



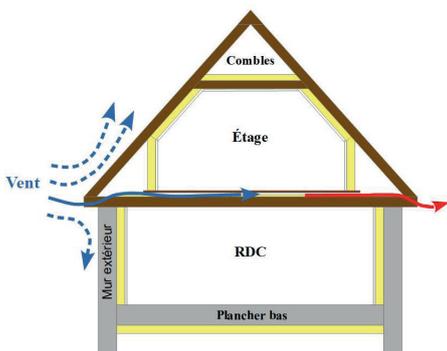
SOLUTION DE RÉNOVATION GLOBALE POUR PAVILLONS À FERMETTES ET COMBLES AMÉNAGÉS



La typologie

- ✓ Charpente en fermettes industrielles
- Maison de constructeur de maisons individuelles
- Année de construction : 1974 à aujourd'hui
- Niveau d'isolation moyen (c'est-à-dire $0,6W/m^2.K < U_{bat} < 1W/m^2.K$)
- Des combles aménagés à la construction ou postérieurement

* Voir fiche typologie



Principales problématiques adressées et grandes orientations de la solution

✓ Sur cette typologie, il y a un enjeu spécifique qui consiste à interrompre le courant d'air dans le plancher intermédiaire. Pour cela il est nécessaire d'intervenir par l'extérieur pour l'isolation des bas de rampants de toiture et pouvoir étancher à l'air l'extrémité du plancher.

* La "fiche typologie" apporte des éléments de description de la typologie et également la description d'une maison spécifique ayant servi à la conception de la solution globale.



« L'audit préalable permet de cerner et d'expliquer la problématique spécifique de cette typologie. Le rénovateur BBC** prend ensuite le relais et s'engage sur le résultat auprès du particulier en contractualisant avec lui un projet de rénovation globale, adossé à une étude thermique indépendante et à des contrôles à la livraison (étanchéité à l'air de l'enveloppe, fonctionnement de la VMC) par un contrôleur indépendant. L'engagement de résultat est sécurisé par des assurances spécifiques et par l'accompagnement permanent des conseillers info-énergie notamment dans le cadre des dispositifs régionaux. »

Jean Hourany, Ingénieur en efficacité énergétique du bâtiment, Thermicien-auditeur, Gérant de BATIDERM Ingénierie

** Le rénovateur BBC est un professionnel de la rénovation thermique globale qui s'engage sur l'atteinte d'un niveau thermique Bâtiment Basse Consommation. Ce statut est reconnu depuis 2014 en région Normandie où il est notamment porté par une association loi 1901 : le club normand des rénovateurs BBC (SIRET : 90330463200016).

Le groupement Baticok

ENTREPRISE COUILLARD Père et fils

Menuiserie/Charpente/Isolation
Rénovateur BBC Normandie depuis 2015 - crée en 1978
Gérée par Julien COUILLARD depuis 2012

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

BÂTIDERM INGÉNIERIE

BET Efficacité énergétique du bâtiment
Auditeur normand depuis 2014
Créée en 2012
Gérée par Jean HOURANY, bénéficiant de 12 ans d'expérience en thermique et 16 ans d'expérience en R&D dans l'industrie

- Études thermiques, approche globale, mesures, simulation thermique dynamique

www.batiderm.fr

NICOLAS KNAPP

Architecte-Ingénieur
Membre fondateur de l'ARPE Normandie

- Acteur de l'éco-construction en Normandie depuis plus de 20 ans
- Réduction de l'impact environnemental de la construction
- Maîtrise d'œuvre en rénovation

Les partenaires

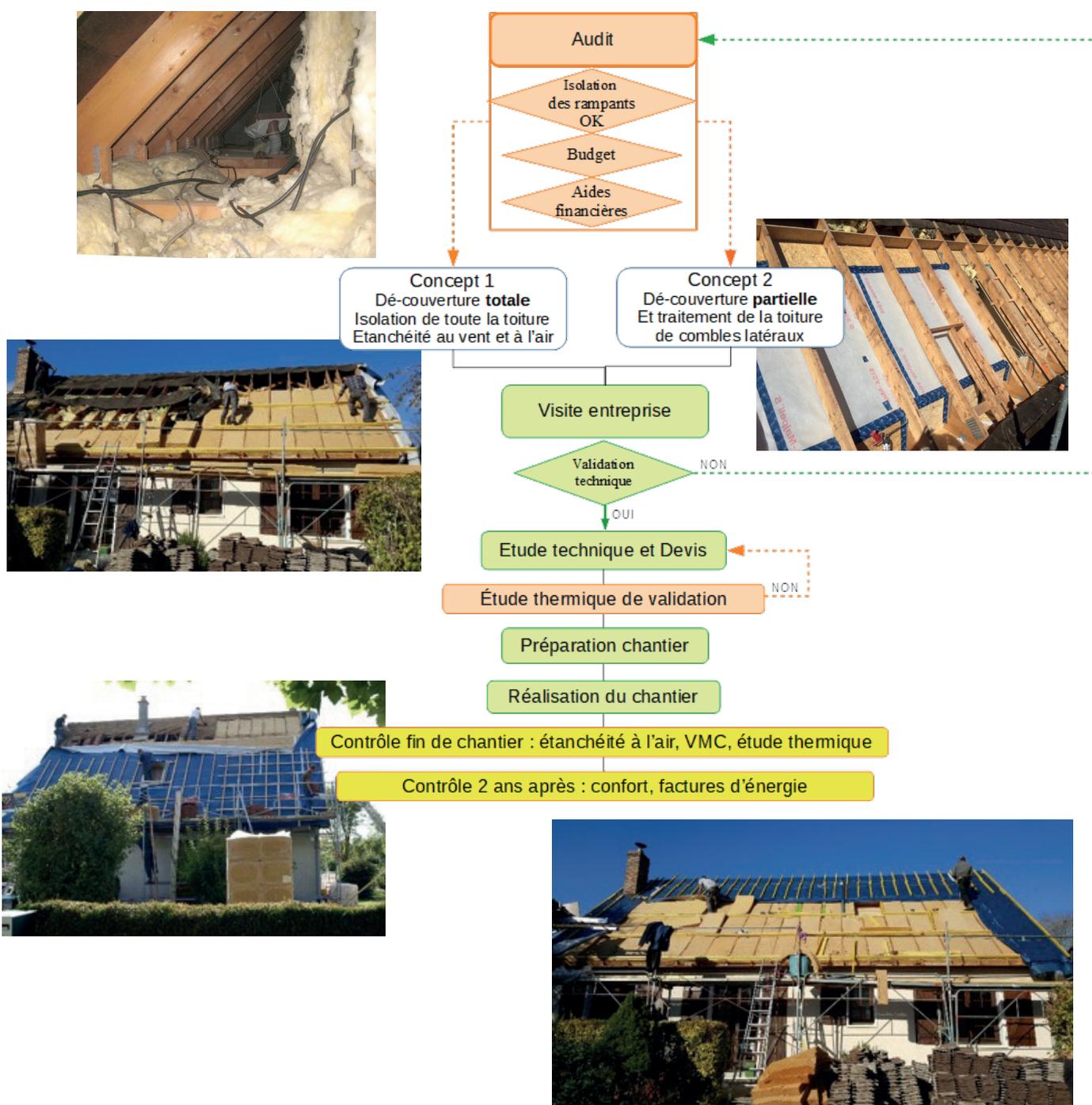
- Région Normandie
- EIRENO Entreprises d'Ingénierie en Rénovation énergétique globale
- Club normand des rénovateurs BBC
- ARPE Normandie

ZOOM SUR LA DÉMARCHE GLOBALE

Deux solutions sont possibles :

- Soit il est économiquement possible de proposer un démontage/remontage complet de la toiture, auquel cas, on isolera thermiquement l'ensemble de la couverture puis on l'englobera avec une membrane d'étanchéité à l'air HPV (HauteMENT Perméable à la Vapeur). Cette membrane d'étanchéité à l'air de toiture sera raccordée à l'enduit du mur ou à la membrane du mur (si les murs sont également isolés par l'extérieur). Une éventuelle réhausse de la charpente pourra optionnellement permettre d'épaissir la couche isolante dans les rampants de toiture sous la membrane.

- Soit le budget ne permet pas de financer une dépose complète de la couverture auquel cas seule la partie basse de la toiture est découverte, un pare-vapeur étanche à l'air intérieur est installé sous les fermettes par l'extérieur (rappel : ces greniers sont impraticables par l'intérieur!) et les extrémités des fermettes sont refermées avec des produits d'étanchéité à l'air adaptés. Ensuite un isolant est ajouté par le dessus puis une pare-pluie HPV faisant étanchéité au vent.



DESCRIPTION GLOBALE DE LA SOLUTION

ENVELOPPE



TOITURE

Principe

Découverte partielle ou totale (suivant conclusion de l'audit préalable) du toit et insufflation d'isolation en bas de pente de toiture dans un coffrage étanche à l'air pour traiter le problème d'infiltration d'air spécifique à cette maison.

Mise en œuvre

Insufflation avec une machine d'un isolant en ouate de cellulose sur site



PLANCHER BAS

Principe

Isolation en 2 couches en sous-face, fixées mécaniquement sur support lourd en maçonnerie avec une première couche entre les obstacles (gainés et réseaux). La deuxième couche permettant la continuité d'isolation (traitement des ponts thermiques).

Mise en œuvre

Assemblage de rouleaux d'isolant souple ou de panneaux semi-rigides sur site. Utilisation de chevilles de fixation traversant l'isolant.



MENUISERIES

Principe

Suivant conclusion de l'audit préalable, remplacement des fenêtres ou seulement des vitrages.

Mise en œuvre

Déplacement de la fenêtre dans le plan de l'isolation extérieure et intégration dans un chevêtre en bois sur site.



MURS

Principe

Procédé d'isolation par l'extérieur de type bardage ventilé à ossature bois associant un isolant végétal et un bardage vertical ventilé à ossature bois (1 à 4 parois isolées, suivant besoin déterminé par l'audit)

Mise en œuvre

L'ensemble des éléments sont fixés mécaniquement sur support lourd en maçonnerie courante et assemblés manuellement sur site selon un principe de pose comparable au DTU 41.2.



SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES

CHAUFFAGE



- Conservation du réseau de chauffage et remplacement de la chaudière
- Maintien ou remplacement de la chaudière gaz, ou mise en place d'une chaudière à granulés de bois, ou d'une PAC sans fluides Hydro-Fluoro-Carbonés
- Conservation des émetteurs de chaleur
- Si le chauffage initial est électrique il est pertinent d'envisager de diversifier les ressources énergétiques par exemple en installant un appareil à granulés de bois. (Solution retenue dans la présente fiche)

VENTILATION



- VMC simple flux hygroréglable (chambres et pièces de séjour)
- Sortie de toit aéraulique en toiture ou en mur
- Gainés semi-rigides nettoyables
- Moteur à très faible consommation électrique
- Contrôle des débits ou de la dépression dans la gaine par l'installateur

ZOOM SUR LES INNOVATIONS

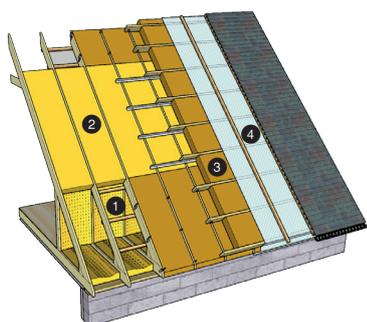


TOITURE (découverture totale)

Création d'une isolation complémentaire au-dessus de l'isolation existante associant un renforcement de la charpente ainsi qu'une isolation en pied et en tête de toiture. La solution envisagée présente les innovations suivantes :

- Utilisation de panneaux isolants biosourcés en surisolation par l'extérieur.
- Mise en œuvre d'un écran de sous-toiture HPV assurant un rôle d'étanchéité à l'air en pied de toiture.
- Mise en œuvre d'un lattage sous-fermette support d'isolation complémentaire
- Renforcement de la charpente par l'ajout de solives positionnées transversalement aux fermettes

- 1 Lattage
- 2 Isolation existante*
- 3 Isolation complémentaire
- 4 Écran de sous-toiture HPV



* l'isolation existante est déposée si celle-ci est trop dégradée

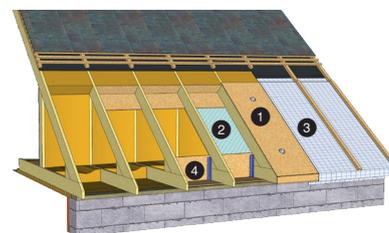


TOITURE (découverture partielle)

Création d'un coffrage associant des panneaux OSB et une membrane souple (frein vapeur) étanche à l'air avec insufflation de la ouate de cellulose à l'intérieur du coffrage. La solution envisagée présente les innovations principales suivantes :

- Insufflation d'un isolant biosourcé
- Utilisation d'une membrane pare-vapeur souple comme support pour l'insufflation de l'isolant

- 1 Perforation pour insufflation
- 2 Membrane pare-vapeur
- 3 Écran de sous-toiture HPV
- 4 Coffrage OSB

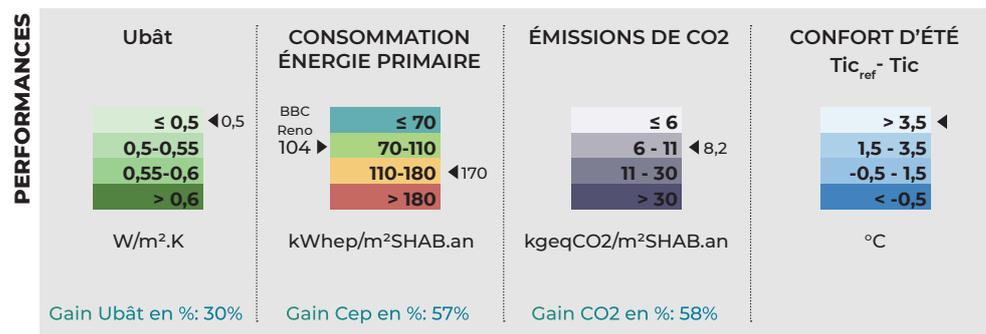


MURS

Le système constructif envisagé est un bardage ventilé à lames horizontales ou verticales en bois s'appuyant largement sur le principe de mise en œuvre du DTU 41.2. Il présente néanmoins un certain nombre d'éléments innovants. (Voir la fiche: Solution de rénovation globale pour des pavillons des années 60-70)

- Isolant "biosourcé" à base de fibres végétales
- Pose d'une isolation en deux couches de 80 mm sans écrasement de la seconde couche par le montant vertical.
- Encapsulage de l'isolant et de l'ossature par une membrane pare-pluie HPV (Hautement Perméable à la Vapeur) souple apportant une protection de l'isolant vis à vis des infiltrations d'air et d'eau.

INDICATEURS DE PERFORMANCE APRÈS RÉNOVATION (SOLUTION GLOBALE)



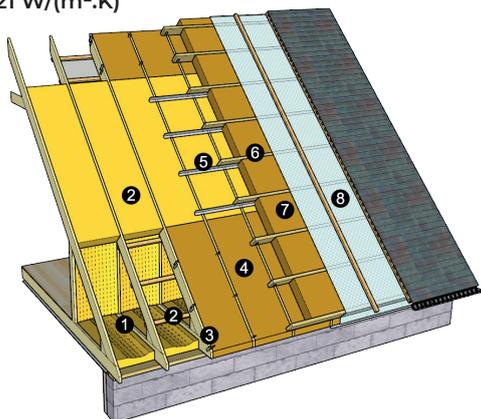
- Les indicateurs de performance ont été calculés:
 - selon la méthode de calcul THBCE de la RT2012 et ses conventions,
 - les émissions de CO2 sont obtenues à partir des consommations d'énergie calculées et des coefficients de conversion de E+C-,
 - pour la maison diagnostiquée qui a servi de base à la conception de la solution globale (voir fiche typologie correspondante), ces indicateurs présenteront des différences d'une maison à l'autre de la typologie.
- Le seuil BBC rénovation est évalué pour la zone climatique H1a et altitude <400m.

ZOOM SUR LA MISE EN ŒUVRE



TOITURE (découverture totale)

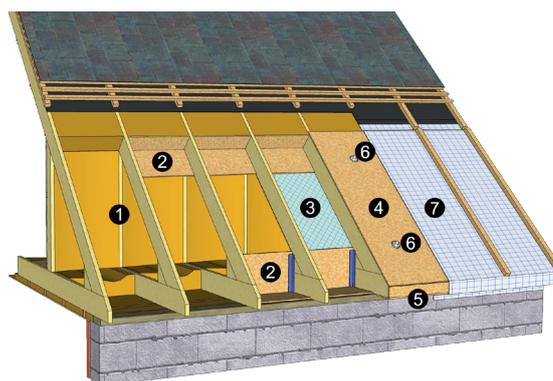
$0,15 < U_p < 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$



- ① Découverture totale (l'isolant jaune correspond à l'existant, souvent en laine de verre, déposé si trop dégradé)
- ② Fixation de lattes sous fermettes => maintien de l'isolant rapporté entre fermettes
- ③ Pose d'équerre torsadée en partie haute et basse avec vissage le long de la fermette
- ④ Isolation entre fermette (isolant panneaux biosourcé)
- ⑤ Pose de cornière d'angle lorsque l'isolant en rampant est conservé (impossible de visser le long de la fermette)
- ⑥ Pose de solives 145x45 mm perpendiculairement aux fermettes
- ⑦ Isolation entre solives
- ⑧ Pose de l'écran de sous toiture HPV puis recouverte avec réemploi selon la qualité des tuiles ou ardoises



TOITURE (découverture partielle)

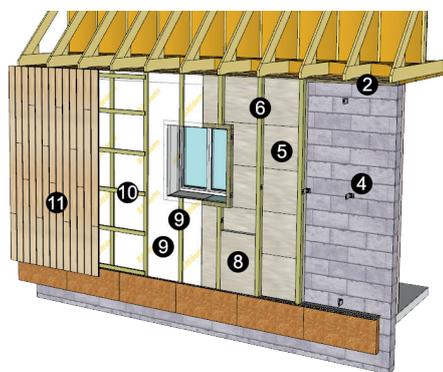


- ① Dépose de la couverture de l'extrémité basse jusqu'au redressement.
- ② Fixation mécanique des équerres en OSB en partie haute et basse entre les fermettes.
- ③ Fixation de la membrane en sous-face des fermettes puis fixation aux deux équerres.
- ④ Mise en place du coffrage supérieur au-dessus des fermettes par fixation mécanique. Ce coffrage dispose d'une perforation permettant l'insufflation de l'isolant.
- ⑤ Fermeture du coffrage dans l'angle inférieur de la fermette par un OSB.
- ⑥ Insufflation de l'isolant dans l'orifice prévu à cet effet.
- ⑦ Mise en place de l'écran de sous-toiture souple et raccordement en partie haute et basse aux écrans en place. L'écran est fixé mécaniquement par les contre-liteaux mis en œuvre dans l'axe des fermettes.



MURS

$0,23 < U_p < 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

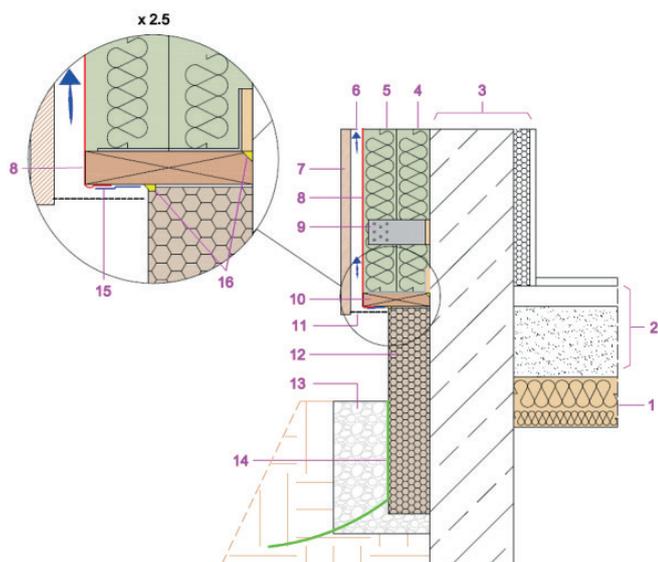


- ① Découpe des appuis de fenêtre en béton.
- ② Dépose des caches-moineaux et pose d'un OSB en dessous des fermettes. Cet OSB servira de ligne d'arrêt du système d'isolation extérieure ainsi que de coffrage pour l'insufflation de l'isolant.
- ③ Dépose des descentes d'eau pluviale et des volets battants.
- ④ Mise en place des équerres. La fréquence sera définie conformément au cahier du CSTB n°3316 afin de respecter les déformations maximales admissibles de l'ossature.
- ⑤ Embrochage de la première couche d'isolation sur les équerres dont la pose est optimisée pour ne pas créer de ponts thermiques.
- ⑥ Mise en place des ossatures verticales en respectant les règles de recouvrement et le réglage de la verticalité.
- ⑦ Renforcement éventuel du maintien de la première couche d'isolation par des vis de fixation.
- ⑧ Mise en place de la deuxième couche d'isolation entre ossature et fixation mécanique au travers de la première couche.
- ⑨ Mise en place de la membrane pare-pluie par des tasseaux fixés mécaniquement parallèlement aux montants verticaux.
- ⑩ Mise en place d'une contre-ossature horizontale.
- ⑪ Fixation du bardage vertical sur la contre-ossature horizontale.

ZOOM SUR LES INTERACTIONS PRINCIPALES

TRAITEMENT DE LA JONCTION ENTRE LES MURS ET LE PLANCHER BAS

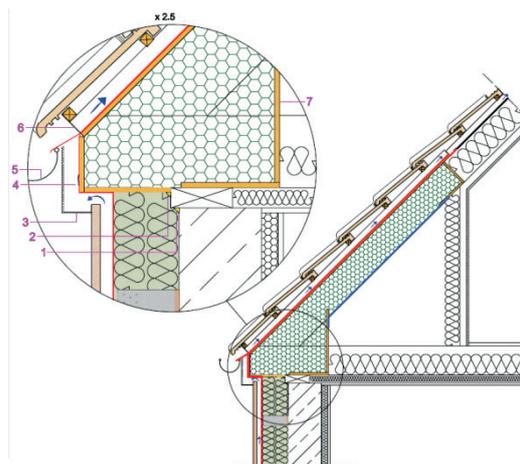
Pont thermique $\psi = 0,2 \text{ W}/(\text{m.K})$



- ① Isolation du plancher bas en sous-face
- ② Plancher bas sur sous-sol ou vide-sanitaire
- ③ Murs maçonnés existants
- ④ Première couche d'isolation, ép. 80 mm
- ⑤ Seconde couche d'isolation entre chevrons, ép. 80 mm
- ⑥ lame d'air ventilée, ép. 30 mm
- ⑦ Bardage ventilé
- ⑧ Membrane HPV (Hautement Perméable à la Vapeur) d'étanchéité à l'eau et à l'air
- ⑨ Équerre métallique noyée dans l'isolant
- ⑩ Lisse basse
- ⑪ Grille anti-rongeurs
- ⑫ Isolant imputrescible et non-capillaire, liège, ép. 100 mm
- ⑬ Remblais de gravier
- ⑭ Membrane d'étanchéité des fondations
- ⑮ Bande adhésive d'étanchéité
- ⑯ Mastic

TRAITEMENT DE LA JONCTION ENTRE LES MURS ET LA TOITURE

Pont thermique $\psi = \text{négligeable}$



- ① Mastic étanchéité mur existant / sablière
- ② Mastic étanchéité sablière / OSB
- ③ Cache moineaux
- ④ Raccord des membranes de toiture avec celle des murs ou avec l'enduit mural
- ⑤ Gouttière
- ⑥ Grille anti-rongeurs
- ⑦ OSB, coffrage d'insufflation



• La descente d'isolation extérieure dans le sol peut être limitée à 30 cm. Au-delà, le gain thermique devient très faible. Ceci permet de limiter la contrainte de mise en œuvre liée au décaissement.

• L'utilisation d'une grille anti-rongeurs non traversante ou en PVC est nécessaire pour obtenir un traitement optimal du pont thermique.

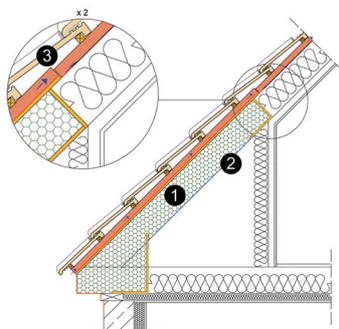
POINTS DE VIGILANCE



TOITURE

❶ L'utilisation d'un isolant "biosourcé" dans ce type de système constructif n'est pas prévue par les DTU et nécessite de justifier l'absence de risque d'accumulation d'humidité et de développement fongique.

❷ L'aptitude d'une membrane d'étanchéité souple à encapsuler l'insufflation d'un isolant doit être démontrée (résistance mécanique lors de l'insufflation, durabilité, adhérence et maintien de l'isolant dans le temps, tassement). La membrane doit par ailleurs limiter les transferts de vapeur d'eau vers l'isolant biosourcé sensible à l'humidité.



❸ Le coffrage extérieur ne doit pas créer un désaffleurement trop important par rapport à la partie de la couverture non découverte afin de respecter les conditions de planéité définies dans les DTU couverture (série 40).

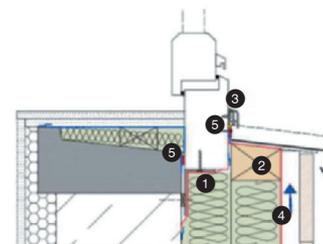


MENUISERIES

❶ La fixation directement sur le gros œuvre est à privilégier. La fixation de la fenêtre ne doit pas se faire à travers le dormant afin de limiter le risque de dégradation de sa performance. Elle doit par ailleurs rester accessible dans l'éventualité d'un démontage.

❷ La pose sur chevêtre ou précadre en bois implique une rigidité suffisante de celui-ci dans le cas où il doit supporter le poids de la fenêtre.

❸ La fixation de la bavette métallique et son joint doit être protégée par un jet d'eau clipsé.

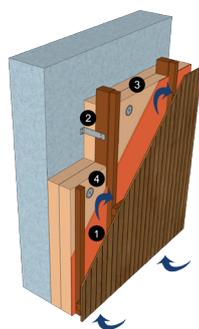


❹ Pour préserver le chevêtre et le dormant si celui-ci est en bois, l'utilisation d'un pare-pluie HPV est indispensable.

❺ Privilégier l'utilisation de mastics d'étanchéité plutôt que des membranes scotchées pour assurer l'étanchéité à l'air et à l'eau. Un mastic est à prévoir entre la fenêtre et le gros œuvre et entre la fenêtre et le système d'isolation extérieure (ici entre la fenêtre et le chevêtre).



MURS



❶ La mise en œuvre d'un pare-pluie présente un risque de déchirement et d'obstruction de la lame d'air pouvant induire une accumulation d'humidité dans l'isolant ou la structure du bardage. La résistance au déchirement du pare-pluie est une caractéristique principale à vérifier.

❷ Les règles d'espacement entre les équerres (selon cahier du CSTB n°3316) doivent être respectées afin de limiter la déformation de l'ossature sous l'effet du vent. Des tests d'arrachement sont recommandés sur les supports existants dont on ne connaît pas la résistance mécanique.

❸ L'utilisation d'un isolant « biosourcé » dans ce type de système constructif n'est pas prévue par les DTU et nécessite de justifier l'absence de risque d'accumulation d'humidité et de développement fongique.

❹ La fixation mécanique de l'isolant est importante pour éviter l'affaissement de ce dernier. La conséquence pourrait être une réduction de la section de la lame d'air et la création d'espaces d'air parasites entre les couches d'isolant. Le choix d'un isolant semi-rigide entre ossature contribue à limiter ce risque.



La solution proposée par le groupement présente un intérêt thermique vis-à-vis d'une solution standard en limitant les ponts thermiques au niveau

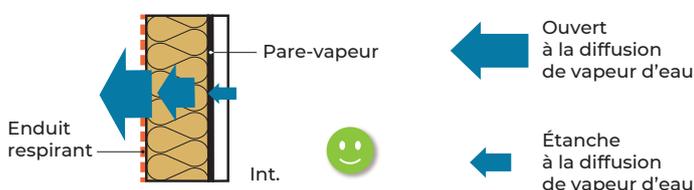
des éléments de fixation. Elle permet par ailleurs de ne pas écraser l'isolant au niveau de l'ossature verticale. Ces dispositions permettent un

gain de 15 % sur le coefficient Up de la paroi pour une même épaisseur d'isolation de 160 mm.

PRINCIPES GÉNÉRAUX À RESPECTER

1. Diffusion de vapeur

Pour éviter l'accumulation d'humidité ou le développement fongique dans la paroi, il convient de respecter un principe de décroissance de l'étanchéité à la vapeur d'eau des composants de l'intérieur vers l'extérieur. La mise en place d'éléments pare-vapeur placés du côté intérieur permet de respecter ce principe. Attention en particulier lorsque la solution d'isolation se superpose à une isolation existante. Par exemple, dans le cas de la pose d'un isolant surfacé sur une couche isolante existante perméable, il convient de respecter la règle 2/3 (nouvel isolant) – 1/3 (isolant existant) en termes de résistance thermique.



2. Isolants «biosourcés»

La mise en œuvre d'isolant biosourcé en isolation rapportée à l'extérieur n'est pas considérée comme une technique constructive courante et n'est généralement couverte par aucun DTU ou règles professionnelles. Dans ce type d'application, des évaluations techniques peuvent être formulées (ATEX, ETPM ou avis technique) afin qu'un comité d'experts évalue son aptitude à l'emploi dans l'application visée.

Il s'agit en particulier d'évaluer l'absence de risque lié à l'humidité, sa tenue mécanique, sa durabilité, son impact sur la sécurité des occupants (sécurité incendie). La liste des produits ou procédés couverts par une telle évaluation est consultable sur le site <https://evaluation.cstb.fr/>

3. Préservation des lames d'air ventilées

Le maintien d'une lame d'air fortement ventilée en sous face de couverture et/ou derrière un bardage est indispensable pour préserver les composants des risques liés à l'humidité (corrosion des éléments de fixations, condensation et dégradation de la performance thermique, développement fongique, etc.). Toutes les précautions doivent être prises afin d'éviter son obstruction.

4. Spécificité des supports creux en zones sismiques

Sur les supports existants creux, aucun système d'accroche de systèmes d'isolation ou de panneaux préfabriqués n'est compatible dans les zones sismiques. Il convient dans ce cas de recréer les conditions d'un support plein (fixation dans les parties pleines ou remplissage des supports par du béton). Dans tous les cas des tests d'arrachement assortis d'un coefficient de sécurité sont recommandés.

5. Parois vitrées et confort d'été

Dans le cas d'une mise en œuvre de surfaces vitrées importantes, l'ajout de protections solaires du côté extérieur est indispensable afin d'éviter la pénétration du rayonnement solaire en été. Ceci est d'autant plus important que le niveau d'isolation des parois du bâtiment a été amélioré. En effet, le risque d'accumulation de chaleur est dans ce cas beaucoup plus important.

LIMITE ACCOMPAGNEMENT CSTB

L'accompagnement dans RENOSTANDARD ne constitue pas une preuve de l'aptitude à l'emploi des solutions. Il s'agit d'avis d'experts du CSTB qui ne se substituent pas à un avis formulé par un comité d'experts de type : comité de normalisation, commission d'ATEX, règles professionnelles, groupe spécialisé. Donner aux acteurs une information fiable et éclairée pour les aider dans l'exercice de leurs responsabilités.

