérieur de la zone d'appui (4).
- Assurer l'étanchéité par des mastics entre le gros œuvre et la fenêtre mais également entre la fenêtre et le système d'isolation rapportée (5).

ZOOM SUR

Découpe de la pièce d'appui et habillage intérieur

La découpe de la pièce d'appui est nécessaire pour disposer d'un plan de pose uniforme et faciliter ainsi la mise en œuvre de la nouvelle fenêtre. La suppression de la fenêtre existante implique généralement la mise en place d'un coffrage du côté intérieur pour masquer la pièce d'appui et l'ancienne implantation de la fenêtre.

4.3.2.2 Conservation de la fenêtre dans sa position actuelle

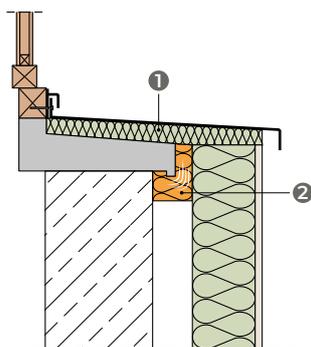


Figure 45 : Conservation de la fenêtre dans sa position actuelle

RISQUES

- Création d'un pont thermique très important.
- Apparition de condensation superficielle et de trace sur la surface intérieure au pourtour de la fenêtre.
- Perte d'étanchéité en cas de découpe des appuis existants.

RECOMMANDATIONS

- Réaliser un traitement du pont thermique en intercalant un isolant dans le retour de la baie pour assurer une continuité de l'isolation entre la fenêtre et l'isolation extérieure (1).
- Prévoir dans la conception de la solution une couche d'isolation souple entre le système d'isolation rapporté et le mur afin de pouvoir envelopper l'appui de baie sans avoir à le découper (2).

Utilisation des isolants biosourcés

Les solutions RENOSTANDARD ont pour la plupart intégré dans leur conception l'utilisation d'isolants biosourcés avec pour principal objectif de développer des filières locales et de limiter l'empreinte carbone. On cite principalement l'utilisation de la ouate de cellulose soufflée ou insufflée, la pose de panneaux en fibres de bois en revêtement extérieur, l'insertion de rouleaux ou blocs de fibres végétales (chanvre, lin, coton, paille) entre des ossatures en bois, des cloisons maçonnées en bloc de chanvre ou le collage de panneaux de liège.

Ces matériaux biosourcés présentent un avantage indéniable du point de vue environnemental et ont généralement des caractéristiques comparables aux isolants plus traditionnels. En revanche, du fait de leur développement récent, leur mise en œuvre est encore peu couverte par les Règles de l'Art. Mise à part le soufflage de la ouate de cellulose en plancher de comble perdu qui est couverte depuis 2020 par le NF DTU 45.10, la mise en œuvre des techniques d'isolation utilisant les matériaux biosourcés est décrite dans des Avis Techniques (principalement en isolation par l'intérieur) ou dans certaines Règles Professionnelles (notamment pour le chanvre ou la paille).

Les filières développant ce type de matériaux sont encore peu structurées et la matière première biosourcée est généralement très hétérogène, ce qui explique en partie les difficultés pour garantir la constance des propriétés physiques des produits en production, condition préalable aux processus de marquage produit (certification ou marquage CE).

L'analyse des projets et l'accompagnement technique mené dans RENOSTANDARD ont permis de confirmer le dynamisme dans le domaine des isolants biosourcés. Beaucoup d'initiatives locales sont engagées pour promouvoir et développer l'utilisation de ces matériaux. Par ailleurs, un nombre croissant de demandes d'évaluations techniques pour des solutions intégrant des matériaux biosourcés est observé. Ce dynamisme répond à une attente croissante du marché et plus particulièrement des maîtres d'ouvrage. Ainsi, un certain nombre d'Appréciations Techniques d'Expérimentation (ATEX) ont été délivrées pour des solutions constructives intégrant des isolants biosourcés et ce, même pour des usages en isolation par l'extérieur pour lesquels l'emploi des isolants requiert des niveaux de performances plus élevés.

Outre le sujet de la maîtrise de la constance des propriétés en production, les enjeux techniques pour l'utilisation sécurisée de ces matériaux concernent principalement la justification de leur durabilité (sensibilité vis-à-vis des rongeurs, sensibilité aux développements fongiques), de leur sensibilité à l'humidité (absorption d'eau, capillarité), de leur niveau de cohésion pour résister aux sollicitations mécaniques et de leur réaction au feu.

Approche architecturale globale : augmentation de la surface, réaménagement, approche bioclimatique

Les motivations des particuliers propriétaires de maisons individuelles quant au lancement de coûteux travaux de réhabilitation globale sont rarement liées à la seule volonté de limiter les consommations d'énergie et d'améliorer la performance énergétique du logement. Les préoccupations relatives au confort de vie (au sens large), au bien-être, à la santé et à la sécurité (accessibilité et mise aux normes) dans les espaces intérieurs tout comme leur rapport à l'extérieur (ajout de terrasse, d'accès direct au jardin, de véranda), à la valorisation immobilière du bien, voire aux changements d'usage d'une partie ou de la totalité du bien.

L'importance de l'approche architecturale globale est de permettre au bâti de répondre aux modes de vie, besoins et enjeux environnementaux actuels. Il s'agit donc d'identifier les besoins des occupants et les capacités du bâti à partir du type de maison, du climat et de leur profil socio-économique.

La question du confort intérieur multicritère est ainsi centrale dans certaines solutions RENOSTANDARD : l'une d'entre elles se développe par exemple autour d'un retour d'expérience d'inconfort thermique systématique d'occupant dû à un problème d'étanchéité à l'air récurrent sur une certaine typologie constructive.

De même, la plupart des groupements proposent des solutions d'intervention par l'extérieur pour limiter les nuisances du chantier pour les occupants d'une part, mais également, dans une certaine mesure, pour redéfinir l'identité architecturale des maisons rénovées, avec différentes options possibles de rendu esthétique extérieur (possibilité de choisir un ensemble de nuanciers pour les finitions et matériaux sur la base d'un éclairage d'experts). Cette esthétique plus contemporaine constitue une valorisation patrimoniale potentielle lors de la revente.



Figures 46 et 47 : Exemples de solutions d'intervention par l'extérieur

Pour les typologies de maisons individuelles à forte identité patrimoniale, comme, par exemple, la longère rurale, la solution RENOSTANDARD proposée est au contraire un compromis entre performance technique, aspect contemporain au style architectural de notre époque et conservation du patrimoine ancien. L'une des deux façades, la plus au nord est ainsi isolée par l'extérieur alors que l'autre exposée sud est laissée apparente avec l'ajout d'une serre bioclimatique. Un correcteur thermique sur cette façade sud permet de limiter l'inconfort thermique intérieur. La toiture est quant à elle isolée par l'extérieur en réinstallant les tuiles d'origine.



Figure 48 : Exemple de longère

Plusieurs groupements RENOSTANDARD proposent des gradations de travaux en fonction du revenu des ménages : *a minima* rénovation globale pour des ménages modestes jusqu'à des opérations avec réagencement des espaces intérieurs, voire des extensions/surélévations pour transformer une maison en différents lots indépendants.

Ces opérations de séparation en plusieurs lots privés peuvent s'avérer particulièrement intéressantes pour certaines typologies constructives du fait des tendances lourdes, en termes de démographie notamment. Par exemple, la maison périurbaine peut s'avérer trop spacieuse pour les occupants actuels (couples vieillissants dont les enfants sont établis ailleurs), voire pour certaines typologies de futurs acquéreurs qui sortent des centres urbains (étudiants, jeunes couples, par exemple). La partition de l'espace en plusieurs lots privés peut ainsi s'avérer d'autant plus pertinente qu'elle assure une valorisation immobilière plus intéressante. Par ailleurs, elle permet, au même titre que l'augmentation de la surface habitable, de financer une partie des travaux.

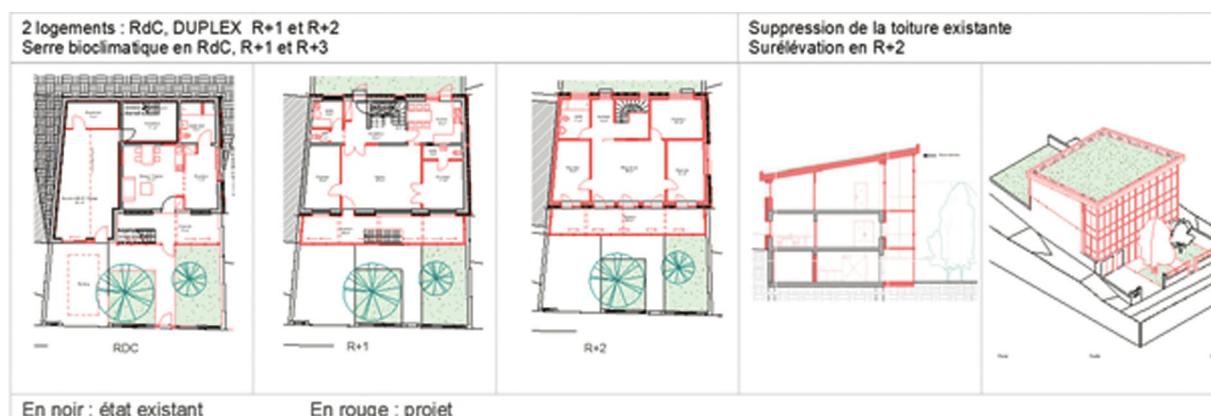


Figure 49 : Exemple de séparation en plusieurs lots privés

La partition de maisons familiales patrimoniales comme les longères rurales permet là aussi de faciliter leur valorisation, notamment pour des profils d'acquéreurs de type « néo-ruraux » en intégrant des espaces adaptés au télétravail, voire des activités d'hébergements touristiques (gîtes, par exemple). Outre la capacité financière de l'acquéreur à faire réaliser ce type de travaux relativement lourds, un point clef de succès est également le confort de vie obtenu à l'issue des travaux de rénovation.

Certaines solutions RENOSTANDARD permettent grâce à la dépose puis à la repose d'extensions au bâti existant de redistribuer les espaces de vie pour allier le confort d'utilisation au confort thermique et visuel. L'exemple de la maison ouvrière en briques du Nord de la France permet de questionner les extensions aménagées à l'arrière du logement pour y amener les pièces d'eau : sanitaires, salle de bains ou cuisine. Ces extensions sont en effet souvent sources de déperditions énergétiques importantes et dégradent la qualité fonctionnelle des logements par l'encombrement des espaces privatifs à l'arrière des parcelles, le peu de qualité lumineuse des rez-de-chaussée et l'obstacle à la ventilation. La solution de réhabilitation demande la déconstruction et la reconstruction d'une extension en ossature bois rapportée sur la façade arrière de la maison sur deux niveaux favorisant une redistribution globale des espaces de vie. La réhabilitation par le prisme du bioclimatisme est ici respectée : apport solaire gratuit, effet Venturi, etc.



Figures 50 et 51 : Exemple d'extension rapportée sur la façade arrière d'une maison

Techniques non traditionnelles, assurabilité, marques de qualité : comment s'y retrouver ?

On entend ici par « marque de qualité » toute information technique obligatoire ou volontaire qualifiant un produit ou un procédé constructif sur le marché.

Il est important de distinguer les informations à caractère obligatoire pour la mise sur le marché (réglementations et marquage CE dans certains cas) de celles qui relèvent d'une démarche volontaire permettant d'ouvrir certains marchés en rassurant la maîtrise d'ouvrage (évaluation) et en apportant une plus-value concurrentielle quant au suivi indépendant de la qualité de la production (certification).

7.1 Les réglementations

Les produits et procédés constructifs mis sur le marché doivent respecter les exigences réglementaires en vigueur. Une liste non exhaustive de ces réglementations est fournie ci-dessous :

- Réglementation Thermique : les solutions RENOSTANDARD sont soumises aux Réglementations Thermiques applicables pour les bâtiments existants, qui dépendent de l'importance des travaux entrepris (voir encadré) ;
- Réglementation relative à la qualité de l'air intérieur (étiquetage) ;
- Réglementation relative aux substances dangereuses (REACH) ;
- Réglementation relative aux biocides ;
- Réglementation relative à la qualité environnementale et sanitaire des produits de construction ;
- Réglementation acoustique ;
- Réglementation incendie ;
- Réglementation sismique ;
- Réglementation accessibilité.

ZOOM SUR

À quelle Réglementation Thermique est soumis mon projet de rénovation de maison individuelle ?

Pour un projet de rénovation portant sur une surface hors œuvre nette rénovée supérieure à 1 000 m², et pour des maisons construites après 1948 et pour un coût des travaux de rénovation « thermique » décidés par le maître d'ouvrage supérieur à 25 % de la valeur hors foncier du bâtiment : la RT dite « Globale » s'applique. Elle repose sur l'article R. 131-26 du Code de la construction et de l'habitation et son arrêté d'application du 13 juin 2008. En pratique, cette situation se rencontre en maison individuelle uniquement dans le cas d'une opération massive de rénovation simultanée d'un parc complet, par un bailleur social par exemple.

Dans tous les autres cas, donc dans la grande majorité des cas de rénovation en maison individuelle, la RT dite « élément par élément » s'applique. Elle repose sur l'article R. 131-28 du Code de la construction et de l'habitation et son arrêté d'application du 3 mai 2007 modifié, à partir du 1^{er} janvier 2018, par l'arrêté du 22 mars 2017. Contrairement à la RT Globale, la RT Élément par élément n'impose pas la réalisation d'une étude thermique complète, mais fournit en revanche des valeurs de performance thermique seuils, par exemple pour les parois après isolation (résistance thermique minimale).

Les décrets et arrêtés en vigueur sont accessibles sur <https://www.legifrance.gouv.fr/>.

Il est à noter que l'ensemble de ces réglementations ne visent pas forcément des caractéristiques propres aux produits ou procédés constructifs mais elles peuvent, par exemple, viser le bâtiment dans son ensemble. Toutes les réglementations citées ne s'appliquent pas forcément à tous les produits et procédés constructifs : il est de la responsabilité du fabricant de connaître et d'appliquer les exigences réglementaires auxquelles son produit est soumis.

7.2 Le marquage CE

Le marquage CE constitue une sorte de « carte d'identité » intrinsèque du produit mais ne fournit aucune information relative à la satisfaction aux lois et réglementations en vigueur qui ne peuvent être examinées qu'à l'échelle de chaque pays tant les réglementations nationales peuvent être différentes. Son application peut être volontaire ou obligatoire en fonction des cas.

ZOOM SUR

Le marquage CE est-il obligatoire ?

Depuis juillet 2013, pour une mise sur le marché européen d'un produit de construction, conformément au Règlement Produit de Construction n° 305/2011, la déclaration de performance (DoP : Declaration of Performance) et le Marquage CE associé des produits sont obligatoires lorsque :

- Le produit est visé par une norme européenne harmonisée. Ce type de norme comporte une Annexe ZA définissant les performances essentielles du produit déclarables et les différentes procédures à appliquer pour réaliser le Marquage CE (essais, calculs statistiques, etc.). Dans cette Annexe sont également précisés les niveaux d'attestation de conformité (AoC) requis pour chaque caractéristique, c'est-à-dire si les DoP et Marquage CE se font sur la base de la seule déclaration du fabricant (niveau 4 : aucune intervention d'un tiers) ou dans le cadre d'un processus avec essais et audits par des organismes tiers reconnus par l'état français et appelés organismes notifiés (niveau 1+).
- Le produit/procédé constructif fait l'objet d'une Évaluation Technique Européenne (ETE ou ETA en anglais) [avant le 1^{er} juillet 2013, ces documents s'appelaient Agréments Techniques Européens (ATE ou ETA en anglais)].

Ainsi, en l'absence de norme européenne harmonisée ou d'ETE/ETA visant le produit/procédé constructif, le fabricant n'est pas obligé de marquer son produit CE. Cependant, s'il souhaite le marquer CE, la 1^{re} étape est de demander une Évaluation Technique Européenne (ETE). Pour délivrer cette ETE, il sera tout d'abord nécessaire d'élaborer un Document d'Évaluation Européen (DEE ou EAD en anglais).

L'appréciation de l'aptitude à l'emploi du produit pour les différents usages auquel il peut prétendre n'est également pas visé par le Marquage CE. Ce dernier peut ainsi parfois s'avérer insuffisant sur le marché français. Certains acteurs, notamment pour des questions assurantielles, sont demandeurs d'évaluation (ATEX, Avis Technique/Document Technique d'Application). De même, en complément au Marquage CE, l'attribution d'une marque de certification peut être de nature à rassurer le marché du fait de l'intervention d'un tiers de confiance dans le contrôle des caractéristiques essentielles des produits.

7.3 L'évaluation technique

7.3.1 L'évaluation technique en quelques mots

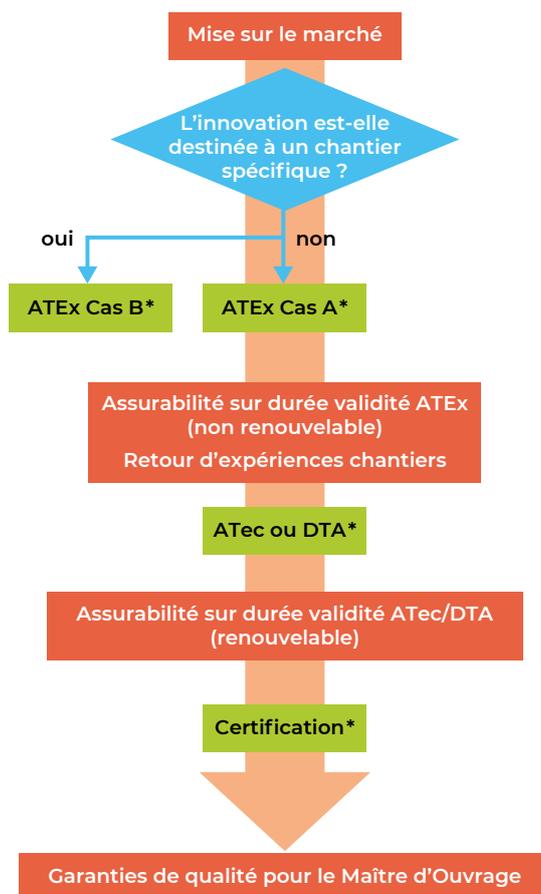
L'évaluation technique est une démarche volontaire. Elle consiste en une vérification de la satisfaction aux réglementations en vigueur (obligatoires même si une démarche d'évaluation n'est pas faite), et en une évaluation de l'aptitude à l'emploi et de la durabilité en œuvre. Elles portent par conséquent sur un couple « produit/emploi ». Ainsi, si un produit est destiné à différents usages, plusieurs évaluations peuvent être nécessaires.

Elle est potentiellement applicable à tout procédé constructif sortant du domaine traditionnel, c'est-à-dire ne rentrant pas dans le domaine d'application d'un Document Technique Unifié (DTU) de Règles Professionnelles acceptées par la Commission Prévention Produit (C2P) ou de Recommandations Professionnelles. L'évaluation technique permet de rassurer l'ensemble des acteurs de la filière sur la limitation des risques engendrés lors de la diffusion d'une innovation sur le terrain (architectes, assureurs, contrôleurs techniques, etc.)

En l'absence de Contrôleur Technique sur les projets de rénovation, l'évaluation technique pour l'utilisation d'un procédé innovant n'est pas fréquemment demandée par la maîtrise d'ouvrage. Cependant, elle permet de sécuriser le risque de sinistralité et peut donc présenter un intérêt, en particulier si l'innovation est amenée à se massifier.

7.3.2 Process d'évaluation

Le schéma suivant positionne les différents jalons d'évaluation dans le processus d'innovation.



* Démarches **volontaires** (donc facultatives)

Figure 52 : Processus d'évaluation de l'innovation

7.3.3 Les différentes procédures

Selon la maturité de l'innovation technique, plusieurs procédures d'évaluation sont possibles. Les procédures principales sont décrites ci-dessous. D'autres procédures plus ciblées « caractérisation matière » comme l'ETPM (Évaluation technique de produits et matériaux) existent (voir <https://evaluation.cstb.fr/>).

7.3.3.1 L'Appréciation Technique d'Expérimentation (ATEX)

L'Appréciation Technique d'Expérimentation (ATEX) concerne des procédés constructifs innovants ne disposant pas encore d'un retour d'expérience terrain significatif.

Trois cas sont possibles :

- ATEX de cas a : pour un produit ou procédé constructif applicable sur différents chantiers (pour un domaine d'emploi défini) et pour une durée limitée. Il s'agit typiquement de permettre une expérimentation sous contrôle et limitée dans la durée pour capitaliser du retour terrain en vue d'obtenir ensuite un Avis Technique (ou un DTA).
- ATEX de cas b : pour un produit ou procédé constructif intégré spécifiquement dans un projet de réalisation identifié (une seule adresse de chantier). Il s'agit en général d'ouvrages à fort caractère architectural : IGH tertiaire, musée, etc.
- ATEX de cas c : pour un produit ou procédé constructif intégré à un nouveau projet de réalisation expérimentale identifié ayant précédemment fait l'objet d'une ATEX de cas b à caractère favorable.

L'ATEX est instruite par un rapporteur désigné par le CSTB. Le rapporteur est choisi selon des critères de compétence et de proximité avec l'expérimentation envisagée : personne experte du domaine concerné (cas a) ou chargée du contrôle technique du chantier concerné (cas b ou c).

Elle est délivrée par un groupe d'experts constitué spécifiquement par le CSTB selon leur expertise pour valider l'aptitude à l'emploi sur les exigences essentielles de sécurité et les risques de pathologie. Elle est généralement utilisée en préalable à la procédure d'Avis Technique pour permettre à une technique innovante de faire ses preuves sur des chantiers de référence en préalable à la démarche d'Avis Technique.

7.3.3.2 L'Avis Technique (ATec)

L'Avis Technique (ATec) est un avis formulé par un groupe d'experts, appelé Groupe Spécialisé (GS), sur l'aptitude à l'emploi d'un procédé constructif lorsque ce dernier, dans sa composition et dans sa mise en œuvre, sort du champ d'application des « Règles de l'Art ». Il est délivré pour une durée de validité à l'appréciation du groupe d'experts, variant de 2 à 7 ans. Si le procédé constructif visé est déjà soumis à un marquage CE, les groupes d'experts délivrent un Document Technique d'Application (DTA) dont le principe est similaire à l'Avis Technique à ceci près que les performances intrinsèques du procédé constructif sont issues du marquage CE associé.

La délivrance d'un Avis Technique (ou d'un DTA) est encadrée par une procédure réglementaire régie par l'arrêté du 21 mars 2012. Il est délivré par la CCFAT (Commission chargée de formuler des Avis Techniques) qui constitue des groupes d'experts par domaine d'application (plancher, étanchéité, isolation, assainissement, etc.) chargés de formuler un avis.

7.4 La certification

7.4.1 La certification en quelques mots

Il s'agit d'une démarche volontaire. Une marque de qualité assurant la conformité de certaines caractéristiques essentielles du produit au référentiel de certification propre à chaque marque est délivrée par un organisme certificateur indépendant du fabricant. La certification implique un contrôle en usine par l'organisme certificateur du processus de fabrication ainsi que des procédures d'autocontrôle.

Un suivi des caractéristiques essentielles est également réalisé grâce à des prélèvements par l'organisme certificateur et grâce à des tests de conformité suite à des essais de suivi dans le laboratoire de la marque, indépendant du fabricant. Ainsi, la certification rassure le consommateur quant à la constance de la production.

7.4.2 Les différentes marques de certification pour les produits isolants

Différentes marques de certifications existent pour les procédés de construction : par exemple Marque NF (NF 547 pour les entrevous en polystyrène, par exemple), CTB (pour les composants à base de bois), etc.

Concernant les produits isolants, citons les marques suivantes :

■ ACERMI

L'Association pour la CERTification des Matériaux Isolants est une association loi 1901, créée en 1983 par le CSTB et le LNE qui ont conçu la marque de certification ACERMI. L'Association a pour objet de délivrer des certificats de qualification dans le domaine des matériaux et produits isolants manufacturés, au sens de la loi n° 78-23 du 10 janvier 1978. Depuis sa création, le nombre de produits certifiés ACERMI a constamment augmenté jusqu'à atteindre 935 certificats en 2020. 148 usines fabriquent des produits certifiés en 2020 (dont 71 à l'étranger).

L'ACERMI a ajouté pour les fabricants qui le souhaitent une annexe sur l'usage. Une matrice croisant les familles de produits isolants avec des usages différents (domaine d'emploi visé) a été réalisée. Pour chaque couple famille de produit/usage, une description des caractéristiques minimales attendues a été rédigée en lien avec les Règles de l'Art. Avec cette notion d'usage intégrée à la certification, l'ACERMI va au-delà des normes européennes qui concernent uniquement les caractéristiques intrinsèques de chaque isolant en sortie d'usine. En effet, la certification ACERMI précise, sur la base des référentiels de mise en œuvre, l'aptitude de l'isolant à l'usage revendiqué par l'industriel. Par exemple, pour qu'un isolant soit apte à être appliqué au sol, il doit avoir une certaine résistance mécanique à la compression et au fluage : il s'agit donc bien d'une performance liée à sa pose, à son usage.

■ Marques QB

Pour certains produits isolants n'entrant pas dans le cadre de l'ACERMI, des marques de certification QB sont proposées par le CSTB. Citons par exemple la QB23 visant les polyuréthanes projetés *in situ*, qui intègre des produits destinés à être expansés sur chantier directement. Cette marque vise les applications en sols (PUP à cellules fermées), murs (cellules ouvertes ou fermées) et toitures (cellules ouvertes ou fermées). Du fait du caractère innovant de ce type de produit, une évaluation technique favorable (ATec ou ATEEx) est un préalable nécessaire à toute demande de certification.

Au-delà des seuls produits d'isolation, d'autres marques de certification existent sur des procédés constructifs contribuant à la performance thermique : par exemple sur les blocs maçonnés (QB07).

Liste des abréviations

AoC	<i>Attestation of Conformity</i>
AMI	Appel à manifestation d'intérêt
ACERMI	Association pour la certification des matériaux isolant
AT	Appréciation Technique d'expérimentation
ATec	Avis Technique
CSTB	Centre scientifique et Technique du Bâtiment
DEE	Document d'évaluation européen
DoP	<i>Declaration of Performance</i>
DTA	Document Technique d'Application
DTU	Document Technique Unifié
ETE	Évaluation Technique Européenne
ETPM	Évaluation technique de produits et matériaux
HPV	Haute Perméabilité à la Vapeur d'eau
IGH	Immeuble de grande hauteur
ITE	Isolation thermique par l'Extérieur
ITI	Isolation Thermique par l'Intérieur
PUP	Polyuréthane projeté
QB	Qualité Bâtiment (marque de certification)