

Réhabiliter le bâti picard en pan de bois

GUIDE MÉTHODOLOGIQUE POUR UNE
RÉHABILITATION ÉNERGÉTIQUE RESPECTUEUSE
DU BÂTI PICARD EN PAN DE BOIS.

CODEM
LE BATLAB



Cette production est cofinancée par l'Union européenne.
L'Europe s'engage en Picardie avec le Fonds européen
de développement régional.

EDITO

Isoler un bâtiment ancien est une opération conséquente qui doit apporter des bénéfices pour longtemps. C'est pourquoi, lorsque l'on intervient en réhabilitation, il convient de viser le niveau maximal de performance. Compte tenu de l'investissement qui va être réalisé, on peut prédire qu'il n'y aura pas d'interventions ultérieures lourdes avant longtemps.

Au-delà des économies d'énergie, une bonne isolation, qu'elle soit par l'intérieur, par l'extérieur, ou mixte, apporte un gain de confort et permet d'intégrer de nouvelles considérations esthétiques comme fonctionnelles, améliorant mécaniquement la valeur patrimoniale du bâtiment.

Pour être parfaitement efficace et durable, une isolation performante doit obligatoirement être accompagnée d'un traitement de l'étanchéité à l'air du bâti ainsi que d'un système permettant la maîtrise du renouvellement d'air. Si nos bâtiments anciens « respiraient naturellement » par les défauts d'étanchéité induits par les modes constructifs et les menuiseries anciennes, il nous faut désormais garantir un renouvellement d'air maîtrisé pour préserver le bâti isolé et assurer un air intérieur de qualité.

Conscient de la complexité d'isoler certaines parois d'un bâtiment ancien, nous proposons des solutions compatibles qui présentent différents niveaux de performance, l'idée n'étant pas de transformer une maison ancienne en bâtiment « à énergie positive », mais de trouver des solutions adaptées à ses spécificités (circulations étroites, typologies de parois, comportement hygrothermique spécifique...) et qui se conforment à nos usages du bâtiment et modes de vie actuels, le tout en réduisant significativement la consommation d'énergie et l'impact environnemental.

D'ailleurs il est à noter que ce bâti ancien présente bien souvent des performances thermiques et de confort bien supérieures aux bâtiments construits après 1948.

Souvent accusées de présenter des problèmes d'humidité, ces maisons souffrent surtout d'avoir été considérées et réhabilitées comme un bâti contemporain, mais les solutions applicables au béton banché et au parpaing de ciment ne sont pas forcément adaptées à nos vieilles demeures. Des erreurs ont été faites, par méconnaissance, il nous appartient désormais de nous réapproprier le fonctionnement de ce bâti ancien dans son environnement afin de faire les choix qui lui permettront de résister encore aux effets du temps et d'inscrire ses nouvelles performances dans la durée.

L'équipe du CoDEM

Nota :

Tout ce qui est décrit dans cet ouvrage, l'est à titre d'information et d'exemple, il ne constitue pas une base suffisante pour concevoir et réaliser des travaux conformes.

Tous les points ici décrits illustrent la manière dont peuvent être traitées les déperditions et certaines pathologies mais ne constituent pas des règles de l'art. Il conviendra dans tous les cas de se référer aux avis techniques ou aux documents techniques d'application des produits, ainsi qu'aux règles professionnelles existantes.

Pour la conception et la réalisation des travaux, nous vous invitons à vous rapprocher de professionnels qualifiés.

Sommaire

1	Généralités	p.4
2	Stratégie de réhabilitation	p.5-6
	2.1 MÉTHODOLOGIE ET APPROCHE GLOBALE	P.5
	2.2 RÉALISER UN DIAGNOSTIC INITIAL	P.6
3	Spécificités des techniques constructives	p.7-8
	3.1 PATHOLOGIES COURANTES	P.7
	3.2 L'HUMIDITÉ DANS LES MURS	P.8
4	Réhabilitation thermique de la toiture ou des combles	p.9-14
	4.1 ISOLATION DES COMBLES NON AMÉNAGÉS	P.9
	4.2 ISOLATION DES COMBLES NON AMÉNAGÉS AVEC SURFACE DE RÉPARTITION	P.11
	4.3 ISOLATION DES COMBLES AMÉNAGÉS DEPUIS L'EXTÉRIEUR	P.12
	4.4 ISOLATION DES COMBLES AMÉNAGÉS PAR L'INTÉRIEUR - ÉCRAN DE SOUS TOITURE HPV	P.14
	4.5 ISOLATION DES COMBLES AMÉNAGÉS PAR L'INTÉRIEUR - ÉCRAN DE SOUS TOITURE ABSENT OU NON HPV	P.14
5	Réhabilitation thermique des murs	p.15-20
	5.1 CE QU'IL FAUT ÉVITER	P.15
	5.2 ISOLATION : CAS DES MURS ANCIENS EN BON ÉTAT	P.16
	5.3 MURS ANCIENS EN BON ÉTAT / ALTERNATIVE	P.17
	5.4 ISOLATION : CAS DES MURS ANCIENS DÉGRADÉS	P.18
6	Isolation du sol	p.21
7	Menuiseries	p.22
8	Lexique	p.23

1 Généralités

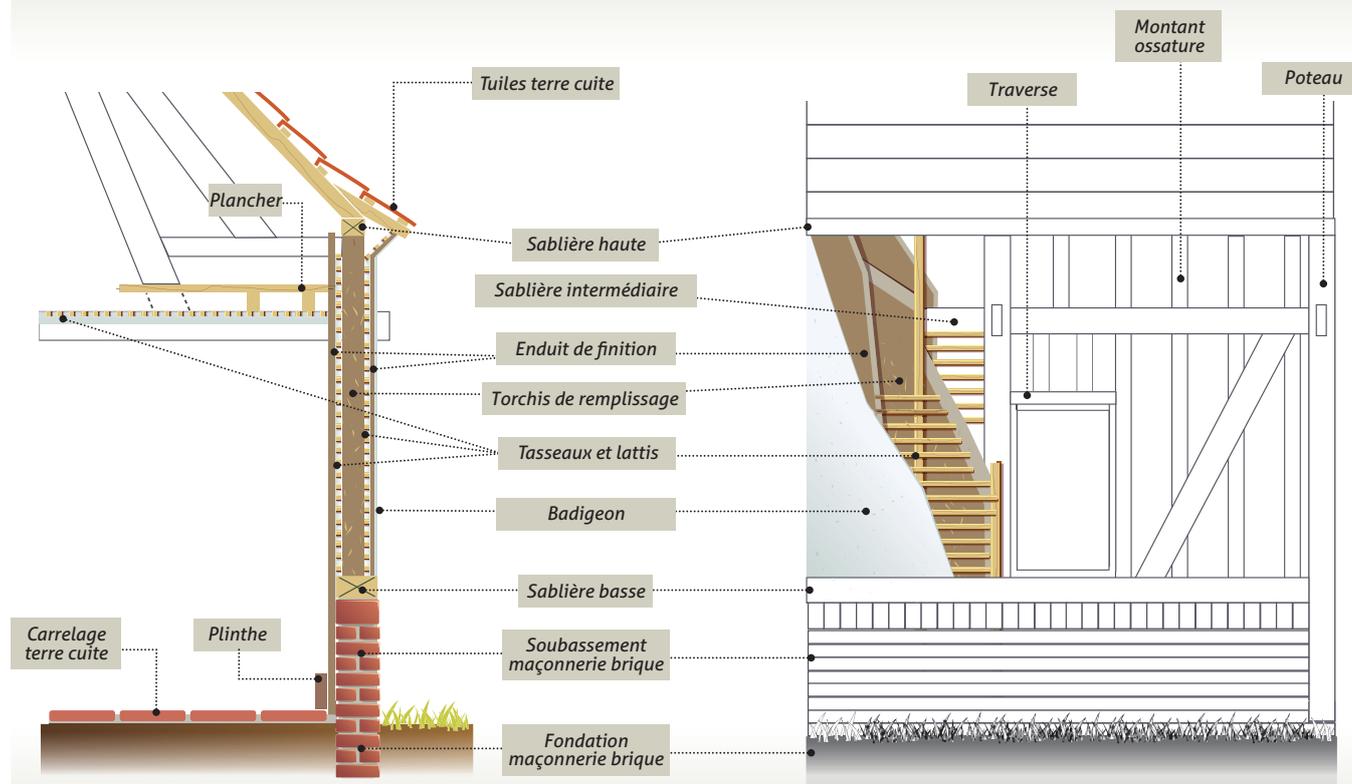
Le bâti en pan de bois et torchis est répandu en Picardie. Construit avec des matériaux locaux, il se compose d'un mur de soubassement en brique de terre cuite, souvent sans réelles fondations, puis d'une ossature en pan de bois (principalement des bois de faibles sections) avec un remplissage de torchis recouvert d'un enduit de finition appelé « plafond picard ».



Crédit photo : CoDEM Picardie

Maison Picarde en pan de bois et torchis.

Terminologie des composants de la maison Picarde en pan de bois et torchis



© CoDEM Picardie

QUE DIT LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE SUR L'EXISTANT ?

Les bâtiments construits avant 1948 sont soumis à la réglementation thermique dite « RT existant, éléments par éléments », néanmoins des précautions sont prises quant au respect et à la pérennité du bâti : ainsi, l'isolation des parois opaques n'est pas exigée pour les matériaux anciens (article 2 – arrêté du 3 mai 2007), en raison de risque d'isolation rapportée non compatible avec le mur d'origine.

Les travaux sur des bâtiments protégés au titre du patrimoine. Pour les monuments historiques ou les bâtiments situés en espace protégé et bénéficiant d'une réglementation spécifique, des dispositions particulières existent, se renseigner auprès du service territorial de l'architecture et du patrimoine.

2 Stratégie de réhabilitation

2.1 MÉTHODOLOGIE ET APPROCHE GLOBALE

Avant d'engager des travaux, quelques recommandations générales :

- **Réaliser un diagnostic global du bâti et de son état de conservation (désordres et performance énergétique initiale).** La maison picarde en pan de bois et torchis est sujette à certaines pathologies récurrentes détaillées en page 7 de ce document. **Etablir la liste des travaux de réparation de l'existant.** Sur le volet performance énergétique, le bon sens amène à travailler en **priorité sur la réduction des besoins de chauffage** par l'étude du profil bioclimatique et l'isolation des parois.
- **Avoir une approche globale des travaux :** une réhabilitation lourde est aussi l'occasion de repenser l'usage du bâtiment et d'y intégrer les modifications qui vont rendre le bâtiment plus adapté à nos modes de vie actuels et futurs ou qui vont impacter le confort, l'accessibilité, etc... S'assurer de ne pas dégrader la situation en matière de sécurité contre l'incendie, améliorer le confort sans dégrader la qualité de l'air. Saisir les opportunités, ex : si l'électricité doit être refaite on positionnera le tableau électrique dans le volume chauffé pour faciliter le traitement de l'étanchéité à l'air.
- **Définir les travaux prioritaires** pour améliorer la performance énergétique et le confort dans le bâtiment. On traitera les sujets dans l'ordre suivant :
 - Supprimer tous les désordres (on veillera à avoir une structure solide, des supports sains)
 - Ventilation
 - Toiture
 - Murs
 - Menuiseries (fenêtres, portes)
 - Sol / plancher bas
 - Système de chauffage
- **Etablir une liste complète incluant les réparations et les travaux ayant une incidence sur les usages et la performance énergétique.** En se faisant une idée globale des travaux à réaliser on peut envisager des économies d'échelle et des solutions de réparations qui seront compatibles avec le niveau de performance énergétique attendu et l'amélioration de la qualité d'usage. Par exemple si l'on doit reprendre des éléments de structure, il faut se poser la question du traitement de l'étanchéité à l'air aux interfaces avec les éléments remplacés ou réparés; dans ce cas, identifier et dessiner les détails des solutions d'étanchéité à l'air à mettre en œuvre.
- **Envisager une réhabilitation totale ou par étapes.** Quelles que soient les possibilités financières, il convient d'avoir cette approche globale de la réhabilitation afin d'identifier tous les points à améliorer. Si le budget mobilisable permet de réaliser la totalité des travaux, ça n'en sera que bénéfique. Si le budget est contraint, il faudra réaliser un phasage des opérations qui permettra de réaliser en priorité les travaux ayant le plus d'impact sur la performance et ceux qui seront impossibles par la suite. On en profitera pour intégrer les utilités qui anticipent la réalisation des travaux futurs (réservations, passages de gaines, etc...). Il s'agit de ne pas mettre en péril financièrement et techniquement le potentiel d'économie d'énergie et les travaux à venir.

Je réhabilite ► Je ventile ► J'isole avant de changer le système de chauffage

IDÉES RECUES

« Détruire les murs et les remonter en parpaings coûtera moins cher. »

FAUX : Le bâti en pan de bois et torchis n'a pas de fondations. Pour reconstruire un mur d'aujourd'hui il est nécessaire de faire des fondations, ce qui peut s'avérer très coûteux et créer des déséquilibres structurels. Le bien perd sa valeur patrimoniale.

« Le bâti ancien doit respirer il ne faut surtout pas le rendre étanche à l'air. »

FAUX : Les infiltrations et exfiltrations d'air parasites par des défauts d'étanchéité peuvent amener des désordres considérables par la condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air. Ce phénomène peut s'installer dans les parois, aux interfaces avec les menuiseries ou la toiture par exemple. Par ailleurs, une fois réhabilité, le bâtiment rendu étanche à l'air doit impérativement être ventilé par un système adapté.

2.2 RÉALISER UN DIAGNOSTIC INITIAL

■ Savoir d'où l'on part pour savoir où l'on veut arriver

Pour optimiser la performance énergétique et le confort du bâtiment et pour mesurer l'efficacité des travaux il est important de connaître le point de départ pour identifier les axes de progrès.

« Etablir ou actualiser les plans du bâtiment existant et de son environnement proche » est le point de départ de toute planification et de toute étude de projet, ils sont indispensables et serviront à chaque étape du projet de réhabilitation.

Faire une analyse des consommations d'énergie à l'aide des factures des années précédentes. Réaliser une étude thermique pour faire les choix les plus judicieux et identifier les bouquets de solutions les plus avantageux au regard des performances attendues et des capacités de financement du maître d'ouvrage.

■ Identifier la composition et l'état de conservation des éléments structurels et de remplissage du bâti.

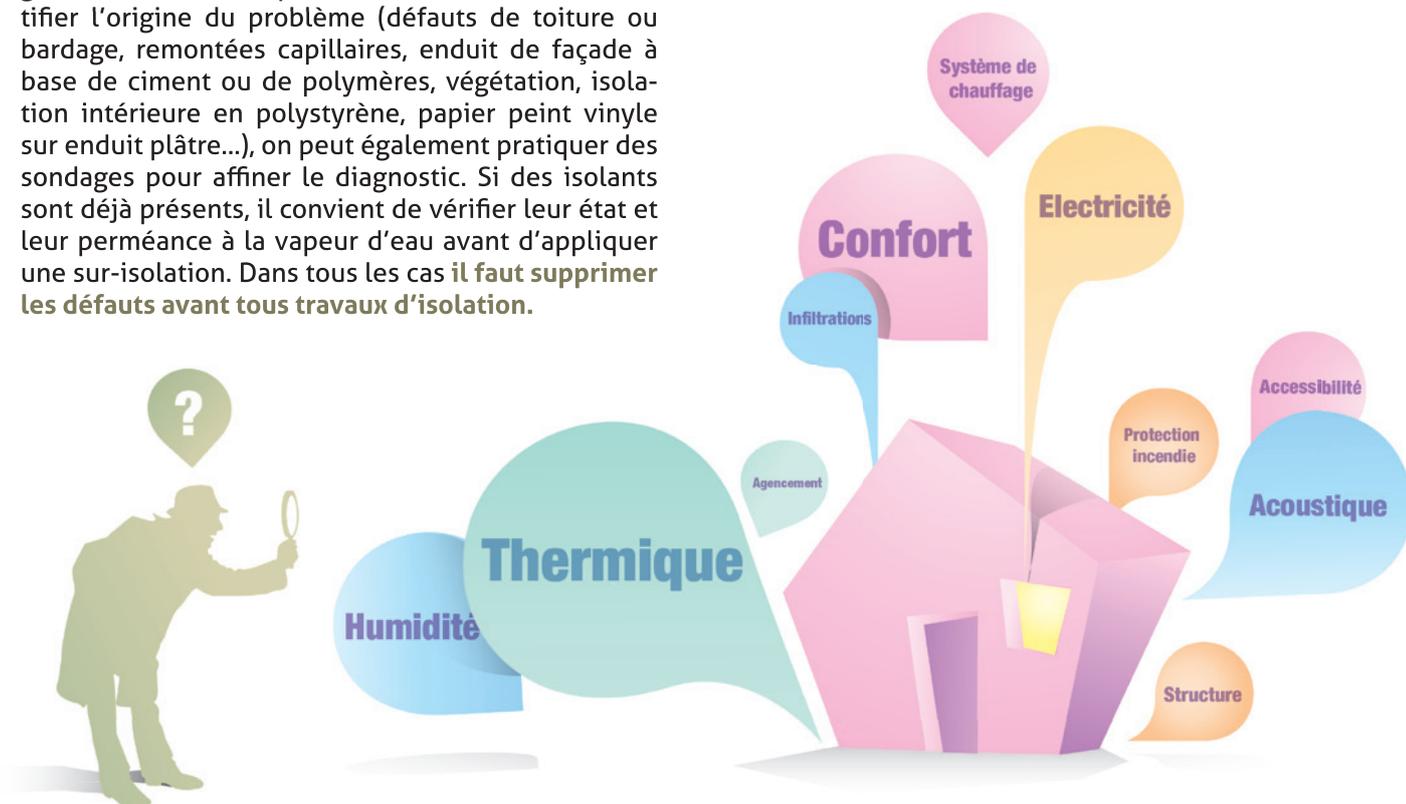
En particulier, on veillera aux sablières, poteaux corniers, pans de bois, maçonneries... En cas d'altérations de type pourrissement, moisissure, champignons, effritements, parasites du bois, il faut identifier l'origine du problème (défauts de toiture ou bardage, remontées capillaires, enduit de façade à base de ciment ou de polymères, végétation, isolation intérieure en polystyrène, papier peint vinyle sur enduit plâtre...), on peut également pratiquer des sondages pour affiner le diagnostic. Si des isolants sont déjà présents, il convient de vérifier leur état et leur perméance à la vapeur d'eau avant d'appliquer une sur-isolation. Dans tous les cas **il faut supprimer les défauts avant tous travaux d'isolation.**

■ Identifier le cheminement de l'eau sur tous les éléments de façade et de toiture de manière à prévenir toute infiltration d'eau dans l'enveloppe du bâtiment.

Vérifier l'état général et l'étanchéité des éléments d'évacuation de l'eau de pluie et d'éventuels stockages :

- Débords de toiture
- Gouttières
- Descentes d'eau, dauphins, caniveaux et points d'infiltration ou de récupération
- Interfaces murs torchis / sablière basse / soubassement brique (larmiers, solins...)
- Écoulement de l'eau sur tous les éléments en saillie sur la façade
- Etat des abords du soubassement en brique pour éviter le rejaillissement

■ Identifier les atouts et contraintes de son implantation au regard des apports solaires, de l'exposition aux vents et à la pluie, des usages, etc... Une première étude sur le volet « bioclimatisme » permet de faire ressortir les opportunités de modifications des façades et des toitures en vue d'améliorer les apports solaires et de tirer le meilleur parti de l'environnement immédiat.



3 Spécificités des techniques constructives

3.1 PATHOLOGIES COURANTES

La majeure partie des pathologies est liée à des problèmes d'humidité, les sources en sont diverses : Les infiltrations d'eau par des défauts de couverture, les remontées capillaires, les défauts d'étanchéité à l'air, les mauvais revêtements intérieurs et extérieurs qui empêchent le séchage, ...

Crédit photo : Carpentier Charpente Construction Bois

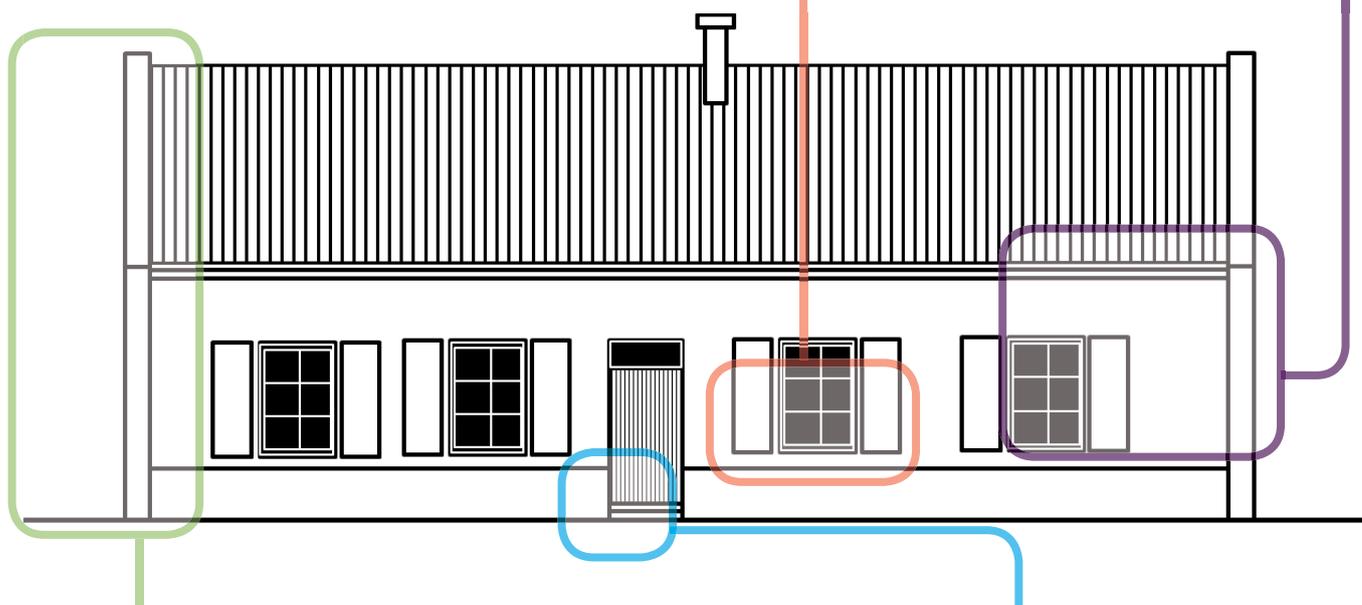


Peinture épaisse, mur enduit de ciment et isolation par l'intérieur avec pare-vapeur ont eu raison de la sablière.



Un petit défaut de gouttière et un mur recouvert d'un enduit au ciment, ont provoqué un pourrissement des bois de structure qui ne pouvaient plus sécher.

Crédit photo : Carpentier Charpente Construction Bois



Décollement du pignon, puis infiltration d'eau et ruine des assemblages de charpente et du torchis



- 1. • Décollement du pignon
- Infiltration de l'eau de pluie
- Craquellement du torchis



- 2. • Désintégration des assemblages de la charpente
- Désordre dans la structure
- Dégradation du torchis

Derrière la peinture grise le poteau est décomposé. Il n'assure plus son rôle structurel, la peinture utilisée a bloqué le séchage du poteau provoquant son pourrissement. Les joints de briques en mortier de ciment diminuent la capacité de séchage du mur et contribuent à un environnement humide du poteau.



Crédit photo : Carpentier Charpente Construction Bois

3.2 L'HUMIDITÉ DANS LES MURS

La maison picarde est composée de matériaux qui, par nature, absorbent de l'eau sous forme liquide ou sous forme de vapeur. En effet, que ce soit la brique, le bois, le torchis ou la chaux, tous ces matériaux vont, suivant les conditions climatiques et les conditions d'usage, accumuler de l'humidité puis l'évacuer en séchant.

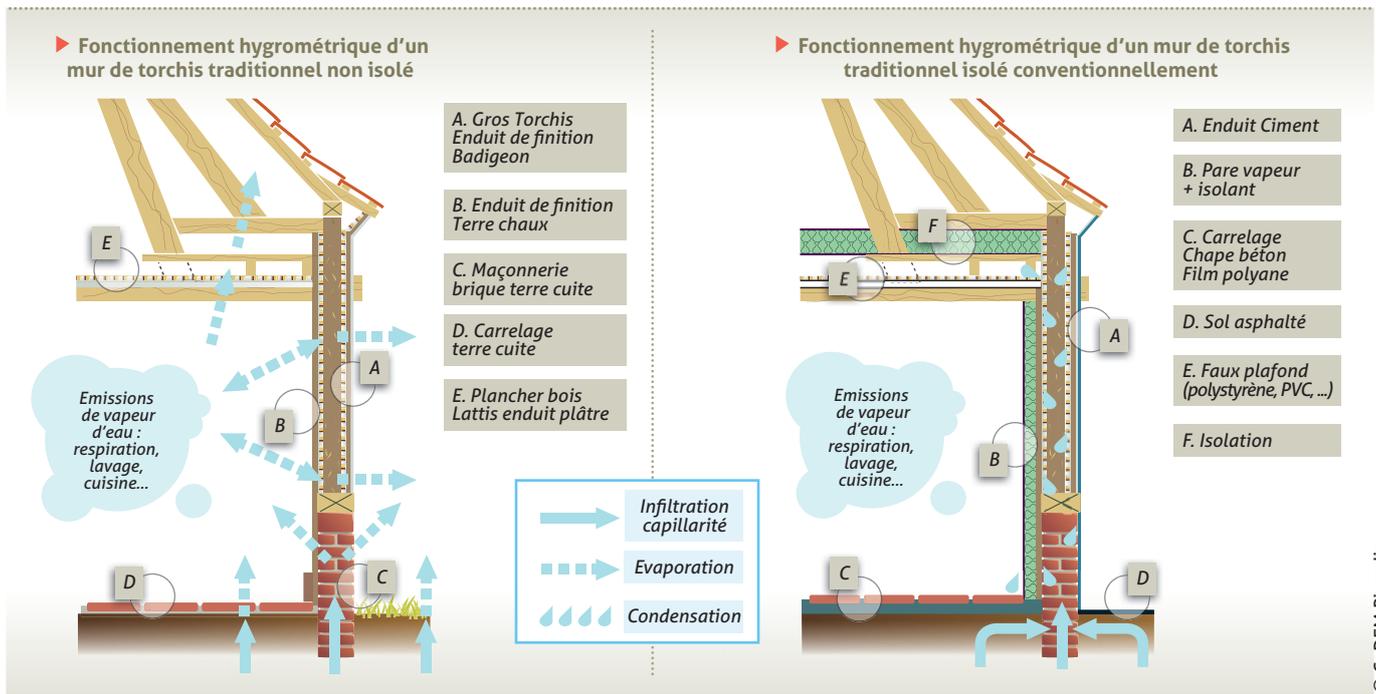
Si :

- Les infiltrations d'eau sont traitées (toiture, gouttières, etc.),
 - les éventuelles remontées capillaires sont réduites,
 - la capacité de séchage des parois vers l'extérieur et vers l'intérieur est maintenue ou rétablie,
- alors le bâti traversera les années sans dommages.

On veillera donc à maintenir ou à recréer une ventilation maîtrisée du bâtiment de manière à évacuer l'humidité générée par les activités humaines (respiration, douche, cuisson, lavage, etc..) afin de limiter la pénétration de vapeur dans le bâti et à favoriser son séchage.

Une réhabilitation durable impose de :

- **Supprimer les infiltrations**
- **Réduire les sources d'humidité**
- **Rétablir ou Améliorer la capacité de séchage du mur**



© CoDEM Picardie

Les composants de parois à proscrire, nécessitant une intervention avant toute isolation

	Enduit ciment ou organique extérieur	Par son caractère « fermé » ($\mu=85$ à 1200) limite la capacité de séchage du mur vers l'extérieur. Il doit être remplacé par un enduit plus perméable à la vapeur d'eau (type enduit à la chaux)
	Lattis + torchis	Matériau hygroscopique et capillaire qui présente une résistance thermique relativement faible.
	Pan de bois + torchis	Renforce moyennement l'inertie du bâtiment. Torchis $\mu = 10$ à 12
	Lattis + torchis ou Enduit plâtre	Matériaux hygroscopiques et capillaires qui présentent une résistance thermique relativement faible. Enduit plâtre courant $\mu = 8$
	isolant polystyrène (même très fin)	Par son caractère fermé ($\mu=60$) annule la capacité de séchage du mur vers l'intérieur. Il doit être déposé.
	Papier peint vinyle	($\mu > 10000$) très fermé à la diffusion de vapeur, le papier peint vinyle empêche tout séchage du mur vers l'ambiance intérieure.

Exemple de composition de murs sujets à pathologies dans la maison picarde, de l'extérieur vers l'intérieur.

On distinguera en vert les matériaux plutôt « perméables à la vapeur d'eau » et en rouge les matériaux plutôt « fermés à la diffusion de vapeur » et à proscrire pour ce type de murs.

4 Réhabilitation thermique de la toiture

La toiture est le premier poste de déperdition thermique des bâtiments, l'isolation de la toiture ou des combles doit être traitée prioritairement. Avant tous travaux, on s'assurera du bon état de la charpente et de la bonne étanchéité à la pluie de la couverture.

QUE DIT LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE SUR L'EXISTANT ?

Planchers de combles perdus : une résistance thermique minimale R de $4,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ est exigée, c'est à dire environ 15 à 20 cm d'isolant thermique selon le type de matériau.

Rampants de toiture de pente inférieure 60° : une résistance thermique minimale R de $4 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ est exigée. La résistance thermique minimale peut être réduite jusqu'à $3 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ lorsque, dans les locaux à usage d'habitation, les travaux d'isolation entraînent une diminution de la surface habitable des locaux concernés supérieure à 5 % en raison de l'épaisseur de l'isolant.

Objectif valeur R : L'isolation de la toiture est plus simple et plus rentable que l'isolation des murs, c'est pourquoi, il est intéressant de traiter l'isolation des combles au-delà du strict niveau réglementaire trop peu exigeant, et viser une résistance thermique plus proche de $R = 10 \text{ W.m}^2/\text{K}$.

Nota :

Toutes les valeurs de résistances thermiques R indiquées dans ce document ne tiennent pas compte des résistances superficielles, ainsi que des éventuels ponts thermiques intégrés, notamment liés à l'usage du bois en structure.

4.1 ISOLATION DES COMBLES NON AMÉNAGÉS

Gestion de la vapeur d'eau dans l'isolant

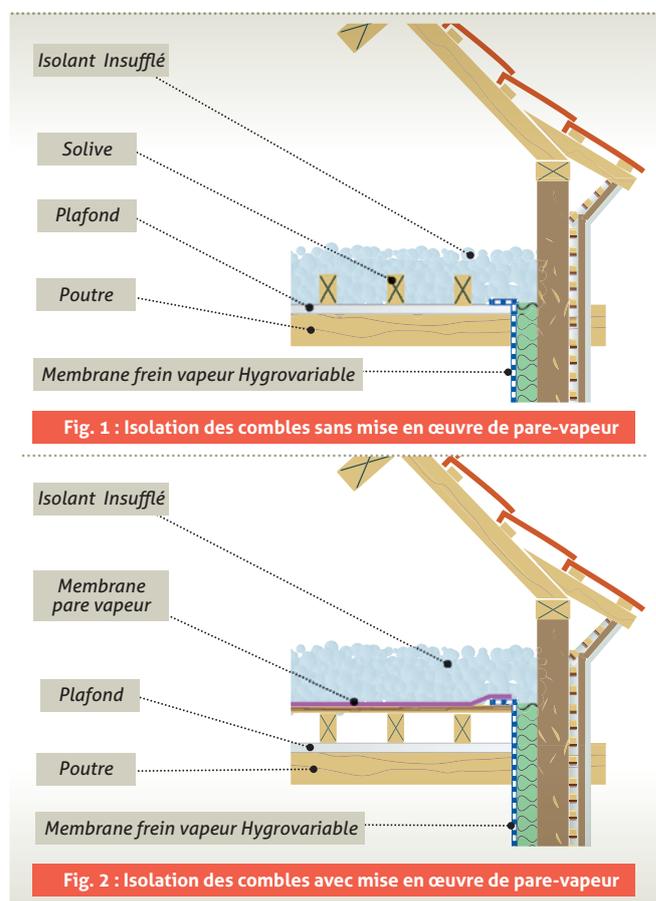
Il convient de le vérifier systématiquement, mais en règle générale, les combles de ces bâtiments anciens sont considérés comme correctement ventilés. Avec des isolants fibreux, et si aucune surface de répartition (type plancher) ne vient recouvrir l'isolant, il n'est pas strictement nécessaire de mettre en œuvre un pare-vapeur côté chaud (face inférieure de l'isolant insufflé).

Figure 1 : Le comble ne présente pas de plancher.

Le plafond est en bon état, il ne présente pas de fissures ni de trous, il est en mesure de supporter le poids de l'isolant rapporté. On veillera à raccorder correctement le système d'étanchéité à l'air du mur (sur la figure le frein-vapeur) au plafond existant, de manière à obtenir une étanchéité à l'air entre le volume chauffé et les combles. Le comble étant correctement ventilé, il n'y aura pas de désordres liés à la condensation dans l'isolant.

Figure 2 : Le comble présente un plancher.

On mettra en œuvre une membrane pare-vapeur sur le plancher en veillant à assurer une continuité de l'étanchéité à l'air en assurant un recouvrement et un liaisonnement (ex: adhésif, colle...) des lés entre les 2 membranes, de manière à obtenir une étanchéité à l'air parfaite entre le volume chauffé et les combles. On s'assurera que l'isolant des murs se prolonge bien au niveau supérieur du plancher, de manière à ne pas créer un pont thermique à ce niveau. En tout état de cause, si le plafond doit être déposé pour être refait c'est le moment d'y intégrer une membrane pare-vapeur. Correctement raccordée au frein-vapeur du mur ou au système d'étanchéité à l'air du mur, elle permettra d'atteindre une très bonne performance d'étanchéité à l'air entre le volume chauffé, les combles et l'extérieur.



L'insufflation d'isolants en vrac

Les isolants en vrac ou en flocons sont fabriqués à partir de ouate de cellulose, de fibres minérales, ou de fibres de bois. Ils présentent l'avantage de combler les espaces difficilement accessibles. Leur mise en œuvre par soufflage ou insufflation est plus économique qu'une mise en œuvre d'isolant en rouleaux nécessitant des opérations de dé coupe et générant des chutes. Si aucune surface de répartition n'est prévue au-dessus de l'isolant, il est possible de mettre en œuvre une forte épaisseur d'isolant et d'atteindre facilement $R = 10 \text{ W.m}^2/\text{K}$ (soit environ 40 cm d'un isolant en vrac courant).



Comble non aménagé isolé avec un isolant insufflé en ouate de cellulose

Crédit photo : MOBéco

Avantages

- Facilité d'intervention
- Faible coût de fourniture et mise en œuvre

Inconvénient

- Si les combles sont isolés sans mise en œuvre d'un pare-vapeur, les combles perdus ne pourront pas recevoir ultérieurement une surface de répartition (type plancher) pour une utilisation en grenier (non chauffé) sans risque de créer de la condensation dans l'isolant.

Points de vigilance

- Si les combles non aménagés présentent une forte étanchéité à l'air (absence d'orifices de ventilation volontaire ou involontaire, présence d'un écran de sous toiture type polyane ou feutre bitumineux,...) un pare-vapeur côté chaud peut-être nécessaire.
- Le support (plafond/plancher) doit être étanche à l'air, aucun trou ni fente susceptible de nuire à l'isolation et de générer des condensations dans l'isolant.
- Si un isolant est déjà présent on vérifiera son état, s'il dispose d'un pare-vapeur on vérifiera sa bonne mise en œuvre (côté chaud) avant d'ajouter un complément d'isolant.
- Le support doit être exempt de toute trace d'humidité et devra résister au poids de l'isolant rapporté.
- L'isolant ne doit pas être comprimé dans son épaisseur.
- On veillera à mettre en œuvre des déflecteurs si les points de ventilation des combles risquent de provoquer des mouvements d'air susceptibles de déplacer l'isolant en flocons.
- Prendre connaissance des avis techniques ou DTA des produits pour traiter correctement les points singuliers : conduits de fumées, boîtes de dérivation électrique, trappes d'accès (étanches à l'air et isolées), spots encastrés, etc..

+ Pour aller plus loin :

Cahier de Prescription Technique 3693 du CSTB : Procédés d'isolation par soufflage d'isolant en vrac faisant l'objet d'un avis technique ou d'un document technique d'application.

Cahier de Prescription Technique 3647 du CSTB : Mise en œuvre des procédés d'isolation thermique rapportée en planchers de greniers et combles perdus faisant l'objet d'un avis technique, document technique d'application ou constat de traditionnalité.

Carnets Minifil : Étanchéité à l'air : dispositions constructives. Mémento de conception et de mise en œuvre à l'attention des concepteurs, artisans et entreprises du bâtiment. Novembre 2010. (ADEME, DGALN, CETE Lyon, CDPEA)

4.2 ISOLATION DES COMBLES NON AMÉNAGÉS AVEC SURFACE DE RÉPARTITION AU DESSUS DE L'ISOLANT

Gestion de la vapeur d'eau dans l'isolant

Les isolants fibreux trouvent naturellement leur place dans les combles, comparés aux isolants rigides moins faciles à mettre en œuvre et fermés à la diffusion de vapeur.

Ainsi, avec des isolants fibreux, dans le cas où une surface de répartition (type plancher) vient recouvrir l'isolant, il faut prévoir de mettre en œuvre un pare-vapeur côté chaud (face inférieure de l'isolant) pour éviter tout risque de condensation dans l'isolant. En effet, si l'isolant est recouvert avec des matériaux moins perméables à la vapeur que lui, il perd de sa capacité de séchage vers les combles ventilés.

Isolation

Si on dépose le plafond existant, on pourra mettre en œuvre un pare-vapeur sous le solivage. Ce qui permet une mise en œuvre plus facile et plus soignée de celui-ci notamment pour le traitement de la continuité avec le frein-vapeur des murs.

Il sera possible d'ajouter des lambourdes sur le solivage existant pour augmenter l'épaisseur entre le plafond du rez-de-chaussée et le nouveau plancher de grenier, laissant ainsi la place à une épaisseur d'isolant (figure 2) significative. En effet les solives ne sont souvent pas suffisamment hautes pour y insérer une épaisseur d'isolant satisfaisante. L'isolation des combles non aménagés étant une des opérations les plus rentables énergétiquement il convient de viser une épaisseur d'isolant au minimum de 25 cm ($R \approx 6.25$), une épaisseur de 25 à 40 cm ($R \approx 6.25$ à 10) étant souhaitable.

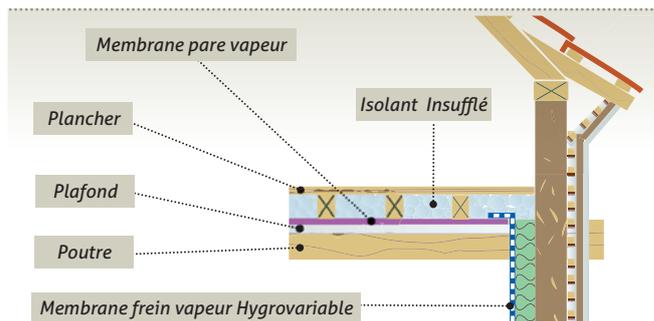


Fig. 1 : pare-vapeur rapporté par dessous à l'occasion de la dépose du plafond

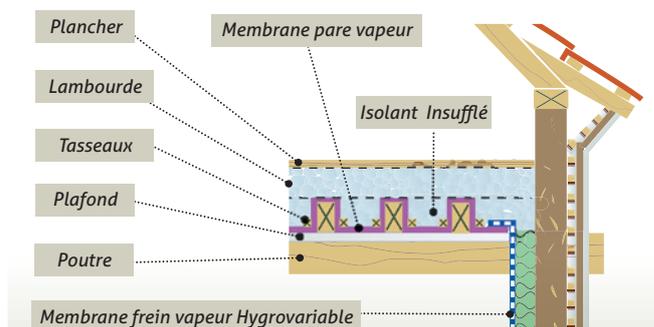


Fig. 2 : pare-vapeur posé par le dessus du plafond existant

Étanchéité à l'air

On veillera à raccorder correctement l'élément étanche à l'air de la paroi verticale au nouveau pare-vapeur, de manière à avoir une parfaite continuité de l'étanchéité à l'air entre murs et plafonds. (sur les illustrations l'élément constituant l'étanchéité à l'air du mur étant la membrane hygrovariable).

Avantage

- Possibilité d'utilisation des combles en grenier.

Inconvénient

- Nécessite obligatoirement la mise en œuvre d'un pare-vapeur côté chaud.

Points de vigilance

- Le support qui va recevoir l'isolant doit être exempt de toute trace d'humidité.
- Le support devra résister au poids de l'isolant rapporté.
- Si l'on met en œuvre un isolant fibreux déjà équipé d'un pare-vapeur, on prendra soin de placer le côté pare-vapeur vers le bas (côté chaud).
- L'isolant ne doit pas être comprimé dans son épaisseur.
- On veillera à mettre en œuvre des déflecteurs si les points de ventilation des combles se situent au niveau de l'isolant rapporté.
- Prendre connaissance des avis technique ou DTA des produits pour traiter correctement les points singuliers, notamment le traitement des conduits de fumées, les boîtes de dérivation électrique, les trappes d'accès, les spots encastrés, les déflecteurs, etc...

+ Pour aller plus loin :

Cahier de Prescription Technique 3693 du CSTB : Procédés d'isolation par soufflage d'isolant en vrac faisant l'objet d'un avis technique ou d'un document technique d'application.

Cahier de Prescription Technique 3647 du CSTB : Mise en œuvre des procédés d'isolation thermique rapportée en planchers de greniers et combles perdus faisant l'objet d'un avis technique, document technique d'application ou constat de traditionalité.

Carnets Minifil : Étanchéité à l'air : dispositions constructives. Mémento de conception et de mise en œuvre à l'attention des concepteurs, artisans et entreprises du bâtiment. Novembre 2010. (ADEME, DGALN, CETE Lyon, CDPEA)

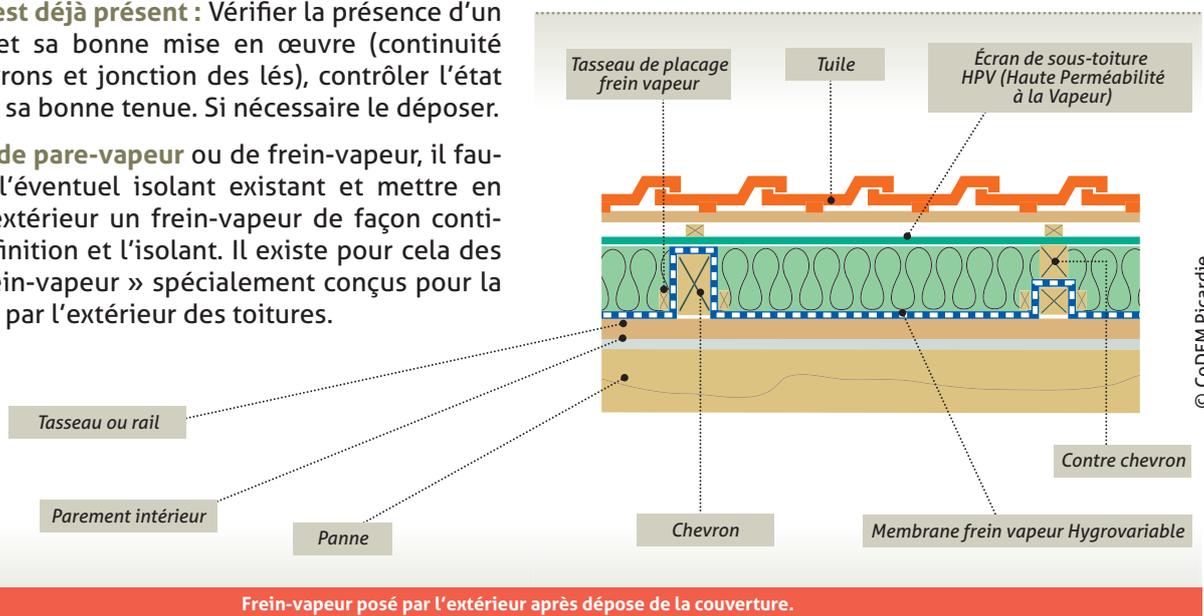
4.3 ISOLATION DES COMBLES AMÉNAGÉS DEPUIS L'EXTÉRIEUR

Les deux solutions présentées ci-après sont particulièrement intéressantes si l'état de la couverture nécessite une intervention lourde, on profitera alors de la dépose de la couverture pour effectuer les travaux d'isolation.

Solution 1 : Par ajout d'isolant dans l'épaisseur des chevrons (finition intérieure conservée)

Si un isolant est déjà présent : Vérifier la présence d'un pare-vapeur et sa bonne mise en œuvre (continuité sous les chevrons et jonction des lés), contrôler l'état de l'isolant et sa bonne tenue. Si nécessaire le déposer.

Si il n'y a pas de pare-vapeur ou de frein-vapeur, il faudra déposer l'éventuel isolant existant et mettre en œuvre par l'extérieur un frein-vapeur de façon continue entre la finition et l'isolant. Il existe pour cela des produits « frein-vapeur » spécialement conçus pour la réhabilitation par l'extérieur des toitures.



L'isolant

On peut choisir de mettre un isolant fibreux végétal ou minéral, souple ou semi-rigide.

Si l'épaisseur disponible pour isoler depuis l'extérieur est insuffisante au regard du niveau de performance à atteindre :

- On peut envisager un contre chevronnage pour augmenter l'épaisseur disponible entre les élément de couverture et le pare vapeur (partie droite de l'illustration)
- On peut pratiquer une sur-isolation par l'extérieur en rapportant un isolant rigide supplémentaire au dessus des chevrons qui servira de support de couverture. Se reporter au paragraphe suivant (solution 2)

Avantages

- Pas de dépose des parements intérieurs des combles aménagés.
- Cette solution peut être couplée à une isolation par l'extérieur (solution 2 ci après). En ajoutant de l'isolant dans l'épaisseur des chevrons on diminue la hauteur de la toiture.

Inconvénients

- Épaisseur d'isolant limitée par l'épaisseur des chevrons.
- Mise en œuvre correcte du pare-vapeur par l'extérieur nécessite beaucoup de soin.
- En apportant une épaisseur supplémentaire sur les chevrons, on modifie la hauteur finale de la toiture, ce qui peut être gênant dans les cas de bâtiments mitoyens et peut avoir un impact sur l'aspect général du bâtiment.

Point de vigilance

- Vérifier la capacité de reprise de charge liée à la masse d'isolant rapportée.

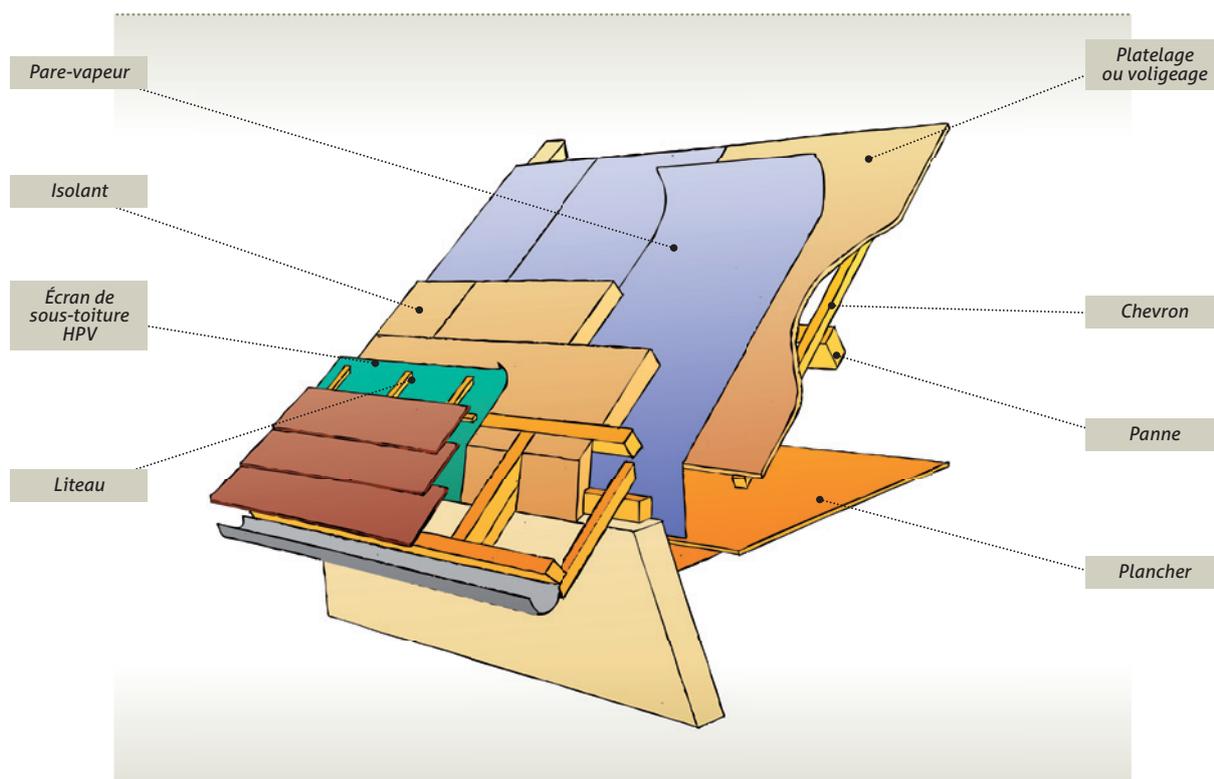
+ Pour aller plus loin :

Isolation des combles aménagés Produits en rouleaux, panneaux (Guide pratique Développement durable, CSTB, février 2011)

Solution 2 : Par ajout d'isolant posé sur les chevrons ou sur les pannes (type sarking, caissons chevronnés ou panneaux sandwichs)

Cette solution consiste à déposer la couverture pour mettre à nu les chevrons. Ces derniers seront recouverts par des matériaux isolants rigides qui intégreront ou non la fonction « écran de sous toiture », puis recevront un lattage et contre lattage permettant de poser les éléments de couverture.

Dans le cas du « sarking » les chevrons seront conservés et serviront de support aux panneaux d'isolant rigides, une autre solution consiste à mettre en œuvre des caissons chevronnés directement sur les pannes.



Avantage	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ■ Pas de dépose des parements intérieurs des combles aménagés. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ En apportant une épaisseur supplémentaire sur les chevrons, on modifie la hauteur finale de la toiture, ce qui peut être gênant dans les cas de bâtiments mitoyens et peut avoir un impact sur l'aspect général du bâtiment. ■ Nécessite une certaine planéité et un alignement des chevrons.
Points de vigilance	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Se reporter systématiquement aux avis techniques (AT) ou au Document technique d'application (DTA) des produits à mettre en œuvre. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vérifier la capacité de reprise de charge liée à la masse d'isolant rapportée. ■ Assurer une continuité de l'étanchéité à l'air et de l'isolant entre le mur et la toiture.

+ Pour aller plus loin :

Isolation des combles aménagés Produits en rouleaux, panneaux (Guide pratique Développement durable, CSTB, février 2011)

4.4 ISOLATION DES COMBLES AMÉNAGÉS PAR L'INTÉRIEUR PRÉSENCE D'UN ÉCRAN DE SOUS TOITURE HPV

Ecran de sous toiture HPV

La toiture doit disposer d'un écran de sous toiture HPV correctement mis en œuvre. Un écran de sous toiture HPV est caractérisé par une valeur $S_d < 0,1m$, il permet une protection des combles aux pénétrations de neige poudreuse et d'eau de pluie par vent fort.

Isolation des combles aménagés par l'intérieur, état de la charpente

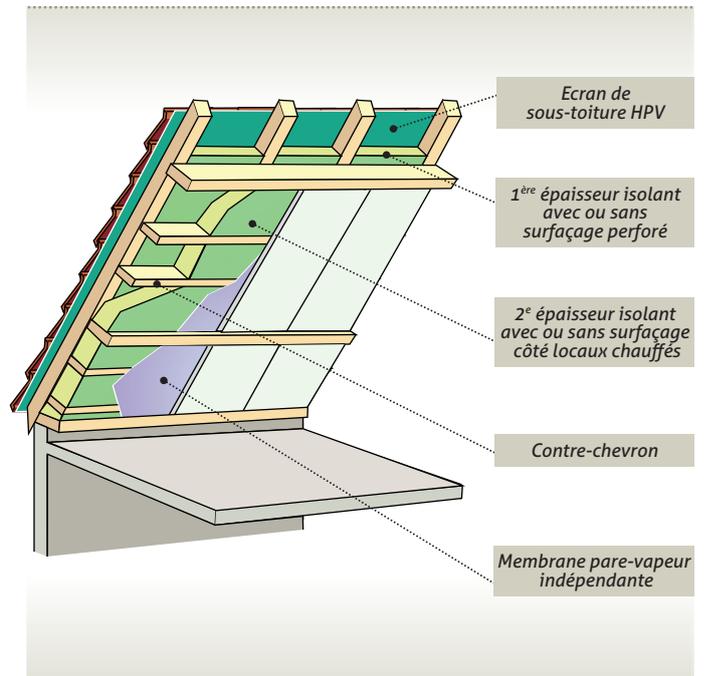
L'application de cette solution nécessite la dépose des parements intérieurs existants. L'isolation par l'intérieur consiste en la mise en œuvre d'isolant en rouleaux entre les chevrons, l'on s'assurera du bon état de la charpente (absence d'humidité, de champignons, d'insectes xylophages...) avant toute intervention car après l'isolation on ne pourra plus intervenir sur ces éléments.

Gestion de la vapeur d'eau dans l'isolant.

On sera attentif à la bonne mise en œuvre et la continuité du frein-vapeur côté intérieur (côté chaud) de manière à prévenir tout risque de condensation.

Choix de l'isolant

Les chevrons ne faisant pas plus de 10 cm de section, il faudra réaliser un contre chevronnage pour disposer d'une épaisseur d'isolation en phase avec les objectifs de performance attendus (de l'ordre de 25 à 35 cm au total pour un R de 6 à 9 m².W/K).



+ Pour aller plus loin :

Isolation des combles aménagés Produits en rouleaux, panneaux (Guide pratique Développement durable, CSTB, février 2011)

Cahier de Prescription Technique 3560 V2 juin 2009 du CSTB : mise en œuvre des procédés d'isolation thermique de combles

4.5 ISOLATION DES COMBLES AMÉNAGÉS PAR L'INTÉRIEUR PAS D'ÉCRAN DE SOUS TOITURE OU ÉCRAN NON HPV

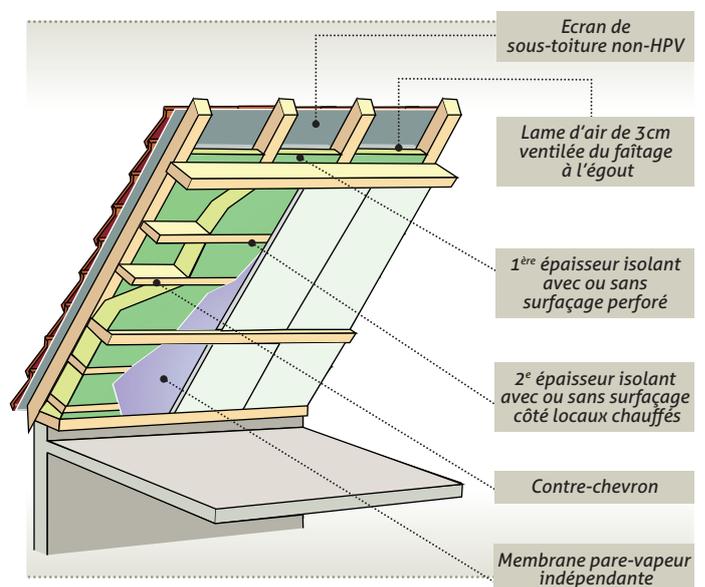
Ecran de sous toiture absent ou non HPV

Dans la typologie de bâtiments visés par ce guide il est fréquent qu'aucun écran de sous toiture ne soit en place ou alors qu'un écran de sous toiture non-HPV soit présent (type polyane, feutre bitumineux, isolant mince réfléchissant).

Dans ces 2 cas il est primordial de **préserver une lame d'air ventilée d'au minimum 3 cm entre l'isolant et la toiture** en tenant compte de l'éventuel foisonnement de l'isolant mis en œuvre. Cette lame devra être continue de l'égout au faîtage.

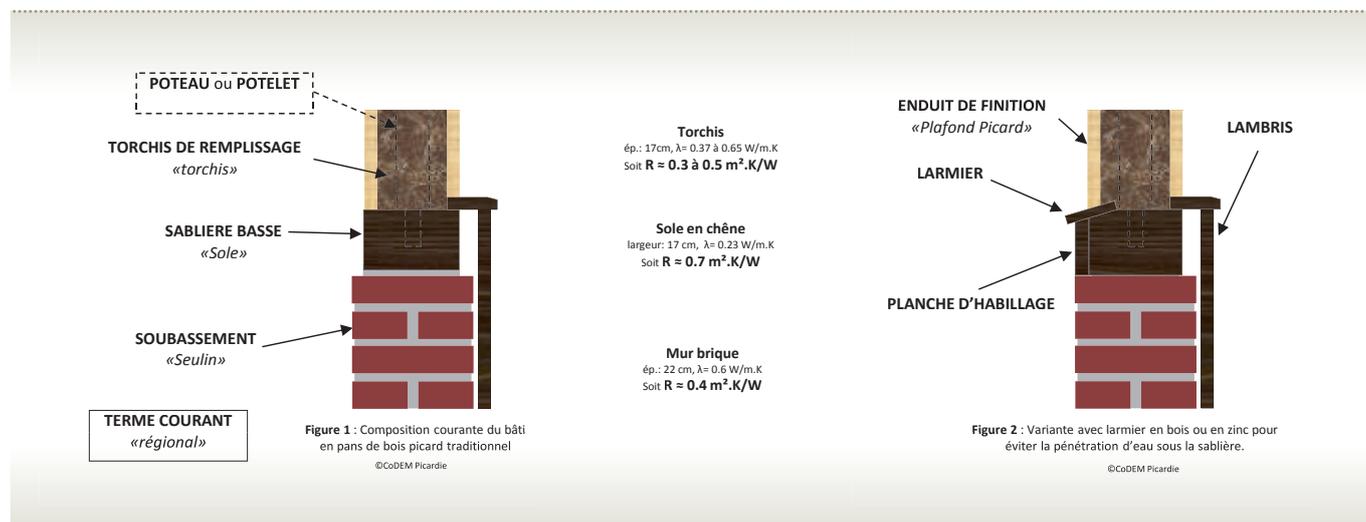
+ Pour aller plus loin :

Isolation des combles aménagés Produits en rouleaux, panneaux (Guide pratique Développement durable, CSTB, février 2011)



5 Réhabilitation thermique des murs

Réhabiliter des murs anciens en pan de bois et torchis est probablement l'étape la plus délicate de la réhabilitation de la maison paysanne picarde, ci-dessous deux schémas représentant les compositions de mur fréquemment rencontrées dans leur état initial.



La partie supérieure constituée de pan de bois avec remplissage en torchis présente une résistance thermique très faible (de l'ordre de $R = 0.3$ à 0.5 m².K/W) et une faible inertie thermique. Les enduits intérieurs à base de plâtre ou de chaux participent à réduire la sensation de paroi froide.

Les soubassements en brique qui jouent le rôle de fondations présentent une résistance thermique comparable à celle du torchis, par contre la brique offre une inertie thermique intéressante.

Les lambris couramment présents à l'intérieur, et habillant le mur de soubassement permettent de diminuer la sensation de paroi froide, les bois à faible densité comme le peuplier sont préférables aux bois lourds comme le chêne.

QUE DIT LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE SUR L'EXISTANT ?

Les bâtiments construits avant 1948 sont soumis à la réglementation thermique dite « RT existant, éléments par éléments ».

En ce qui concerne les réhabilitations du « bâti ancien ordinaire », des précautions sont prises quant au respect et à la pérennité du bâti : ainsi, l'isolation des parois opaques n'est pas exigée pour les matériaux anciens (article 2 – arrêté du 3 mai 2007), en raison de risque d'isolation rapportée non compatible avec le mur d'origine. Il n'y a donc pas de niveau de performance thermique (R) minimal à respecter, néanmoins les solutions présentées ci-après permettent l'ajout d'isolant tout en respectant le fonctionnement du mur.

5.1 CE QU'IL FAUT ÉVITER

⊗ **Enduire les murs en torchis avec un enduit fermé à la diffusion de vapeur type enduit ciment ou enduit organique (polymère).** Ce type de mur nécessite un enduit à forte perméabilité à la vapeur d'eau pour assurer une capacité de séchage du mur vers l'extérieur. Ainsi on procédera à la dépose systématique des enduits ciment ou organiques en façade et on les remplacera par un enduit ouvert à la diffusion de vapeur (type enduit à la chaux).

⊗ **Isoler par l'intérieur avec des matériaux fermés à la diffusion de vapeur** (comme le polystyrène, le polyuréthane, les isolants minces réfléchissants). Ces murs doivent conserver une capacité de séchage vers l'intérieur pour cela il faut assurer la continuité capillaire sur toute l'épaisseur du mur.

⊗ **Sur-isoler une paroi déjà isolée présentant un pare-vapeur ou tout autre élément fermé à la diffusion de vapeur.** Dans le cas où des isolants sont déjà présents, il convient de vérifier leur nature, leur compatibilité, leur état et leur perméance à la vapeur d'eau avant d'appliquer une sur-isolation. Les éléments comme les laines minérales avec pare-vapeurs ou les enduits ciments doivent être déposés.

5.2 ISOLATION INTÉRIEURE : CAS DES MURS ANCIENS EN BON ÉTAT

Le mur est en bon état, l'enduit extérieur et la finition intérieure sont très perméables à la vapeur d'eau ($\mu < 15$), les pans de bois et le torchis sont en bon état, il n'y a pas d'infiltration d'eau ni de remontées capillaires.

« Solution végétale »

Il est possible d'appliquer un isolant hygroscopique et capillaire (type fibre de bois, laine végétale...) directement sur le mur, ne pas ménager de lame d'air pour assurer une continuité capillaire entre le mur et l'isolant, et mettre en œuvre une membrane frein-vapeur (hygrovariable ou hygroréglable) avec soin. Identifier les solutions de traitement de l'étanchéité à l'air avant de commencer les travaux.



Crédit photo : CoDEM Picardie

« Solution minérale »

Il est possible de mettre en œuvre certains bétons cellulaires en panneaux (disponibles à partir de 60mm d'épaisseur) ou des produits silico-calcaires en panneaux (silicate de calcium microporeux, épaisseur à partir de 25mm). Ces panneaux se mettent en œuvre collés par un mortier adapté. Un primaire d'accrochage peut être nécessaire en fonction du support. Ceci ne peut être réalisé que sur des murs relativement plans et droits. A défaut, il faut procéder à un enduit de rattrapage pour ramener une bonne planéité de la paroi. Il ne faut pas créer de lame d'air derrière les panneaux isolants afin d'assurer une continuité capillaire.

Crédit photo : CalsiTherm



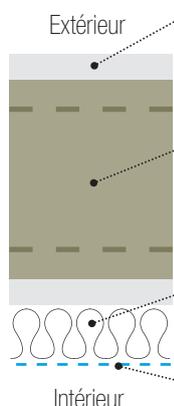
<p>Torchis + isolant Laine végétale 6 cm initial + 6 cm avec $\lambda = 0.04$ W/m.K R = 1.7 à 1.9 m².K/W</p> <p>Mur brique + isolant Liège 4 cm Initial + 4 cm, $\lambda = 0.04$ W/m.K, soit R = 1.4 m².K/W</p> <p>Frein-vapeur (hygroréglable) *</p>	<p>Torchis + isolant minéral cellulaire 10 cm initial + 10 cm avec $\lambda = 0.045$ W/m.K R = 2.4 à 2.6 m².K/W</p> <p>Mur brique + isolant minéral cellulaire 8 cm initial + 8 cm avec $\lambda = 0.045$ W/m.K R = 2.1 m².K/W</p>	<p>Torchis + isolant fibre de bois composite 14 cm initial + 14 cm avec $\lambda = 0.041$ W/m.K R = 3.6 à 3.8 m².K/W</p> <p>Mur brique + isolant Liège 12 cm Initial + 12cm, $\lambda = 0.04$ W/m.K, soit R = 3.3 m².K/W</p>
<ul style="list-style-type: none"> ■ Nécessite la mise en œuvre d'un frein-vapeur hygroréglable. ■ Prévoir les précautions nécessaires si encastrement d'appareil d'éclairage au contact de l'isolant végétal (prévention du risque incendie) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Nécessite un support plan. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Doit recevoir un enduit intérieur spécifique (frein-vapeur) ou une membrane adaptée + doublage.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Possible en faible épaisseur. ■ Les laines végétales (lin, chanvre, bois...) légèrement compressées épousent les irrégularités du mur et assurent la continuité capillaire. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ De par sa nature imputrescible, solution à privilégier lorsqu'il subsiste un risque de remontées capillaires. ■ Peut recevoir un enduit chaux intérieur. ■ Possibilité d'appliquer des épaisseurs d'isolant minéral jusqu'à 20 cm. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ La fibre de bois souple épouse les irrégularités du mur et assure la continuité capillaire.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Ne pas mettre en œuvre un isolant fibreux biosourcé sur le soubassement si présence de remontées capillaires. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Nécessite de dresser le mur avec un enduit adapté pour assurer la continuité capillaire. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pas de produits en dessous de 12 cm ■ Ne pas mettre en œuvre un isolant fibreux biosourcé sur le soubassement si présence de remontées capillaires.

* Cette indication de performance est directement liée aux épaisseurs des isolants mis en œuvre. En augmentant les épaisseurs des isolants la performance augmente.

Isolation du mur : soubassement - pan de bois

Dans les cas présentés ci-dessus, on pourra traiter de manière différente le soubassement en brique et les pans de bois. Si le risque de remontées capillaires est fort, on privilégiera un soubassement isolé par un matériau imputrescible (Liège, béton cellulaire isolant ou panneaux silico calcaires) et on pourra utiliser des isolants biosourcés pour la partie en pan de bois.

Composition de la paroi pan de bois saine isolée par l'intérieur



Enduit perméable à la vapeur

de par son caractère « ouvert » ($\mu=7$) autorise le séchage du mur vers l'extérieur. L'enduit traditionnel appelé « plafond picard » est tout à fait adapté.

Lattis + torchis + Pan de bois + Lattis + enduit torchis et/ou plâtre

Matériaux hygroscopiques et capillaires. Torchis $\mu = 10$ à 12 , $\lambda = 0.4$ W/m.K. à 0.7 W/m.K Enduit plâtre courant $\mu = 8$

Pour un mur de 18 cm, la résistance thermique du torchis vaut $R = 0.3$ à 0.5 m².K/W

Isolant hygroscopique et capillaire

Peuvent être utilisés des produits comme : la fibre de bois, les laines végétales (bois, chanvre, lin), des blocs ou panneaux silico calcaires et bétons cellulaires

4 à 10 cm d'isolant amène une résistance thermique supplémentaire $R = 1$ à 2.5 m².K/W

Membrane frein-vapeur

Les membranes hygro réglables ou hydrovariables évitent à la vapeur d'eau de l'ambiance intérieure de pénétrer l'isolant et le mur, mais permettent, en été, à la vapeur d'eau contenue dans le mur de s'échapper vers l'ambiance intérieure : le mur peut sécher.

5.3 MURS ANCIENS EN BON ÉTAT / ALTERNATIVE

Augmenter l'épaisseur des parois n'est pas toujours réalisable si cela réduit les surfaces intérieures.

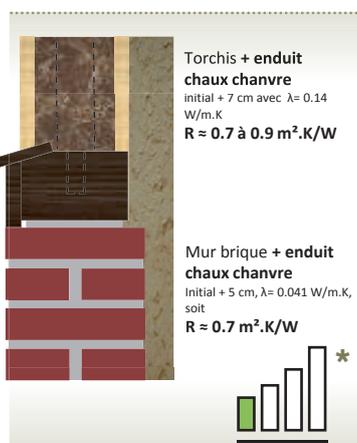
Correction thermique

Si l'isolation avec de fortes épaisseurs est impossible pour des problèmes d'espace, la stratégie consiste en une correction thermique par l'application d'un enduit isolant de 5 à 8 cm, perméable à la vapeur d'eau, qui va renforcer le caractère isolant du mur et diminuer la sensation de paroi froide.

On recherchera alors des matériaux ouverts à la diffusion de vapeur (valeur μ la plus faible) pour conserver une capacité de séchage du mur vers l'intérieur et à

faible effusivité thermique pour limiter la sensation de paroi froide (valeur b la plus faible) et pour le côté isolant on prendra la conductivité thermique la plus faible (Se reporter au tableau suivant).

Il existe des solutions à partir d'enduits chaux-chanvre, d'enduits à base de chaux contenant de la perlite ou des silices expansées. Chez nos voisins suisses il y a même des enduits à très hautes performances qui contiennent des aérogels de silice.



Revêtements intérieurs	coef μ	λ : conductivité en W / m.K	b : effusivité Wh ^{1/2} m ^{1/2} .K ^{1/2}
Enduit de ciment (2000kg/m3)	85	1,2	24
Torchis dense (1600 kg/m3)	10-12	0,65	17
Enduit de chaux (1600kg/m3)	7	0,7	16
Brique de terre cuite (1800kg/m3)	15	0,6	16
Enduit plâtre courant intérieur (1150kg/m3)	8	0,57	14
Torchis moyen (1440kg/m3)	10-12	0,37	12
Plaque de plâtre (850kg/m3)	6	0,2	6
enduit isolant chaux chanvre (800kg/m3)	9	0,14	6

* Cette indication de performance est directement liée aux épaisseurs des isolants mis en œuvre. En augmentant les épaisseurs des isolants la performance augmente.

+ Pour aller plus loin :

Règles professionnelles d'exécution d'ouvrages en béton et mortiers de chanvre (Construire en Chanvre, juillet 2012, SEBTP)

5.4 ISOLATION INTÉRIEURE : CAS DE MURS ANCIENS DÉGRADÉS

Le mur est dégradé, les bois présentent des désordres.

Dépose du torchis ▶ Réparations ▶ Repose du torchis
▶ Isolation

Les éléments structurels (pans de bois, maçonneries) nécessitent des réparations, dans ce cas la dépose du torchis paraît inévitable. Il est alors possible de déposer le torchis et de le conserver pour le remettre en œuvre après les réparations structurelles. On se reportera au paragraphe 5.2 pour l'isolation.

Dépose du torchis ▶ Réparations ▶ Remplissage en béton végétal ▶ Isolation

Une alternative au torchis traditionnel est de remplacer le système lattis extérieur + torchis + Lattis intérieur par un béton biosourcé (fibres végétales + chaux) qui sera mis en œuvre banché ou projeté et qui englobera les colombages. Par sa nature hygroscopique et capillaire ce béton biosourcé est compatible avec une structure en pan de bois et ne générera pas de désordres liés à l'humidité. Sa légèreté limite les efforts sur les éléments de structure et son caractère isolant le rend plus performant qu'un torchis traditionnel. On se reportera au paragraphe 5.2 pour l'isolation.

Retour d'expérience : Du diagnostic aux réparations

Sur cet exemple (photo 1), la dépose sur un coin de l'enduit ciment de façade a mis en évidence la décomposition de pièces de bois qui constituent la structure supérieure du mur. L'on aperçoit encore l'isolant en polystyrène à l'intérieur qui, comme l'enduit ciment, a contribué à la dégradation en bloquant l'humidité dans la partie « mur ancien ».

Il faut alors sécuriser le bâtiment en étayant, car dans certains cas l'on a pu observer que l'enduit ciment de façade participait à la tenue (structurelle) du bâti. On procédera ensuite à la dépose des éléments de remplissage et de doublage avant de confier la réparation de l'ossature en pan de bois à un charpentier. On étudiera le cheminement de l'eau de pluie afin d'intégrer aux réparations les solutions qui éviteront de piéger l'eau dans la structure. On mettra en œuvre les solutions de ventilation, d'isolation et d'étanchéité à l'air qui auront été préalablement identifiées.

Crédit photo : Carpentier Charpente Construction Bois



1) Un mur en pan de bois, victime d'un mauvais usage de matériaux contemporains (Polystyrène et enduit ciment)

Credit photo : S. Quennehen Ste Sylv'Aménagement



2) Sur cette maison picarde, les murs ont été mis à nu, les colombages et la maçonnerie ont fait l'objet de réparations, l'ossature est prête à recevoir un béton biosourcé.

Credit photo : S. Quennehen Ste Sylv'Aménagement



3) Un béton biosourcé picard : « l'isolibois » fabriqué à partir de déchets de bois et de lin, recouvert en partie de l'enduit extérieur « le plafond picard ».

QU'EST CE QU'UN BÉTON VÉGÉTAL OU BÉTON BIOSOURCÉ ?

Le plus connu des bétons biosourcés est certainement le **béton de chanvre**, il dispose de règles professionnelles et peut donc être mis en œuvre facilement par un artisan qualifié. Il existe d'autres bétons biosourcés avec différents liants, le **terre-paille** (comme un torchis avec beaucoup de paille et très peu d'argile) et des **bétons à la chaux** dans lesquels les granulats pourront être de **bois, de lin** ou d'autres fibres végétales. Par leur nature hygroscopique et capillaire ces bétons biosourcés à la chaux sont compatibles avec une structure en pans de bois et ne généreront pas de désordres liés à l'humidité. Leur légèreté limite les efforts sur les éléments de structure et leur caractère isolant les rendent plus performants thermiquement qu'un torchis traditionnel. Enfin ils présentent une durabilité accrue car ils sont plus résistants mécaniquement et moins sensibles à l'eau qu'un torchis. Ces bétons acceptent de recevoir les enduits de finition traditionnels.

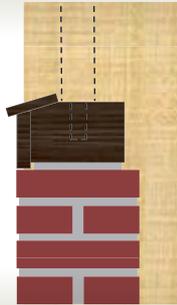


Une fois le torchis déposé, l'ossature réparée, les protections et les premières banches sont mises en place pour recevoir un béton biosourcé.



Les banches s'élèvent au fur et à mesure du remplissage des pans de bois.

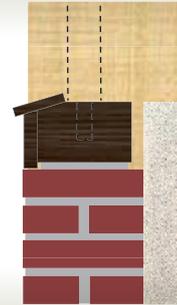
► Pans de bois réparés, maçonnerie conservée



Béton biosourcé
(base chaux)
éq: 28 cm, $\lambda = 0.1 \text{ W/m.K}$
 $R \approx 2.8 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Mur brique + Béton végétal 7 cm
avec $\lambda = 0.1 \text{ W/m.K}$
soit
 $R \approx 1.1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

► Pans de bois réparés, maçonnerie conservée



Béton biosourcé
(base chaux)
éq: 27 cm, $\lambda = 0.1 \text{ W/m.K}$
 $R \approx 2.7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Mur brique + isolant en béton cellulaire 6 cm
avec $\lambda = 0.045 \text{ W/m.K}$
soit
 $R \approx 1.7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

- Nécessite un enduit de finition extérieur.
- Si elles sont enrobées, les pièces en bois doivent être enrobées d'au moins 7 cm de béton végétal.
- Possibilité de projeter ou de bancher le béton de chanvre

- Peut recevoir un enduit chaux intérieur.
- Peut recevoir un complément d'isolation (voir paragraphe 5.2)

- Le délai de séchage des bétons biosourcés mis en œuvre avec des banches est long, (ex. pour un béton de chanvre délai mini = 30 jours)

- Nécessite un enduit de finition extérieur.
- Les pièces en bois doivent être enrobées d'au moins 7 cm de béton végétal.

- Peut recevoir un enduit chaux intérieur.
- Peut recevoir un complément d'isolation (voir paragraphe 5.2)

- Le délai de séchage des bétons biosourcés mis en œuvre avec des banches est long, (ex. pour un béton de chanvre délai mini = 30 jours)

* Cette indication de performance est directement liée aux épaisseurs des isolants mis en œuvre. En augmentant les épaisseurs des isolants la performance augmente.

Le béton de chanvre et plus globalement les bétons végétaux peuvent être utilisés sous différentes formulations en fonction de la destination en murs, sols, correction thermique... « Dense » il sera utilisé en dalle sur un hérisson de galet, « Intermédiaire » il sera utilisé en mur, « Très léger » il sera utilisé en rampant de toiture. Deux techniques se distinguent : le béton biosourcé banché et le béton biosourcé projeté.

Le béton biosourcé banché se caractérise par une masse volumique importante, sa mise en œuvre ne nécessite pas un grand outillage. Il est plus lourd et renferme plus d'eau que le béton biosourcé projeté, son temps de séchage est donc plus long, mais il est mécaniquement plus résistant.

Le béton biosourcé projeté se caractérise par une masse volumique beaucoup plus faible qu'en banché, il contient beaucoup moins d'eau à sa fabrication, et comme il est moins dense, il est plus isolant mais moins résistant que le banché. Sa mise en œuvre nécessite une machine de projection spéciale assez peu répandue.

Temps de séchage approximatif d'un béton de chanvre mis en œuvre banché :

1 semaine de séchage par tranche de 2 cm de béton.

Exemple 1 : mur de 20 cm avec 1 seul côté à l'air libre (l'autre sur support) temps de séchage = 10 semaines

Exemple 2 : mur de 35 cm avec 2 faces à l'air libre temps de séchage = $35 \text{ cm} / 2 \text{ cm} / 2 \text{ faces} = 8,75 \text{ semaines}$

➕ Pour aller plus loin :

Règles professionnelles d'exécution d'ouvrages en béton et mortiers de chanvre (Construire en Chanvre, juillet 2012, SEBTP)

Maçonnerie en pied de mur dégradée

Parfois la maçonnerie peut être endommagée et nécessiter des réparations ou une reconstruction.

Dans ce cas on pourra envisager une dépose totale des pieds de murs et une reconstruction avec des blocs porteurs isolants qu'on trouve désormais sur le marché : Blocs de roches volcaniques intégrant ou non de l'isolant, blocs de béton cellulaire, etc...

Des anciennes briques issues de la dépose pourront être utilisées pour recréer l'aspect de façade.

Cette technique présente l'intérêt de ne pas défigurer le bâtiment tout en amenant deux avantages très bénéfiques à savoir :

- l'insertion d'une coupure de capillarité,
- un coefficient d'isolation important sans augmenter l'épaisseur du pied de mur.



Béton biosourcé
26 cm
avec $\lambda = 0.1 \text{ W/m.K}$
 $R \approx 2.6 \text{ m}^2.\text{K/W}$

Parement brique + Bloc isolant porteur
en 20cm soit
 $R \approx 1.4 \text{ à } 2.6 \text{ m}^2.\text{K/W}$
En fonction du choix de bloc

► **Pans de bois et maçonneries réparés**



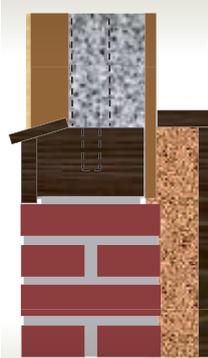
- Nécessite un enduit de finition extérieur.
- Les pièces en bois doivent être enrobées d'au moins 7 cm de béton végétal.
- Substitution de la maçonnerie en brique par un bloc de construction isolant porteur en : Béton cellulaire, terre cuite, roche volcanique

- Cette solution permet d'ajouter une coupure de capillarité sous la maçonnerie si elle n'existait pas.
- Peut recevoir un complément d'isolation (voir paragraphe 5.2)

- Le délai de séchage des bétons biosourcés est long, (ex. pour un béton de chanvre délai mini = 30 jours)

* Cette indication de performance est directement liée aux épaisseurs des isolants mis en œuvre. En augmentant les épaisseurs des isolants la performance augmente.

* Cette indication de performance est directement liée aux épaisseurs des isolants mis en œuvre. En augmentant les épaisseurs des isolants la performance augmente.



Panneau fibre de bois isolant support d'enduit
ép: 6 cm, $\lambda = 0.043 \text{ W/m.K}$
+ isolant insufflé
ép: 11 cm, $\lambda = 0.04 \text{ W/m.K}$
soit $R \approx 4.15 \text{ m}^2.\text{K/W}$

Mur brique + isolant en liège 6 cm
avec $\lambda = 0.040 \text{ W/m.K}$
soit $R \approx 1.9 \text{ m}^2.\text{K/W}$

► **Pans de bois réparés, création de caissons avec isolation insufflée**



- Création de caissons à l'aide de panneaux de fibre de bois.
- Nécessite un traitement pare-vapeur intérieur, et un panneau extérieur très ouvert à la diffusion de vapeur (S_d panneau intérieur > 5* S_d panneau extérieur + enduit)

- Rapidité de mise en œuvre
- Performance thermique
- Traitement de l'étanchéité de la partie supérieure facilité
- Travaux en voie sèche (hors enduit extérieur)

- Pré remplir l'ossature avec de l'isolant sous les potelets de manière à garantir un remplissage homogène
- Nécessite l'application d'un enduit extérieur adapté au panneau isolant suivant couple produit validé par les fabricants.

Création de caissons isolants autour de l'ossature bois

L'ossature en pan de bois constitue la partie porteuse de la paroi, le remplissage (initial en torchis ou modifié en brique ou béton biosourcé) n'a pas vocation à être structural.

Il est donc envisageable de créer des caissons enveloppant la structure en pan de bois et renfermant un isolant.

Il conviendra d'étudier la technique de mise en œuvre du matériau isolant dans ces caissons de manière à garantir un remplissage complet et homogène, particulièrement sous les potelets obliques (aussi appelés « écharpes »).

6 Isolation du sol

Le sol dans la maison picarde est très fréquemment sur terre plein, en terre battue. Une cave voûtée peut être présente sous la cuisine ou l'ancienne cuisine. L'absence de dalle est assez caractéristique de ce bâti.

La solution la plus efficace thermiquement est de déposer le sol existant pour l'isoler par le dessous, c'est l'isolation sous dalle flottante. Si le bâtiment a reçu une dalle lors de modifications antérieures, il faudra la déconstruire avant de pouvoir isoler par le dessous ou étudier la possibilité d'une isolation par le dessus avec la mise en œuvre d'une isolation sous chape flottante. Cette dernière solution présente néanmoins l'inconvénient de réduire la hauteur sous plafond.

QUE DIT LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE SUR L'EXISTANT ?

La réglementation thermique n'impose des exigences à atteindre que sur :

- Les planchers bas donnant sur l'extérieur ou sur un parking collectif (exigence : $R \geq 2.3$)
- les planchers bas donnant sur un vide sanitaire ou sur un volume non chauffé (exigence : $R \geq 2$)

La Réglementation n'aborde pas le cas des planchers sur terre plein. Il n'y a donc pas de seuil réglementaire à respecter sur les planchers sur terre plein.

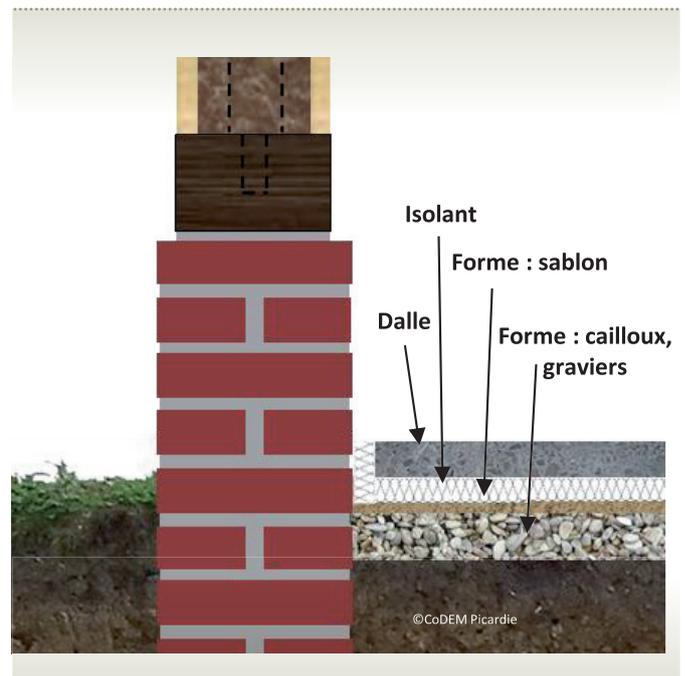
Compte tenu de l'importance des travaux induits par l'isolation du sol, il convient d'atteindre une performance thermique minimale afin de « rentabiliser » l'intervention, c'est pourquoi l'on visera au minimum un $R \geq 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Isolation sous dalle flottante

Cette technique permet une isolation horizontale sous l'ensemble de la surface de la dalle ainsi que l'isolation de la bande périphérique. L'intervention consiste donc à décaisser l'intérieur de l'habitation, créer un fond de forme et mettre en œuvre un isolant rigide, résistant à la compression, imputrescible et non capillaire, destiné à ce type d'utilisation (liège, verre cellulaire, produits extrudés...). Cet isolant accueillera une dalle flottante (désolidarisée), un éventuel ragréage puis un revêtement de sol. Cela implique un sol stable et compacté pour éviter les tassements différentiels.

En désolidarisant la chape des murs extérieurs par une bande d'isolation imputrescible, cela permet une continuité de l'isolation intérieure entre le mur et le sol traitant ainsi le pont thermique en about de dalle. Une résistance thermique de 3 s'obtiendra avec environ soit : 12 cm de liège, 11 cm de verre cellulaire, 10 cm de polystyrène expansé, 8 cm de polyuréthane. Outre la performance thermique d'isolation du sol et de traitement des ponts thermiques d'about de dalle, cette solution permet d'améliorer considérablement l'inertie thermique du bâtiment.

Dans une approche globale des travaux de réhabilitation, l'isolation sous chape peut être aussi l'occasion d'intégrer un plancher chauffant basse température.



Point de vigilance

- Décaisser à l'intérieur du bâtiment peut déchausser le mur, il faudra préalablement s'assurer par sondage que les « fondations » sont suffisamment profondes et solides.

Isolation du sol

Dalle en béton de chanvre, ou de pierre ponce

Une alternative à la dalle désolidarisée, isolée en sous face, consiste à réaliser une dalle en béton isolant comme le béton de chanvre ou le béton de roche volcanique. Il faudra alors décaisser pour créer un hérisson ventilé qui permettra d'éviter les remontées capillaires et d'évacuer l'humidité en sous face de la dalle. Un film géotextile pourra être intercalé entre le hérisson de cailloux et le béton isolant. Une bande isolante périphérique sera mise en œuvre.

+ Pour aller plus loin :

Règles professionnelles d'exécution d'ouvrages en béton et mortiers de chanvre (Construire en Chanvre, juillet 2012, SEBTP)



Photographies illustrant la mise en œuvre d'un béton de pierre ponce sur hérisson de cailloux, en réhabilitation, avec bande de désolidarisation isolante en liège en périphérie.

Credit photo : S.Quennehen Ste Sylv'Aménagement

7 Menuiseries

Le remplacement des menuiseries améliore le confort thermique en supprimant l'effet de paroi froide et les courants d'air dus aux défauts d'étanchéité ainsi que le confort acoustique en atténuant les bruits.

Si les menuiseries anciennes sont en bon état et qu'on souhaite les conserver, il faut néanmoins vérifier l'étanchéité à l'air entre le tableau et le mur, dès lors on peut améliorer l'isolation de la paroi vitrée par un survitrage posé sur la menuiserie d'origine ou par la pose d'une double fenêtre.

Si les menuiseries anciennes sont défectueuses, on peut les remplacer par des menuiseries bois conservant l'aspect des anciennes menuiseries tout en intégrant un double ou un triple vitrage et présentant des performances bien supérieures en termes d'étanchéité à l'air et d'isolation. En termes de performance thermique, un compromis acceptable et accessible est un $U_w \leq 1,4 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

QUE DIT LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE SUR L'EXISTANT ?

La réglementation thermique sur l'existant impose les exigences suivantes :

- Pour les ouvrants à menuiserie coulissante le coefficient maximal autorisé est $U_w = 2.6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- Pour les autres cas le coefficient maximal autorisé est $U_w 2.3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- Quels que soient les cas, le vitrage doit avoir une valeur $U_g > 2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (pour illustrer ce propos, un double vitrage « standard » en 2014 présente un $U_g < 1.4 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)
 - Les fermetures (volets) et les protections solaires lorsqu'elles existent doivent être maintenues ou remplacées.
 - Les fenêtres de toit installées ou remplacées doivent être munies de protections solaires.

En relation avec la ventilation du bâtiment, la réglementation thermique sur l'existant impose les exigences suivantes :

- Les nouvelles fenêtres installées dans les pièces principales doivent être équipées d'entrées d'air (sauf si locaux déjà munis d'entrées d'air ou d'un dispositif de ventilation double flux.) correctement dimensionnées par rapport au système de ventilateur mis en œuvre.

Pour plus de détails consulter l'arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants.

Points de vigilance :

- On s'assurera qu'un système de ventilation est mis en œuvre et fonctionnel. Les anciennes menuiseries qui ne sont pas étanches à l'air permettaient un renouvellement d'air du bâtiment, une « ventilation naturelle ». En les remplaçant on rend le bâtiment étanche c'est pourquoi il faut disposer d'un système de ventilation.
- On remplacera les menuiseries après avoir isolé les murs. En effet, le positionnement de la fenêtre dans le tableau dépendra du choix de l'isolation (intérieure/extérieure) et de son épaisseur. L'erreur serait de remplacer les fenêtres avant d'isoler et lors de l'isolation se rendre compte que la position ou l'épaisseur des châssis n'est pas compatible avec l'isolation envisagée, ce qui amènerait des surcoûts qui auraient pu être évités.
- On choisira les menuiseries en tenant compte du mode de ventilation du bâtiment : Si la ventilation est simple flux, on prévoira des orifices de ventilation intégrés dans les menuiseries situées dans les pièces à vivre. Si la ventilation est double flux, on prévoira des menuiseries particulièrement étanches à l'air et sans orifices.

Traitement de l'étanchéité à l'air

Les enduits réalisés dans les règles de l'art sont réputés étanches à l'air en partie courante, aussi il faudra apporter un soin à traiter les raccords de l'enduit avec les autres éléments (larmiers, menuiseries, sommiers, etc...) Comme illustré sur la figure ci-contre, peuvent être utilisées des trames adhésives (un côté toilé pour être noyé dans l'enduit et un côté adhésif pour rattraper les menuiseries ou les bois), pour assurer une liaison correcte avec le tableau en bois de nos vieilles maisons, on utilisera des bandes compressibles étanches à l'air et des joints souples.



Traitement de l'étanchéité à l'air entre le mur et le dormant à l'aide d'une trame adhésive spéciale préalablement collée au dormant et noyée dans l'enduit de finition

credit photo : CoDEM Picardie

+ Pour aller plus loin :

Mise en œuvre des menuiseries en bois. En travaux neufs et réhabilitation (Guide pratique Développement durable, CSTB Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, septembre 2009)

8 Lexique

Avis technique (AT) : désigne l'avis formulé par un groupe d'experts représentatifs des professions, appelé Groupe Spécialisé (GS) sur l'aptitude à l'usage des ouvrages réalisés avec procédés innovants. Il précise le domaine d'emploi, les caractéristiques intrinsèques du produit, les règles de conception et de mise en œuvre associées.

Document technique d'application (DTA) : précise le domaine d'emploi, les règles de conception et de mise en œuvre associées d'un produit faisant l'objet d'un marquage CE.

Écran de sous toiture HPV : Membrane située sous les éléments de couverture et qui a pour fonction d'éviter la pénétration de neige poudreuse ou de pluie dans les combles (l'eau ruisselle dessus et ne traverse pas la membrane) . L'écran HPV se caractérise par une très forte perméabilité à la vapeur d'eau ($S_d < 0,1m$)

Effusivité : L'effusivité thermique caractérise la rapidité avec laquelle la température de surface d'un matériau s'élève. Plus l'effusivité est grande, plus le matériau absorbe rapidement les apports de chaleur sans que la température du local s'élève notablement. En climat tempéré ou froid on préférera des matériaux à faible effusivité (bois, plâtre...). En climat chaud on préférera des matériaux à forte effusivité (carrelages, grès...).

Frein-vapeur hygro réglable ou hygrovariable : Membrane à perméabilité variable. En hiver, elle est plus étanche à la vapeur pour protéger les parois de l'humidité générée dans l'ambiance intérieure. En été elle est plus perméable pour permettre un séchage de la paroi vers l'intérieur du bâtiment. S_d variable de 0.2 m à 20 m.

Capillarité : C'est la propriété d'un matériau se chargeant en eau liquide à son contact par succion.

Hydrophobe : Repousse l'eau ou est repoussé par l'eau.

Hydrofuge : Produit destiné à obturer les pores des mortiers et bétons afin d'en améliorer l'imperméabilité à l'eau. Certains produits permettent de maintenir une ouverture à la diffusion de vapeur du matériau traité, seuls ces produits sont à utiliser sur des murs anciens isolés par l'intérieur.

Hygroscopicité : Un matériau est dit hygroscopique s'il peut fixer une quantité mesurable d'humidité de l'air environnant. Le comportement de ce type de matériau peut en partie être caractérisé par sa courbe isotherme de sorption. L'hygroscopicité est plus marquée pour les matériaux présentant des pores très fins (< 100 nm).

Perméabilité (à la vapeur d'eau) : La perméabilité d'un matériau définit sa capacité à se laisser traverser par la vapeur d'eau sous l'action d'une pression entre ses deux faces opposées. Il s'agit du rapport de la quantité de vapeur d'eau traversant un maté-

riau par unité d'épaisseur, de temps et par unité de différence de pression de vapeur régnant de part et d'autre du matériau. Cette grandeur dépend des caractéristiques physiques du matériau telles que le diamètre des pores ou la géométrie des vides. Elle est caractérisée par le coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau noté μ (sans unité). Plus μ est élevé plus le produit est fermé à la diffusion de vapeur d'eau.

Pare-vapeur : Un pare-vapeur est un matériau qui s'oppose au passage de la vapeur d'eau. Il évite la condensation de la vapeur d'eau à l'intérieur de la paroi et notamment dans l'isolant. Pour satisfaire ce but, il doit présenter une valeur de résistance élevée à la diffusion de la vapeur d'eau. Il est généralement constitué d'une feuille étanche à la vapeur d'eau et on le place du côté chaud intérieurement à l'isolant. ($S_d > 18m$)

S_d : la valeur S_d représente l'épaisseur en m d'une couche d'air immobile ayant la même perméance que le matériau considéré. On retrouve souvent cette valeur sur les produits, Plus S_d est élevé, plus le produit est fermé à la diffusion de vapeur d'eau. S_d est fonction de l'épaisseur du matériau (notée d et exprimée en mètres) et de son coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau (noté μ). $S_d = \mu \times d$

Tableau de comportement de quelques matériaux fréquemment rencontrés :

Matériaux (sans pare-vapeur)	Comportement à la diffusion de vapeur			Comportement capillaire	
	Très ouvert	Moyennement ouvert	Très fermé	Capillaire	Peu ou pas capillaire
Laine minérale					
Laine végétale					
Ouate de cellulose					
Panneau de silicate de calcium					
Perlite expansée					
Enduits à base de chaux					
Enduit plâtre					
Panneau isolant en fibres de bois					
Enduits chaux chanvre					
Torchis					
Panneau de liège					
Brique ancienne					
Polystyrène					
Enduits à base de ciment					
Papier peint vinyle					
Verre cellulaire					

Nous tenons à remercier chaleureusement les entreprises (artisans, architectes, distributeurs, bureaux d'étude) et les associations qui se sont impliquées à nos côtés pour la réalisation de ce guide, avec un clin d'œil particulier à Sylvain Quennehen et Florian Carpentier pour leur disponibilité à l'élaboration de ce guide et leur engagement dans la réhabilitation du bâti ancien picard. Un grand merci également à l'équipe du CAUE 80, ainsi qu'à l'association Maisons Paysannes du Pays de Somme et aux services territoriaux de l'architecture et du patrimoine (STAP) pour leurs conseils et leur concours.

maisons
paysannes
de france

CAUE80
UNION
FRANÇAISE
D'ARCHITECTES
D'AMÉNAGEURS ET
DE PATRIMONIAIRES
DE LA SOMME

Nos remerciements vont aussi à l'Europe pour son implication via les fonds FEDER, la Région Picardie et l'ADEME Picardie pour leur soutien à l'ensemble des actions du CoDEM.

L'équipe du CoDEM.



Cette production est cofinancée par l'Union européenne.
L'Europe s'engage en Picardie avec le Fonds européen
de développement régional.

