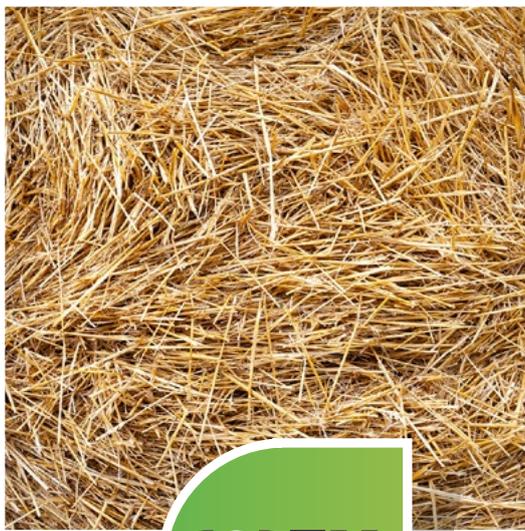




GUIDE DE LA RÉNOVATION DE PAROIS

à l'aide de matériaux biosourcés



En partenariat avec





Sommaire

REMERCIEMENTS	4
AVANT-PROPOS	5
PRÉSENTATION DU CODEM	6
LEXIQUE	7

CONTEXTE ET DÉMARCHE D'ACCOMPAGNEMENT À LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE **8**

1.1 ENJEUX DE LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE	8
1.1.1 Etat des lieux du parc existant.....	8
1.1.2 Déperditions énergétiques à l'échelle du bâtiment	9
1.1.3 Des politiques ambitieuses de rénovation du bâti ancien.....	11
1.1.4 Dynamique actuelle de la rénovation énergétique.....	12
1.2 DÉMARCHE D'UN PROJET DE RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE	15
1.2.1 L'énoncé du « besoin » et sa traduction en cahier des charges de rénovation	15
1.2.2 Les points majeurs à aborder dans le cadre du diagnostic d'un bâti existant	16
1.2.3 Une organisation nationale renforcée pour faciliter la rénovation.....	18

STRATÉGIE DE RÉNOVATION AVEC DES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS. . . . 19

2.1 MATÉRIAUX BIOSOURCÉS ET RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE	19
2.1.1 Des matériaux couramment utilisés dans le bâtiment	19
2.1.2 Des matériaux pertinents pour les opérations de rénovation énergétique.....	20
2.1.3 Des matériaux renouvelables produit localement.....	21
2.1.4 Des matériaux pourtant méconnus.....	22



2.2 DES FICHES PRATIQUES : MODE D'EMPLOI	23
2.3 MATÉRIAUX D'ISOLATION BIOSOURCÉS UTILISÉS POUR LA RÉNOVATION DE PAROIS.	24
2.4 FICHES « MATÉRIAU D'ISOLATION »	26
2.4.1 Isolants souples ou semi-rigides	27
2.4.2 Isolants rigides	28
2.4.3 Isolants en vrac	29
2.4.4 Bétons végétaux	30
2.4.5 Construction paille	31
2.5 FICHES « TYPOLOGIE DE PAROI »	32
2.5.1 Briques ou pierres hourdées < 1948	33
2.5.2 Monomurs > 1948	34
2.5.3 Béton / bloc béton > 1948	35
2.5.4 Ossature bois / colombage / pan de bois / galandage < 1948	36
2.5.5 Pisé, bauge < 1948	37
2.6 FICHES « TECHNIQUE DE MISE EN ŒUVRE »	38
2.6.1 Principes clés de mise en œuvre des solutions	38
2.6.2 La gestion du comportement hygrothermique des murs	40
2.6.3 ITE sur parois en briques ou pierres hourdées < 1948	42
2.6.4 ITI sur parois en briques ou pierres hourdées < 1948	43
2.6.5 ITE sur parois Monomurs > 1948	44
2.6.6 ITI sur parois Monomurs > 1948	45
2.6.7 ITE sur béton / bloc béton > 1948	46
2.6.8 ITI sur béton / bloc béton > 1948	47
2.6.9 ITE sur parois ossature bois/ colombages/ pan de bois/ galandage < 1948	48
2.6.10 ITI sur parois ossature bois / colombages / pan de bois / galandage < 1948	49
2.6.11 ITR sur parois ossature bois/ colombages/ pan de bois/ galandage < 1948	50
2.6.12 ITE sur parois pisé / bauge < 1948	51
2.6.13 ITI sur parois pisé / bauge < 1948	52
LES ACTEURS CLÉS	53
SIGLES	54
BIBLIOGRAPHIE	55



Remerciements

L'ÉQUIPE DU CODEM TIENT À REMERCIER L'ENSEMBLE DES ACTEURS AYANT RENDU POSSIBLE CE DOCUMENT DE RÉFÉRENCE, EN PARTICIPANT À SON FINANCEMENT, SA CONCEPTION, SA RÉDACTION OU SA RELECTURE.

Ce document a vu le jour grâce au financement de l'ADEME (Service Forêt, Alimentation et Bioéconomie) et de la Région Hauts-de-France, et a bénéficié de l'accompagnement de Monsieur Frédéric COUSIN (Toerana Habitat). Nous tenons à lui adresser un clin d'œil particulier pour sa disponibilité dans l'élaboration de ce guide, son engagement dans la rénovation de logements et la structuration de filières matériaux biosourcés, sur notre territoire régional.

LE CODEM REMERCIE ÉGALEMENT L'ENSEMBLE DES ENTITÉS QUI ONT ÉCLAIRÉ, PAR LEUR EXPERTISE ET LEUR CONSEIL, LA RELECTURE DES DIFFÉRENTES PARTIES DE CE GUIDE.

- | | | |
|---|---|---------------------------|
| ▲ ADEME Service Bâtiment. | ▲ FBT Isolation. | ▲ Mission Rev3. |
| ▲ ADEME Service Forêt, Alimentation et Bioéconomie. | ▲ Fibois Hauts-de-France. | ▲ Noveatech. |
| ▲ ADEME Hauts-de-France. | ▲ Gramitherm. | ▲ Oïkos. |
| ▲ Bâtir en balles. | ▲ Isonat. | ▲ Ouatéco. |
| ▲ Cavac Biomatériaux. | ▲ L.A. Linière. | ▲ Région Hauts-de-France. |
| ▲ Construire en Chanvre. | ▲ Le Relais Métisse. | ▲ RFCP Hauts-de-France. |
| ▲ DREAL Hauts-de-France. | ▲ Maisons Paysannes France. | ▲ Soprema / Pavatex. |
| ▲ Envirobat Grand Est. | ▲ Ministère de la transition écologique et solidaire. | |

COORDINATION TECHNIQUE :

- ▲ Stéphane LAGREVE, Chargé de projet Innovation Système Constructif, CODEM.
- ▲ Virginie LE RAVALEC et Grégoire DAVID, Ingénieurs - Service Forêt, Alimentation et Bioéconomie (SFAB), ADEME.

RÉALISATION :

- ▲ Guillaume DELANNOY, Boubker LAIDOUDI, Jérémy RIO et Pierre BONO, CODEM.
- ▲ Frédéric COUSIN, Toerana Habitat.

AVERTISSEMENTS

- La liste des solutions biosourcées établies, et référencées dans le présent guide, sont indicatives et en aucun cas exhaustives. Ce document à caractère pédagogique souhaite montrer la diversité des solutions et des cas d'utilisation, dans le but d'aider les acteurs impliqués dans la rénovation du bâti ancien.
- Il est rappelé qu'une rénovation doit être conduite selon des règles bien établies, et a minima à partir d'un diagnostic réalisé par un professionnel du secteur. La réflexion doit être conduite de manière élargie en prenant en compte notamment les parois, les menuiseries... et l'étanchéité à l'air des bâtiments, dans le respect des règles de l'art.
- Pour la conception et la réalisation des travaux, nous vous invitons à vous rapprocher de professionnels qualifiés. Il conviendra dans tous les cas de se référer aux documents techniques d'application des produits, aux avis techniques ou aux règles professionnelles existantes.
- Le CODEM, l'ADEME et la Région Hauts-de-France ne peuvent être tenus pour responsable des dommages directs ou indirects causés par le contenu de ce guide et les interprétations liées.



Avant-propos

EN FRANCE, LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE EST AU CŒUR DES POLITIQUES PUBLIQUES ET SE TRADUIT PAR DES LOIS, DES RÉGLEMENTATIONS, DES INCITATIONS FISCALES OU DES INVESTISSEMENTS MASSIFS DANS CE DOMAINE.

Cet engagement est indispensable au vu de l'importance du poids du « bâti ancien et bâti vieillissant » dans la consommation énergétique française. La part des logements anciens ayant une étiquette énergétique (DPE) de classe D ou E est en effet majoritaire que ce soit pour les logements construits avant 1974 (plus de 70 %) ou construits entre 1975 et 1988 (plus de 50 %).

La France doit faire face à un effort sans précédent dans ce domaine afin de réduire son empreinte énergétique et carbone, réduire la facture économique des ménages dans ce domaine et en particulier des ménages les plus modestes. Elle espère créer un modèle vertueux basé sur la résolution d'un problème de fond et le renforcement d'une économie de proximité de production et de pose de ces matériaux.

De nombreuses solutions de rénovation existent. Le CODEM depuis sa création est engagé dans la promotion du Bâtiment Durable, l'écoconception de bâtiments, la mise au point de matériaux à faible impact environnemental ou de systèmes constructifs efficaces dans son métier de centre technique. Avec le soutien de l'ADEME et de la Région Hauts-de-France, le CODEM a souhaité mettre en lumière le rôle que joue au quotidien les matériaux biosourcés dans la rénovation énergétique des bâtiments résidentiels et tout particulièrement des murs extérieurs.

Ces matériaux sont en effet issus de ressources renouvelables (les biomasses agricoles ou animales), produit localement généralement en France ou en Europe. Ils respectent les standards du bâtiment (ATec, ATEc, Règles Professionnelles) et sont devenus courants dans leur utilisation avec plus de 8 % du marché de l'isolation par exemple, et des taux de croissance de plus de 10 % par an selon l'Association des Industriels de la Construction Biosourcée (AICB).

Ce document se veut être un document évolutif, qui pourra intégrer une collection d'ouvrage pédagogique, qui a vocation à s'étoffer au cours du temps. Il n'a pas pour but de faire du « prosélytisme », mais de mettre en avant des solutions concrètes et éprouvées, en rappelant leurs avantages, leurs précautions d'usage et les possibilités d'intégration dans le raisonnement global qui doit être mené pour rénover un bâtiment.

Conscient de la complexité d'isoler certains murs d'un bâtiment ancien, ce guide propose des exemples de compatibilité entre « murs existants » et « solutions d'isolation biosourcées ». C'est au travers de fiches « matériau d'isolation », « paroi », et des fiches « techniques de mise en œuvre », que ce guide présente des exemples de réalisation couvrant des études de cas fréquentes. Ce guide a été organisé pour que chaque fiche puisse se comprendre de manière indépendante, tout en pouvant se lire dans sa globalité afin de bien intégrer le raisonnement global qui doit être conduit dans tout projet de rénovation.

Ce document est construit de manière à rendre compréhensible les enjeux de la rénovation énergétique à l'aide d'isolants biosourcés pour un large panel d'acteurs (maîtres d'ouvrages privés ou publics, architectes, bureaux d'études et artisans). Très bonne lecture à vous !

L'ÉQUIPE DU CODEM

Droit d'image

Tous droits réservés à Association Botmobil, CODEM, Dominique Le Villain – Maisons Paysannes de l'Eure, Fédération Française des Tuiles et Briques, FBT Isolation, Gilles ALGLAVE – Maison Paysannes de France, Maison Paysanne Loire, Ouatéco, Soprema, Shutterstock et Pixabay.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droits ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (Art L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (Art L 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.



Le CODEM

LE CODEM EST UNE SOCIÉTÉ D'INNOVATION NATIONALE DÉDIÉE AU DÉVELOPPEMENT ET À L'ÉVALUATION TECHNIQUE, ENVIRONNEMENTALE ET SANITAIRE D'ÉCO-MATÉRIAUX (MATÉRIAUX À FAIBLE IMPACT ENVIRONNEMENTAL), POUR LE BÂTIMENT DURABLE.

Des matériaux innovants y sont testés et développés en étroite collaboration avec les laboratoires et organismes de recherche publics et privés régionaux et nationaux. Depuis la mise en réseau des acteurs, jusqu'à la réalisation des tests in situ, le CODEM organise l'introduction de ces matériaux sur le marché.

LES MATÉRIAUX DÉVELOPPÉS AU SEIN DU CODEM SONT AUSSI BIEN :

- Des matériaux traditionnels, que des matériaux constitués de matières recyclées ou de biomasse.
- Destinés à la construction qu'à la rénovation dans le Bâtiment. Parfois ils peuvent servir dans d'autres domaines d'application.



LE CODEM S'APPUIE SUR UNE ÉQUIPE PLURIDISCIPLINAIRE SPÉCIALISÉE DANS :

- Les études (marchés, stratégiques, gisements des ressources, etc.)
- La conduite et l'animation de projets d'innovation et de recherche
- La recherche de financement public
- La mise en œuvre applicative et le transfert industriel de matériaux innovants pour le bâtiment : isolants, panneaux, bétons, mortiers, colles...
- Leur caractérisation (laboratoire accrédité COFRAC) et la création de méthode de mesures à la carte.
- L'évaluation technique des produits du bâtiment (ATec, ATEEx, etc.).
- L'évaluation environnementale de produits et de bâtiments (ACV, FDES, etc.).

AGRÉÉE CRÉDIT IMPÔT RECHERCHE

CSTB
le futur en construction

RNA
RÉSEAU NATIONAL D'ACCOMPAGNEMENT



SUIVEZ-NOUS

www.batlab.fr





Lexique

ANALYSE DE CYCLE DE VIE (ACV) : L'analyse du cycle de vie est l'outil le plus abouti en matière d'évaluation globale et multicritère des impacts environnementaux. Cette méthode normalisée permet de mesurer les effets quantifiables de produits ou de services sur l'environnement.

AVIS TECHNIQUE (ATec) : désigne l'avis formulé par un groupe d'experts représentatifs des professions, appelé Groupe Spécialisé (GS), sur l'aptitude à l'emploi des procédés innovants de construction.

APPRÉCIATION TECHNIQUE EXPÉRIMENTALE (ATEX) : procédure rapide d'évaluation technique formulée par un groupe d'experts sur tout produit, procédé ou équipement innovant. Cette évaluation est souvent utilisée soit en préalable à un Avis Technique.

BÂTI / PAROI ANCIEN : on considère dans cette étude que les parois anciennes sont toutes les parois verticales des bâtiments construits avant 1948.

BÂTI / PAROI MODERNE : on considère dans cette étude que les parois modernes sont toutes les parois verticales des bâtiments construits après 1948.

CAPACITÉ HYGROSCOPIQUE : comportement d'un matériau, dans un environnement où la température et le taux d'humidité relative varient, à absorber l'humidité de l'air.

CAPACITÉ THERMIQUE MASSIQUE (CP) : quantité d'énergie nécessaire pour élever d'un degré un kilogramme de matériau donné, en J/(K.kg).

COEFFICIENT DE RÉSISTANCE À LA DIFFUSION DE VAPEUR D'EAU (μ) : traduit la façon dont le matériau s'oppose à la migration de la vapeur d'eau. Un matériau ayant un $\mu = 30$, signifie qu'il résiste 30 fois plus à la diffusion de vapeur d'eau que l'air immobile.

CONDUCTIVITÉ THERMIQUE (λ) : comportement d'un matériau à transmettre la chaleur par conduction, en W/(m.K).

DÉPHASAGE THERMIQUE (φ) : temps, en heure, que met le matériau à restituer une quantité de chaleur accumulée. Un matériau à forte inertie possède un temps de déphasage plus important.

DIAGNOSTIC DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE (DPE) : expertise approfondie de l'état actuel d'un bâtiment et des possibilités d'amélioration énergétique globale. On y retrouve les étiquettes de consommation énergétique et d'émission de gaz à effet de serre.

DOCUMENT TECHNIQUE UNIFIÉ (DTU) : norme d'exécution ou de mise en œuvre qui contient au minimum un document tel que le cahier des clauses techniques (conditions à respecter pour la bonne exécution des travaux) ou le cahier des clauses spéciales (limites des obligations envers les autres corps d'état ou du maître d'ouvrage).

ÉPAISSEUR ÉQUIVALENTE DE DIFFUSION (Sd) : caractérise la résistance au transport de vapeur d'eau à travers un matériau, en m. Plus le Sd est faible et plus le matériau est ouvert à la diffusion de vapeur d'eau.

FICHE DE DÉCLARATION ENVIRONNEMENTALE ET SANITAIRE (FDES) : document qui présente les résultats de l'analyse de cycle de vie (ACV) et des informations sanitaires d'un produit à usage bâtiment (de façon standardisée selon une norme de référence).

FREIN-VAPEUR : membrane, plaque ou enduit. Il peut être admis qu'un frein-vapeur possède un Sd < 18 m.

ISOLATION THERMIQUE PAR L'EXTÉRIEUR (ITE) : méthode d'isolation thermique qui consiste à poser le matériau isolant sur les parois extérieures d'un bâtiment.

ISOLATION THERMIQUE PAR L'INTÉRIEUR (ITI) : méthode d'isolation thermique qui positionne le matériau isolant à l'intérieur, contre les murs de la structure porteuse.

ISOLATION THERMIQUE RÉPARTIE (ITR) : paroi à double fonction. L'isolation et la portance sont comprises dans l'épaisseur de la paroi.

MATÉRIAU BIOSOURCÉ : matériau totalement ou partiellement issu de la biomasse (végétale ou animale). Il prend la forme d'isolant, de panneau de particules, de béton, de plastique ou de composite, sans que cette liste soit limitative. Ils sont donc renouvelables annuellement ou sur quelques années, contrairement aux matériaux issus du minéral.

PARE-PLUIE : élément étanche à l'eau, mais ouvert à la diffusion de vapeur d'eau.

RÈGLES PROFESSIONNELLES : règles de l'art adoptées par une profession sur la base de retour d'expérience. Les règles professionnelles peuvent parfois servir de base à la rédaction d'un DTU.

RÉSISTANCE THERMIQUE (R) : représente la capacité d'une épaisseur de matériau à résister à la transmission de chaleur par conduction, en m².K/W.

CONTEXTE ET DÉMARCHE D'ACCOMPAGNEMENT À LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE

1.1 ENJEUX DE LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE

En 2018, en France, le secteur résidentiel représente près d'un tiers de la consommation énergétique finale [1]. La déperdition de chaleur au niveau des parois (toit, murs et ouvertures) en est la cause principale. Ces déperditions engendrent des besoins de chauffage qui représentent deux tiers de la consommation énergétique des logements [2].

1.1.1 ETAT DES LIEUX DU PARC EXISTANT

1.1.1.1 DES LOGEMENTS VIEILLISSANTS

Il est généralement admis que les bâtiments construits avant 1990 sont énergivores avec un DPE de classe énergétique moyenne D ou E [3]. Ils représentent 73 % des résidences principales en France métropolitaine, selon le recensement de 2017 publié par l'INSEE en 2020 [4]. Avec une dynamique de construction qui représente tous les ans en moyenne peu ou prou 1 % du parc de logement préexistant, la rénovation du patrimoine bâti est un défi majeur afin de réduire la facture énergétique et les émissions de CO₂ en France.

FRANCE MÉTROPOLITAINE		Avant 1945	De 1946 à 1970	De 1971 à 1990	De 1991 à 2005	De 2006 à 2014	Total avant 2014
Résidences principales	En milliers	6 389	6 120	8 222	4 400	3 012	28 143
	%	23 %	22 %	29,5 %	16 %	11 %	100 %

Figure 1 - Résidence principale par période de construction (France métropolitaine) – Source : INSEE 2020

1.1.1.2 DES INÉGALITÉS TERRITORIALES

La pyramide des âges du parc ancien bâti ne se répartit pas de manière homogène au niveau national. Selon l'INSEE [5], les constructions récentes se concentrent principalement autour des grandes aires urbaines et sur les littoraux en raison de l'attractivité de ces territoires au cours de ces vingt dernières années.

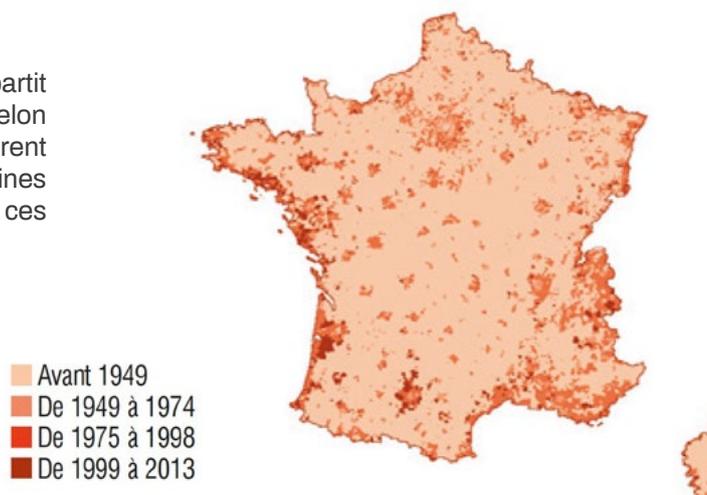


Figure 2 - Ancienneté du parc de logements – Source : INSEE 2015

1.1.2 DÉPERDITIONS ÉNERGÉTIQUES À L'ÉCHELLE DU BÂTIMENT

1.1.2.1 DIAGNOSTIC DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE

Le diagnostic de performance énergétique (DPE) est un document qui renseigne sur la performance énergétique et les émissions de gaz à effet de serre (GES) d'un logement.

Le DPE est un passage nécessaire pour évaluer la consommation énergétique et ainsi mettre en avant les zones déperditives d'une résidence.

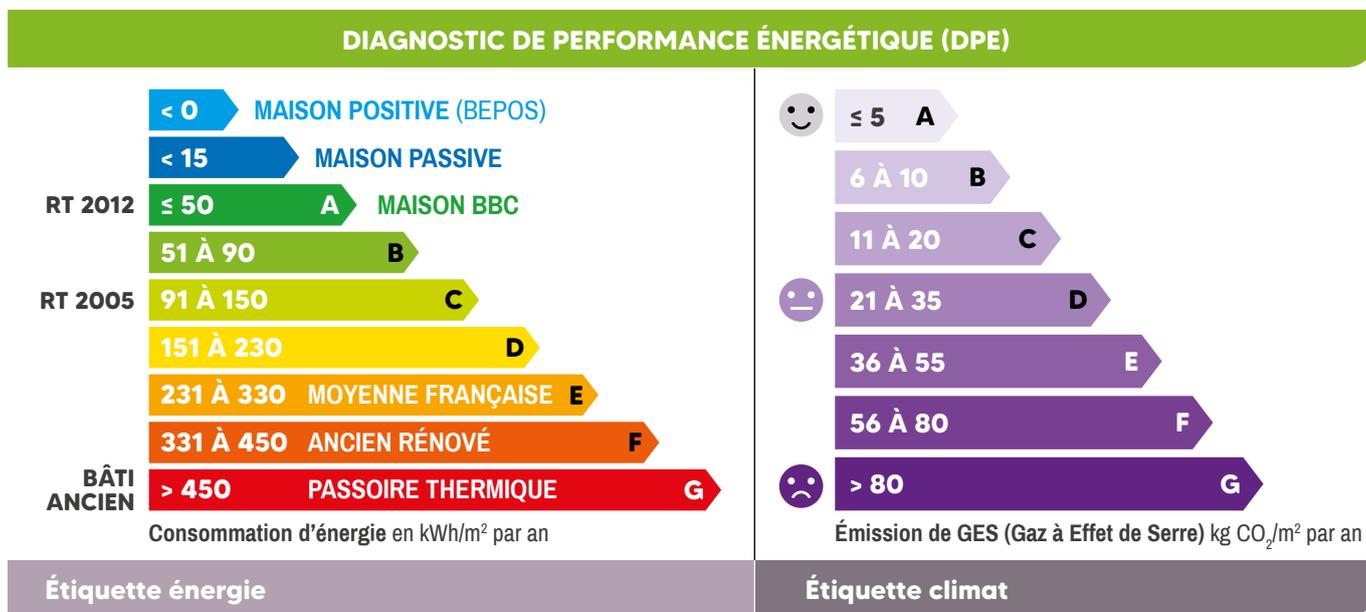


Figure 3 - Etiquettes de performance du DPE – Source : Ministère de la transition écologique / CODEM

Les systèmes constructifs, le climat et la période de construction sont autant de paramètres qui influencent les performances des bâtiments.

🏠 INFLUENCE DU CLIMAT SUR LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE GLOBALE DES LOGEMENTS

Les zones climatiques ont un impact fort sur les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effets de serre des bâtiments. La proportion de bâtiments de classe DPE A, B, C ou D (performants) est ainsi plus de deux fois plus importante au sein de la zone climatiques H3 (climat méditerranéen) qu'en zone H1 (climat rigoureux) [2]. Cela s'explique principalement par un plus faible besoin en chauffage pour le climat méditerranéen.

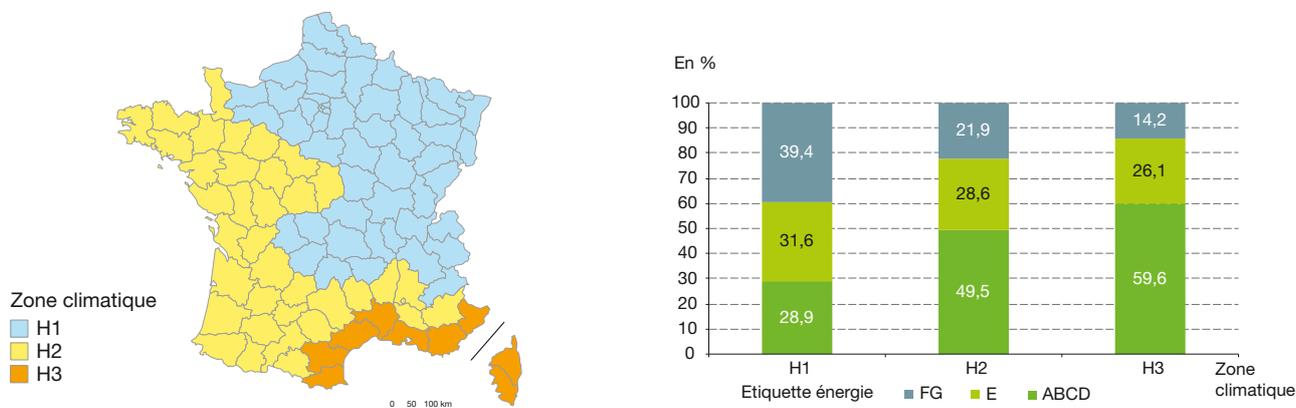
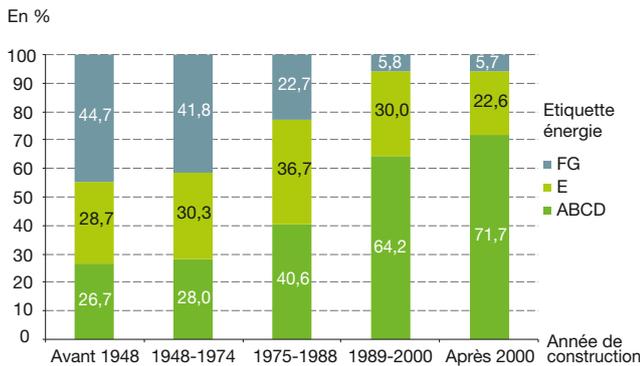


Figure 4 - Carte des zones climatiques et graphe de répartition des étiquettes énergétique selon la zone climatique
Source : Commissariat général au développement durable [2]

INFLUENCE DES ANNÉES DE CONSTRUCTION SUR LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE GLOBALE



Les périodes de construction sont des indicateurs de la performance énergétique d'un bâtiment. L'étude des DPE, réalisés sur un panel représentatif de logement, a permis de mettre en évidence des tendances comme l'illustre la Figure 5. L'influence des réglementations thermiques successives permet d'observer une réduction importante des bâtiments très énergivores (DPE de classe F et G). L'ADEME [6] évalue ainsi à 23 % la réduction de consommation énergétique des logements résidentiels entre 1990 et 2016.

Figure 5 - Répartition des étiquettes énergie DPE dans les résidences principales par période de construction - Source : Commissariat général au développement durable [2]

1.1.2.2 DIAGNOSTIC DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE

Le diagnostic de performance énergétique (DPE) est un document qui renseigne sur la performance énergétique et les émissions de gaz à effet de serre (GES) d'un logement. Le DPE est un passage nécessaire pour évaluer la consommation énergétique et ainsi mettre en avant les zones déperditives d'une résidence.

Le changement des ouvertures/fenêtres est le poste de travaux le plus répandu en rénovation. L'isolation des toitures et des murs arrive en seconde et troisième position. La performance de la rénovation (entraînant un changement de classe DPE) des murs est estimée faible dans 58 à 69 % des cas, selon l'enquête TREMI [8] et la dernière étude OPEN [9].

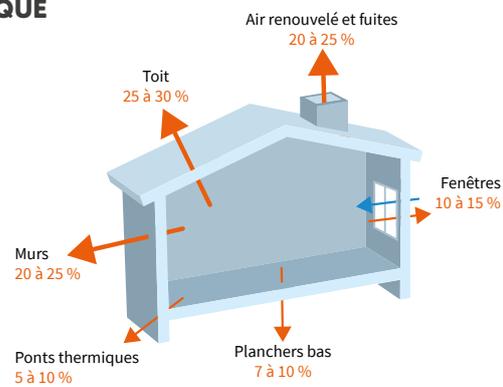


Figure 6 - Répartition des déperditions énergétiques pour une maison construite avant 1974 et non isolée Source : Guide pratique « Isoler sa maison » de l'ADEME

NOMBRE DE RÉNOVATION		% DES PERFORMANCES DE RÉNOVATION		
ENQUÊTE TREMI 2017	2 730 Ouvertures	34 %	49 %	18 %
	2 380 Toiture / combles	43 %	23 %	35 %
	2 220 Murs	69 %	19 %	12 %
ENQUÊTE OPEN 2015	1 212 Fenêtres	23 %	47 %	30 %
	1 060 Toiture / combles	32 %	21 %	47 %
	1 072 Murs	58 %	25 %	17 %

Figure 7 - Nombre de rénovation réalisé par poste et répartition par performance du poste (en milliers de logements) Source : enquête TREMI et étude OPEN

FAIBLE MOYEN PERFORMANT

La part de rénovation concernant les murs est, d'après l'enquête TREMI et la dernière étude OPEN, insuffisante en termes de gain énergétique performant. Autrement dit, les travaux de réaménagement intérieur ou d'entretien des façades ne sont que trop rarement accompagnés par une amélioration de l'isolation thermique. Il est essentiel de prendre en compte ce poste de déperdition dans la recherche de performance, sans toutefois omettre les autres postes déperditifs.

1.1.3 DES POLITIQUES AMBITIEUSES DE RÉNOVATION DU BÂTI ANCIEN

La France a accéléré sa politique de rénovation ces dernières années. Ce phénomène a été engagé avec le Grenelle de l'Environnement en 2007, puis suivi avec la mise en place de la réglementation thermique des bâtiments existants et complété avec la Loi relative à la Transition Énergétique vers la Croissance Verte (LTECV). Toutes ces politiques engagées pour la massification des travaux de rénovation s'ajoutent à celles déjà existantes pour les constructions neuves.

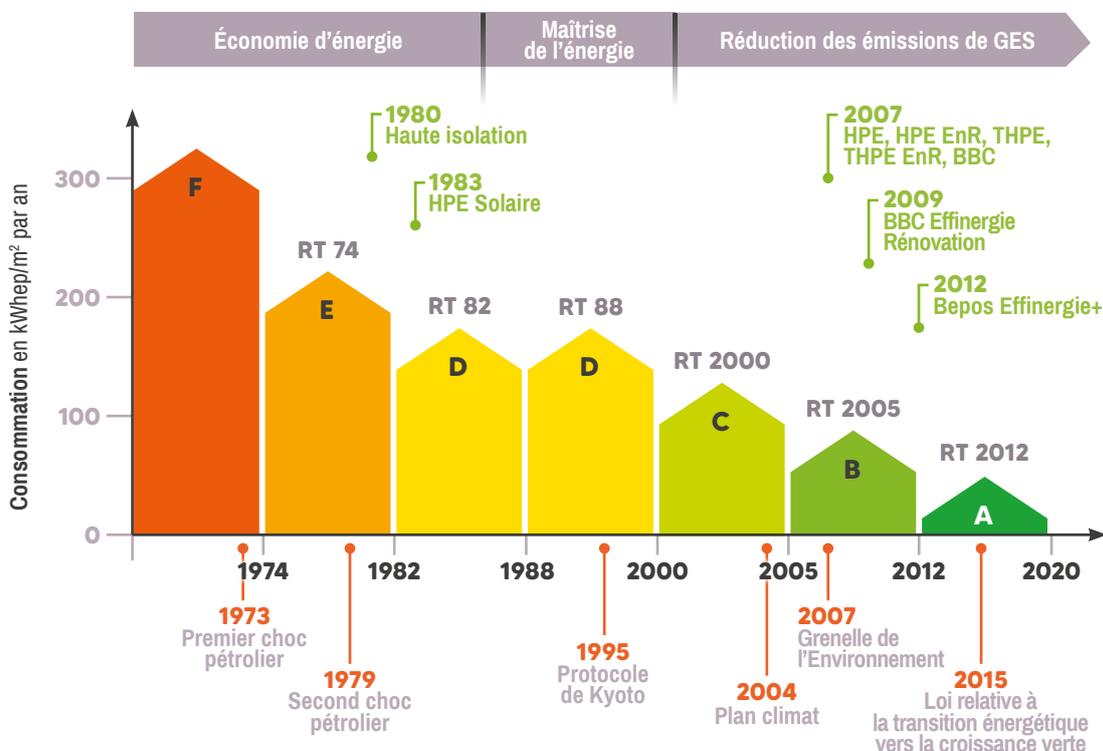


Figure 8 - Evolution des Règlements Thermiques et de la consommation énergétique des bâtiments - Source : CERQUAL / CODEM

La réglementation thermique des bâtiments existants [10], dite RT Existant, s'applique aux bâtiments résidentiels et tertiaires, dans l'objectif d'assurer une amélioration significative de la performance énergétique d'un bâtiment lorsque le maître d'ouvrage entreprend des travaux de rénovation.

Les mesures réglementaires sont différentes selon l'importance de la surface des travaux à rénover, le seuil se situant à 1 000 m² (cf. Figure 9). La rénovation dite « globale » définit un objectif de performance glo-

bale pour le bâtiment rénové, à justifier par un calcul réglementaire (RT Existant Globale). Pour tous les autres cas de rénovation, en cas d'installation ou de remplacement d'un élément du bâtiment, la réglementation définit une performance minimale pour l'élément remplacé ou installé (RT Existant par Élément). Par exemple, la résistance thermique minimale d'un mur extérieur après rénovation doit être comprise entre 2,2 et 2,9 m².K/W selon la zone climatique.

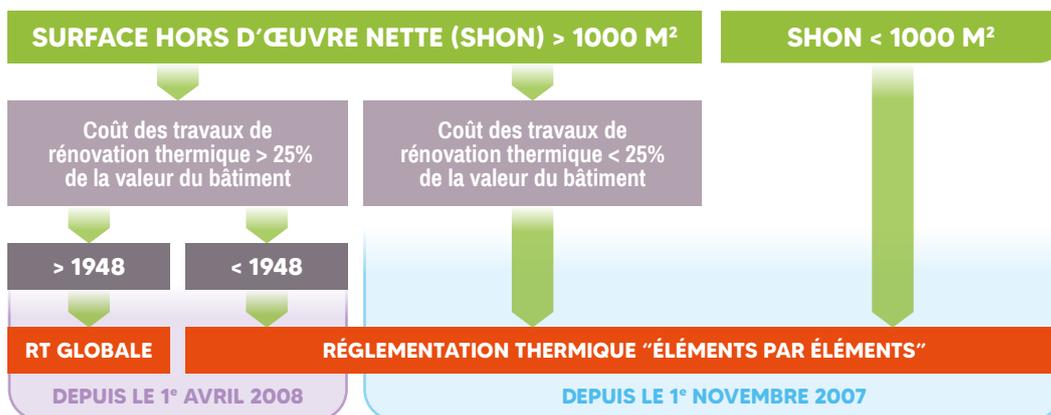


Figure 9 - RT globale ou RT "élément par élément" ? - Source : rt-batiment.fr

EN COMPLÉMENT, LA LTECV DE 2015 A INSTAURÉ DEUX FEUILLES DE ROUTES MAJEUR :

- 🏠 À l'horizon 2050, l'ensemble du parc immobilier devra être rénové en fonction des critères Bâtiment Basse Consommation (BBC) ou assimilées, dont le label « BBC Rénovation 2009 » qui fixe en partie un objectif de consommation maximale en énergie primaire à 80 kWep/m².an modulé selon la zone climatique et l'altitude [11].
- 🏠 Une baisse de la consommation énergétique du secteur du bâtiment de 15 % à l'horizon 2023 et 28 % à l'horizon 2030 (par rapport à 2010).

1.1.4 DYNAMIQUE ACTUELLE DE LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE

1.1.4.1 OÙ EN EST-ON ?

L'Observatoire Climat-Energie¹ [12] est une plateforme qui permet un suivi détaillé des objectifs climatiques et énergétiques de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC). Selon cet observatoire, le bâtiment suit globalement les objectifs tendanciels de réduction des émissions de carbone fixés en 2015 par la SNBC et se situe entre les objectifs initiaux et les objectifs révisés depuis.

1. Accessible en ligne (www.observatoire-climat-energie.fr).

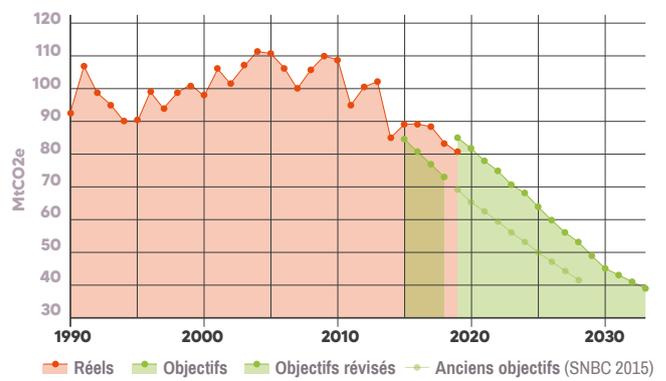


Figure 10 - Emissions globales de GES du secteur du Bâtiment par rapport aux objectifs fixés par la SNBC Source : Observatoire Climat-Energie

En se basant sur les estimations du nombre de rénovations performantes ou très performantes issues des études OPEN et TREMI, il est intéressant de remarquer que ce nombre stagne autour de 260 000 depuis 2013 alors que l'objectif fixé par la LTECV est de 380 000 rénovations performantes annuelles pour les logements résidentiels.

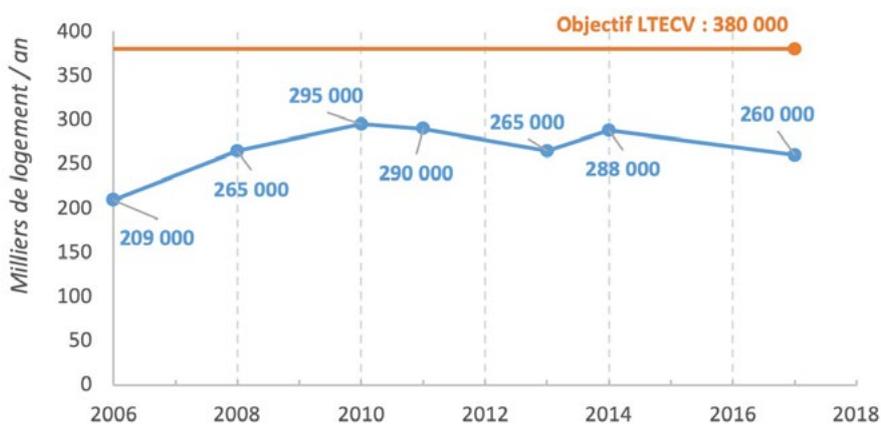


Figure 11 - Evolution du nombre de rénovation performante ou très performante - Source : CODEM, TREMI / OPEN

L'objectif du nombre de rénovations performantes fixé est globalement atteint au deux-tiers. En 2020, une refonte des aides de l'Etat pourrait inciter d'autant plus les foyers français à rénover leur logement.

1.1.4.2 FREINS IDENTIFIÉS À LA MASSIFICATION DE LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE

🏠 CONTRAINTE FINANCIÈRE

La massification de la rénovation énergétique est majoritairement freinée pour des raisons financières.

Alors qu'à l'idéal, le coût d'une rénovation globale d'un logement résidentiel est estimé entre 25 000 € et 60 000 €, selon les sources, la dépense moyenne observée par ménage n'est de l'ordre que de 10 000 € d'après le rapport d'Évaluation du dispositif « reconnu garant de l'environnement » (RGE) [13].

Les travaux de rénovation ont certes comme objectif de faire réduire la facture énergétique, mais les aides financières ne sont pas toujours suffisantes pour inciter certains particuliers à engager des travaux de rénovation globaux. Ainsi, plus d'un ménage sur deux ayant des travaux de rénovation énergétique à réaliser **les repoussent ou les abandonnent** faute de moyen. Un cinquième de ces ménages estiment que les aides financières sont insuffisantes [9].

D'APRÈS L'ENQUÊTE TREMI [8], LA CONTRAINTE FINANCIÈRE DES MÉNAGES ENGENDRE AINSI DEUX PROBLÈMES MAJEURS :

- 🏠 Le recours fréquent à des travaux dont l'efficacité énergétique est modeste. 75 % des travaux de rénovation en maisons individuelles n'ont pas permis à ces logements de changer de classe DPE.
- 🏠 Une vision à court-terme des projets de rénovation ne permettant pas une approche globale et donc l'atteinte à terme d'une diminution significative des déperditions du logement. 39 % des ménages concernés se sont concentrés sur seulement un poste de déperdition.

La diversité des aides et des interlocuteurs a été identifiée comme une vraie difficulté pour le particulier à engager des travaux importants de rénovation. Une refonte du système d'aide a donc été mise en place en 2020 avec « MaPrimeRénov' » pour démultiplier les opérations de rénovations performantes et atteindre l'objectif d'un parc de logements sobre sur le plan énergétique à l'horizon 2050⁽²⁾ (cf. chapitre 1.2.3).

🏠 UNE APPROCHE « PAR ÉTAPES » DE LA RÉNOVATION

Le manque de moyens financiers des ménages implique, bien souvent, une réalisation de travaux de rénovations par étapes. Cependant, d'après l'association Négawatt [14], la démultiplication des travaux de rénovation énergétiques n'est systématiquement pas synonyme d'une amélioration des performances des bâtiments sur le long terme.

Les travaux, effectués par ciblage successifs des postes de déperditions, ne permettent généralement pas d'obtenir une performance globale du bâtiment égale ou supérieure à celle atteignable si l'ensemble des travaux étaient réalisés en une seule fois.

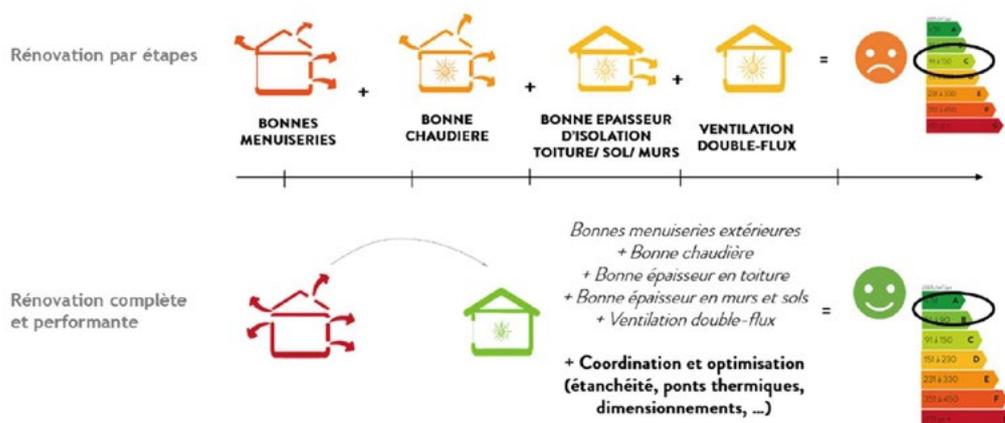


Figure 12 - Comparaison de la rénovation par étapes et de la rénovation complète et performante - Source : NegaWatt [14]

La principale raison est le manque de prise en compte des interactions entre les différents postes de rénovation (création de ponts thermiques, défauts d'étanchéité, etc.).

(2) Les derniers chiffres se basent sur des études antérieures à l'année 2018. Des évolutions dans l'accompagnement financier ont émergé depuis.

Ainsi, selon Negawatt « *La stratégie actuelle de rénovation « par étapes » ne permettra pas d'atteindre la performance du parc bâti en 2050* ».

TOUTEFOIS, UNE DÉMARCHÉ DE RÉNOVATION GLOBALE « PAR ÉTAPE » PEUT TOUT À FAIT SE CONJUGUER AVEC L'ATTEINTE D'UN BÂTIMENT RÉNOVÉ PERFORMANT, SOUS RÉSERVE :

- De la réalisation d'un bilan énergétique préalable à la rénovation.
- D'une hiérarchisation des travaux personnalisée à un logement ainsi qu'aux capacités financières des particuliers permettant de dresser un réel parcours de rénovation.
- D'assurer une attention particulière aux interfaces entre les différents postes de rénovation (menuiseries, murs, toiture, ventilation, chauffage, planchers, etc.).

Dans l'optique de conserver un historique des travaux de rénovation pour l'ensemble du parc existant, la mise en place d'un Observatoire National de la Rénovation Énergétique a été initié [15].

Au travers de son cahier d'idées « Booster de la rénovation » [16], l'ADEME apporte une idée similaire en proposant « un carnet de santé de la maison » qui constituerait un véritable fil rouge entre les occupants successifs d'un bâtiment.

Une approche globale de la rénovation « par étapes » permettrait ainsi de réduire les risques de développement de pathologies, en assurant une réelle continuité dans la réalisation des travaux. Il serait ainsi possible d'atteindre in fine le niveau « BBC rénovation » en proposant un parcours de rénovation dit « BBC compatible », valorisant au mieux les gisements d'économie d'énergie.

■ COMPLEXITÉ DE LA RÉNOVATION DU BÂTI ANCIEN

LES SCÉNARIOS DE RÉNOVATIONS ÉNERGÉTIQUES D'UN BÂTIMENT SONT INTRINSÈQUEMENT LIÉS À SES CARACTÉRISTIQUES ET DÉPENDENT D'UN PANEL IMPORTANT DE PARAMÈTRES TELS QUE :

- La composition et la vétusté des éléments constitutifs des parois de l'enveloppe.
- Les performances et caractéristiques techniques des systèmes énergétiques installés.
- La zone climatique et l'altitude du bâtiment.
- La valeur patrimoniale.
- L'usage du bâtiment.

CHAQUE PROJET DE RÉNOVATION EST AINSI UNIQUE ET DIFFICILEMENT TRANSPOSABLE D'UN BÂTIMENT À L'AUTRE.

■ INFLUENCE DE L'ANCIENNETÉ DE CONSTRUCTION

Généralement, plus un bâtiment est ancien plus les travaux sont nombreux si l'on souhaite améliorer le confort d'usage lié au bâtiment (thermique, humidité, acoustique, etc.). Il sera ainsi plus fréquent de devoir réaliser un bouquet de travaux plutôt qu'une intervention isolée.

■ DIVERSITÉ DE CAS DE FIGURES

Cette multiplicité de configuration rend complexe la définition de solutions de rénovation reproductibles d'un chantier à l'autre et requiert ainsi une étude au cas par cas. De plus en plus de solutions, en préfabrication, sont développées sur le marché de la rénovation pour massifier la production et éviter ainsi le cas par cas.

■ GESTION DE L'HUMIDITÉ

La gestion de l'humidité est l'un des enjeux importants lié aux travaux de rénovation. Les bâtis anciens ont généralement des parois ouvertes à la diffusion de vapeur d'eau [17]. Le choix d'un isolant adapté est primordial afin d'éviter l'apparition de phénomènes de condensation au sein de la paroi. La condensation peut engendrer le développement de moisissures, mais également détériorer la structure du bâtiment [18]. A titre d'exemple, selon le guide « Réhabiliter le bâti picard en pan de bois » [19] l'isolation par l'intérieur des façades via le recours à des isolants fermés à la diffusion de vapeur (tel que le polystyrène ou encore le polyuréthane) est proscrite, car ces matériaux ne permettent pas de conserver la capacité de séchage vers l'intérieur de la paroi. Les parois des bâtis modernes sont généralement plus fermées que celles des bâtis anciens, cependant la question de la gestion de l'humidité reste un sujet essentiel.



Pour gérer au mieux la complexité des travaux de rénovation, il convient de respecter les règles de l'art lors de leur exécution. Les règles de l'art encadrent plusieurs documents techniques, tels que : les Règles Professionnelles, les Avis Technique et Avis Technique d'Expérimentation, ou bien encore les Règles de l'Art Grenelle Environnement (RAGE) présentés sous forme de Recommandations Professionnelles.

Ces derniers sont élaborés par des professionnels du bâtiment avec l'appui d'experts. Ils visent à couvrir les domaines non traditionnels et donc non couverts par un Document Technique Unifié (DTU). Les DTU ont pour objet de définir les bonnes pratiques en matière d'exécution des ouvrages. Il arrive régulièrement qu'une règle professionnelle serve de base à un futur DTU.

1.2 DÉMARCHE D'UN PROJET DE RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE

Les travaux de rénovation peuvent être initiés pour des raisons multiples : inconfort ressenti, consommation énergétique élevée, valorisation de son patrimoine...

Quel qu'en soit le motif, ce projet doit être réfléchi et mené pas à pas pour s'assurer de l'efficacité des travaux. La question du choix de l'isolant et de sa mise en œuvre doit être guidée à partir de données factuelles, souvent obtenues à la suite d'un audit réalisé par un professionnel.

Cette partie énonce les pistes de réflexions nécessaires à un projet de rénovation efficace.

1.2.1 L'ÉNONCÉ DU « BESOIN » ET SA TRADUCTION EN CAHIER DES CHARGES DE RÉNOVATION

Dans le cadre d'une rénovation énergétique, de multiples questions et critères sont à prendre en compte avant de faire le choix des matériaux à mettre en œuvre. Il est ainsi essentiel de bien identifier les éléments déclencheurs d'un projet de rénovation et d'avoir un diagnostic précis du logement avant rénovation pour en connaître les critères de décision.

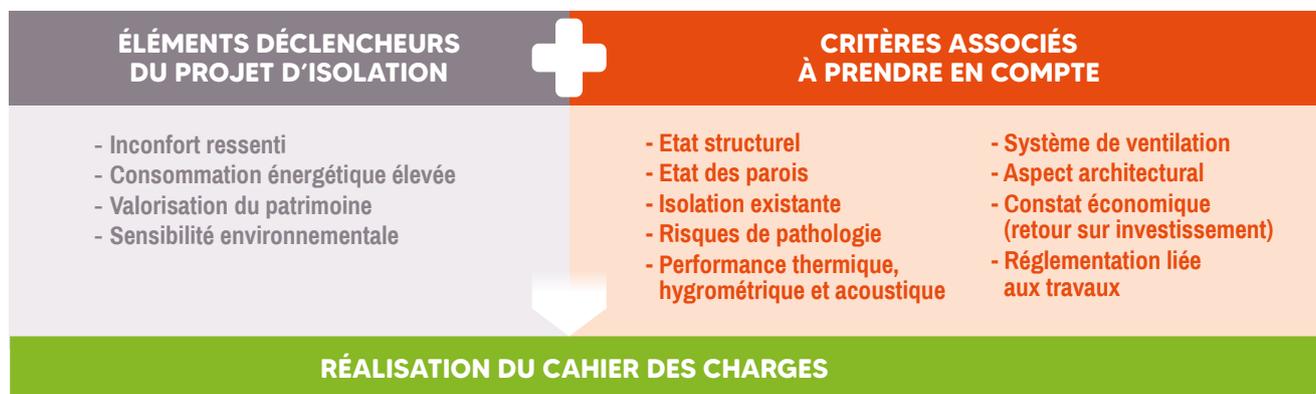


Figure 13 – Démarche de réalisation du cahier des charges des travaux de rénovation – Source : CODEM

Parmi les éléments déclencheurs, l'inconfort est le seul qui ne soit pas intuitif. Ce paramètre est une donnée complexe qui lie le seuil de confort de l'individu à son environnement proche (le bâtiment dans le cas présent). D'après l'enquête TREMI [8], le confort ressenti est le premier élément déclencheur des travaux de rénovation énergétique. De même, l'aspect qualité de l'air intérieur est un point qui prend de l'engvergure chez les propriétaire et locataires [20].

LES PRINCIPALES SOURCES D'INCONFORTS SONT :

- La sensation de parois « froides », amenant une diminution de la température ambiante.
- Le comportement hygrométrique du bâtiment, influant sur la teneur en humidité dans l'air.
- L'isolation phonique de l'enveloppe, jouant sur le confort acoustique perçu par l'occupant.
- La convection : étanchéité à l'air / effet de stratification / ventilation.
- L'inertie thermique, jouant sur le déphasage thermique avec les apports solaires extérieurs.

1.2.2 LES POINTS MAJEURS À ABORDER DANS LE CADRE DU DIAGNOSTIC D'UN BÂTI EXISTANT

🏠 L'ÉTAT STRUCTUREL DU BÂTI

La structure existante ①②③④⑤⑥⑦ doit pouvoir soutenir les travaux à venir.

Les dégradations existantes ①⑤⑥⑦ doivent être répertoriées et traitées (Présence de fissures, perte de joints maçonnés, etc.).

BÂTI ANCIEN < 1948

🏠 IDENTIFICATION DE L'ENVELOPPE

L'état des éléments des parois doit être connu, leur éventuelle usure pouvant interférer avec les performances. L'identification des parois existantes ⑤⑥ et la relève de la présence d'un éventuel isolant ⑨ font partie des prérequis à effectuer, tout comme l'étude de l'épaisseur des murs et de leurs capacités de transferts. Le repérage d'un potentiel pare/frein vapeur ⑨ doit être fait, tout comme l'application d'un hydrofuge ⑧.

🏠 CARACTÉRISTIQUES INERTIELLES

Le mode d'isolation du bâtiment influe sur les échanges hygrothermiques qu'il subit. Ces échanges diffèrent notamment si le mur est isolé par l'intérieur ou par l'extérieur ⑨. Il n'y a parfois pas d'isolant dans le bâti ancien ⑨.

Le positionnement du dormant et la performance des menuiseries extérieurs (fenêtres, portes) sont importants ⑧.

🏠 LES POINTS PARTICULIERS DE TRANSFERTS

Le principe d'ouverture à la diffusion de vapeur d'eau est un aspect primordial. Ces matériaux ou produits sont capables de transférer facilement la vapeur d'eau.

Les parois ⑥ du bâti ancien sont majoritairement ouvertes à la diffusion de vapeur d'eau et ont vécu plus longtemps aux mêmes conditions de transferts. Un déséquilibre hydrique de la paroi doit être anticipé pour ne pas engendrer de désordres dans le bâtiment. De même, des hydrofuges éventuellement rapportés sur la façade ⑥ peuvent être ouverts, comme fermés à la vapeur d'eau. Le système d'isolation doit donc être adapté au cas considéré.

🏠 COMPRENDRE LA VENTILATION

Le bâtiment ancien est pourvu intrinsèquement d'une ventilation naturelle. Celle-ci se traduit par la présence de défauts d'étanchéité à l'air ⑧⑩ des parois et des ouvrants, qui rendent possible un renouvellement d'air.

L'installation d'une ventilation mécanique ⑪ adaptée se posera si les défauts d'étanchéité à l'air sont moins présents.



BÂTI ANCIEN < 1948

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| ① FONDATIONS | ④ PLANCHER HAUT |
| ② PLANCHER BAS | ⑤ TOITURE / CHARPENTE |
| ③ PLANCHER INTERMÉDIAIRE | ⑥ MUR PERMÉANT |



▲ L'ASPECT ARCHITECTURAL

Les façades extérieures (6/7) sont parties prenantes du processus de réflexion sur l'isolation à mettre en place.

Soit par l'esthétisme souhaité par le particulier ; soit par les contraintes esthétiques liées au syndicat de copropriété ou à la commune du lieu d'habitation.

L'aspect patrimonial doit donc entrer en ligne de comptes.

▲ LES DÉPERDITIONS ET DÉSORDRES DANS LE BÂTIMENT

Le repérage des déperditions thermiques (5/6/7/8/10) doit être fait (exemple de ponts thermiques (3/6) et (3/7)). L'observation de la présence de condensation par capillarité (6/7) et/ou infiltration (5) (le transfert de chaleur y est plus favorable tout comme le développement de champignons). L'état fongique du bâtiment doit faire l'objet d'une attention particulière également. Des problèmes d'étanchéité à l'air peuvent aussi être présents (8/10).



BÂTI MODERNE > 1948

- 7 MUR IMPERMÉABLE
- 10 CHEMINÉE
- 8 PORTES ET FENÊTRES
- 11 VMC
- 9 ISOLANT

BÂTI MODERNE > 1948

▲ IDENTIFICATION DE L'ENVELOPPE

L'identification des parois (5/7) et des isolants (9) sont des prérequis nécessaires, associée à l'étude des parois en termes d'épaisseurs et de capacité de transferts. Le repérage du type de pare/frein vapeur éventuellement présent doit être fait (9), ainsi que du type d'hydrofuge (7).

L'état global de ces éléments doit être considéré car leurs caractéristiques propres ont pu être détériorées par des malfaçons ou lors de la vie du bâtiment.

▲ CARACTÉRISTIQUES INERTIELLES

Le mode d'isolation du bâtiment influe sur les échanges hygrothermiques qu'il subit. Elles diffèrent si le mur est isolé par l'intérieur ou par l'extérieur (9). L'isolation est parfois mal dimensionnée, avec des problèmes de continuité dans le bâti moderne (9). Le positionnement du dormant et la performance des menuiseries extérieurs (fenêtres, portes...) sont importants (8).

▲ LES POINTS PARTICULIERS DE TRANSFERTS

Le principe d'ouverture à la diffusion de vapeur d'eau est un aspect primordial. Ces matériaux ou produits sont capable de transférer facilement la vapeur d'eau. Les parois (7) du bâti moderne sont à l'inverse majoritairement fermées à la diffusion de vapeur d'eau. Il est alors important de considérer cet aspect lors des choix de systèmes constructifs. De même, le bâti moderne peut faire l'objet d'une application d'hydrofuge en façade extérieur (7).

Le système d'isolation doit donc être adapté selon ces aspects.

▲ COMPRENDRE LA VENTILATION

Le bâtiment contemporain peut être doté d'une ventilation mécanique (11).

L'étanchéité à l'air étant plus importante dans le bâti moderne notamment avec une imperméabilité plus grande des parois, la ventilation mécanique est obligatoire. Il est important de vérifier le bon entretien de la VMC et de penser à un système plus performant énergétiquement si une rénovation globale est entreprise.

Figure 14 – Éléments constitutifs d'un bâti (à gauche représentation d'un bâti ancien, à droite représentation d'un bâti moderne) – Source : CODEM

1.2.3 UNE ORGANISATION NATIONALE RENFORCÉE POUR FACILITER LA RÉNOVATION

1.2.3.1 STRUCTURES D'ACCOMPAGNEMENT À LA RÉNOVATION

En France, il existe plus de 450 entités vouées à l'information, à la sensibilisation, au conseil et à l'accompagnement des particuliers, entreprises et collectivités dans leurs démarches de rénovation.

Ces entités, membres du réseau « **Faciliter, Accompagner, Informer pour la Rénovation Énergétique** » (FAIRE), constituent un maillage dense sur l'ensemble de l'hexagone et permettent de proposer un réel service de proximité. Ces lieux d'accueil et d'échanges offrent aux particuliers une expertise gratuite et objective pour mener à bien leur projet de rénovation énergétique qu'ils soient : propriétaires occupants, propriétaires bailleurs ou encore locataires.

Le réseau FAIRE se compose des Espaces Info Énergie (EIE) (animés par l'ADEME), des Agences Départementales de l'Information sur le Logement (ADIL) ainsi que des guichets de l'Agence Nationale de l'Habitat (Anah).

En complément des conseillers FAIRE, les Plateformes Territoriales de la Rénovation Énergétique (PTRE), d'initiative locale, propose également un **accompagnement personnalisé**.

1.2.3.2 AIDES DE FINANCEMENT POUR DES TRAVAUX DE RÉNOVATION

Il existe de nombreuses solutions pour aider les particuliers à financer leurs travaux de rénovations. Le guide « Aides financières 2020 » de l'ADEME [21] énonce en détail les aides financières mobilisables et leurs modalités d'attributions.

LES PRINCIPALES ÉVOQUÉES SONT LES SUIVANTES :

🏠 **MAPRIMERÉNOV'**

Tous les ménages sont éligibles à MaPrimeRénov', pour leur logement construit avant 2018. Il est possible de déposer les demandes sur maprimerenov.gouv.fr. Les équipements et matériaux éligibles doivent respecter des critères techniques (précisés par l'article 18 bis de l'annexe IV au CGI mis à jour par l'arrêté du 13/02/20). Depuis le 1^{er} octobre 2020, MaPrimeRénov' met en place un bonus « sortie de passoire énergétique », un forfait « Assistance à maîtrise d'ouvrage (AMO) » pour les ménages souhaitant se faire accompagner dans leurs travaux et un forfait « rénovation globale » pour les ménages aux revenus intermédiaires et supérieurs afin d'encourager les bouquets de travaux.

🏠 **L'ÉCO-PRÊT À TAUX-ZÉRO**

L'éco-prêt à taux zéro est un prêt à taux d'intérêt nul et accessible sans condition de ressources, pour financer des travaux d'amélioration de la performance énergétique, jusqu'au 31 décembre 2021. Le logement concerné par les travaux doit avoir plus de 2 ans et être déclaré comme résidence principale ou destiné à l'être. L'aide est valable à condition de réaliser au moins une action efficace d'amélioration de la performance énergétique.

🏠 **LE PROGRAMME « HABITER MIEUX » DE L'ANAH**

Seuls les ménages à revenus modestes et très modestes sont éligibles à cette aide. Les conditions d'éligibilité sont détaillées sur le site de l'Anah www.anah.fr. Depuis 2020, les aides de l'Anah sont bonifiées pour tous les travaux permettant un gain énergétique d'au moins 25 %. Le financement est proportionnel au montant des travaux.

Dans le cadre d'une rénovation d'un bâtiment résidentiel, il est nécessaire de faire appel à des professionnels avec la mention « RGE » (Reconnu Garant de l'Environnement) pour bénéficier d'aides de financements. Cette appellation garantit la compétence et la solidité financière de l'entreprise choisie. Les professionnels RGE ont suivi une formation et s'engagent à respecter une charte de qualité.



EXEMPLE D'ADRESSES UTILES POUR SE FAIRE ACCOMPAGNER PAR DES PROFESSIONNELS OU AIDER FINANCIÈREMENT

- Contacter un conseiller du réseau FAIRE par téléphone au **0 808 800 700** (numéro azur) ou sur le site www.faire.fr Rubrique « **Je prends contact avec un conseiller** ».
- Prendre connaissance du Guide « **Isoler ma maison** » de l'ADEME [7] pour optimiser ses travaux de rénovation énergétique.
- Trouver un professionnel RGE en consultant l'annuaire présent sur : www.faire.gouv.fr/trouvez-un-professionnel
- S'informer sur les aides financières mobilisables et leurs modalités d'attributions via la plateforme web : aidesauxtravaux.fr
- Découvrir les aides locales à la rénovation mobilisables sur votre commune, sur le site de l'ANIL : www.anil.org/votre-projet/vous-etes-propretaire/amelioration/aides-locales-a-leco-renovation
- Estimer le montant des aides auquel vous avez droit sur www.faire.gouv.fr/aides-de-financement/simulaid.es.



STRATÉGIE DE RÉNOVATION AVEC DES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS

2.1 MATÉRIAUX BIOSOURCÉS ET RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE

2.1.1 DES MATÉRIAUX COURAMMENT UTILISÉS DANS LE BÂTIMENT

Il existe aujourd'hui une diversité de solutions biosourcées (hors bois de structure) utilisables pour la rénovation du bâtiment. L'ensemble de ces solutions sont détaillées dans le Guide des produits biosourcés durables pour les acheteurs publics et privés publié par l'ADEME en 2019 [22], ainsi que dans le guide des Matériaux de construction biosourcés dans la commande publique, du Ministère de la transition écologique et solidaire et du Ministère de la cohésion des territoires et des relations avec les collectivités territoriales, d'avril 2020 [23].

USAGE	TYPLOGIE DE PRODUITS	BIOMASSES MOBILISÉES
Isolation rapportée (intérieur, extérieur)	Vrac (fibres/granulats)	Produits connexes du bois, ouate de cellulose, coton issu de textiles recyclés, laine de mouton, paille de riz, anas de lin*
	Panneau (rigide/semirigide) et rouleau	
Isolation répartie (remplissage / insufflation)	Vrac (fibres/granulats)	Produits connexes du bois, ouate de cellulose, coton issu de textiles recyclés, chanvre, paille, liège, anas de lin*
	Béton, mortier et bloc	Chanvre, lin, colza, produits connexes du bois
	Bottes	Paille
Finition des façades	Enduits	Chanvre, terre-paille
	Bardage et panneaux de façade composite	Produits connexes du bois, chaume
Etanchéité de toiture-terrasse	Membrane	Colza (huile)

*Liste des principales biomasses concernées. Localement d'autres matières peuvent être valorisées: miscanthus, chaume ...

Figure 15 - Principales ressources valorisées et débouchés respectifs - Source : Des produits biosourcés durables pour les acheteurs public et privés, ADEME [22]

Ces matériaux issus de la biomasse ou du recyclage de ses applications, sont utilisés dans le bâtiment pour certains depuis des siècles. L'isolation biosourcée représente 8 % du chiffre d'affaire du marché de l'isolation, d'après l'AICB [24].

Leur utilisation est en croissance constante ces dernières années, du fait de leur performance (confort d'été, durabilité des performances dans le temps, etc.), de la largeur et de la profondeur de leur gamme, de l'innovation constante des produits et des systèmes constructifs et de pose, etc. ou des politiques publiques dédiées. Ils sont devenus des produits couramment utilisés dans le bâtiment, caractérisés, vérifiés dans la régularité de la qualité de leur performance et assurables.

SEMI-PRODUIT OU PRODUIT FINI	TAUX DE CROISSANCE PRÉVISIONNEL ANNUEL MOYEN À L'HORIZON 2030
Isolants souples	+ 10 % / an
Isolants de remplissage	
Enduits, mortiers, blocs/parpaings	

Figure 16 - Hypothèses médianes de croissance des matériaux bases fibres végétales techniques (hors bois)

Source : Mémento des marchés fibres végétales techniques en matériaux [25]

La Réglementation Environnementale, RE 2020, à venir dans les mois qui viennent semble aller dans le sens d'une utilisation accrue des matériaux biosourcés. Cette réglementation ne concernera cependant que la construction neuve.

2.1.2 DES MATÉRIAUX PERTINENTS POUR LES OPÉRATIONS DE RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE

Les matériaux biosourcés présentent des caractéristiques particulièrement appropriées à la rénovation du bâti ancien.



2.1.2.1 CONFORT HYGROTHERMIQUE

La préservation d'un bâtiment lors d'une opération de rénovation requiert le respect de l'équilibre hygrothermique des parois. Il est en effet primordial d'éviter l'apparition de phénomènes de condensations superficielles ou internes pouvant entraîner des pathologies structurelles voire des risques sanitaires pour les occupants. C'est ainsi avec le plus grand soin qu'il faut concevoir et dimensionner les solutions de rénovations thermiques.

La capacité intrinsèque des matériaux isolants biosourcés à absorber et restituer efficacement la vapeur d'eau présente dans l'air (intérieur ou extérieur) leur

permet de compenser les variations climatiques et ainsi de jouer le rôle de « tampons hydriques » au sein des parois. Cette régulation naturelle permet également, par changement de phase de la vapeur d'eau, de contribuer à l'isolation thermique du bâtiment.. **Cette caractéristique permet ainsi à ces matériaux d'être plus adaptés à la rénovation d'un bâtiment ancien, que les isolants traditionnels** (laine de roche/verre, polystyrène expansé ou extrudé, polyuréthane), pour lesquels **des situations présentant des excès d'humidités⁽⁵⁾ ont été constatées [26] et [27].**

2.1.2.2 CONFORT D'ÉTÉ

La composition des matériaux biosourcés apporte des qualités de déphasage et d'isolation thermique très pertinentes pour le confort d'été.

Ces isolants possèdent une bonne inertie thermique de transmission permettant d'emmagasiner l'énergie et de ralentir les transferts de chaleur, notamment du rayonnement solaire estival.

Le déphasage thermique est intéressant pour réguler la température intérieure des bâtiments, en rejetant la nuit l'énergie emmagasinée durant la journée. Ce déphasage jour/nuit est intéressant pour améliorer le confort d'été et ainsi éviter des surchauffes du bâtiment et donc l'utilisation de systèmes de climatisation.

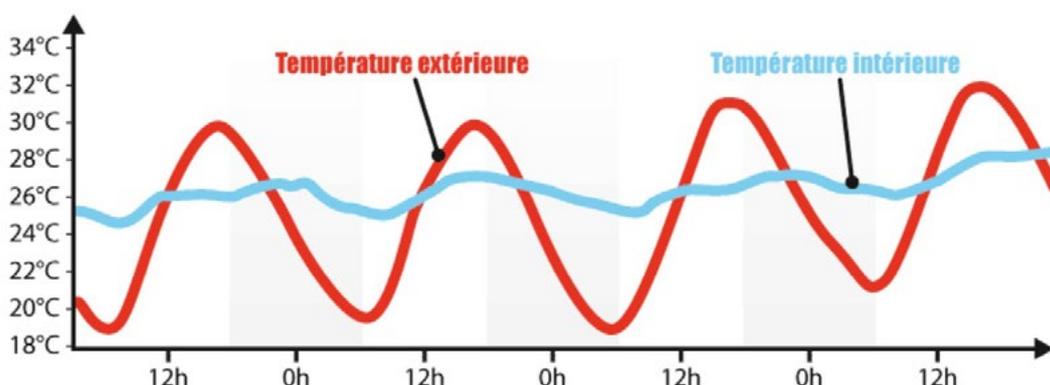


Figure 17- Comment se traduit le déphasage thermique ? - Source : tendance-travaux.fr

Le tableau de synthèse des matériaux d'isolation biosourcés (cf. chapitre 2.2) illustre la capacité de déphasage de ces solutions. Le déphasage des matériaux biosourcés est compris entre 4 à 16 heures pour une épaisseur de 20 cm ; le déphasage idéal recherché étant de 10 à 12h pour un bon confort d'été dans les régions où les températures estivales sont élevées.

2.1.3 DES MATÉRIEAUX RENOUVELABLES PRODUIT LOCALEMENT

Les matériaux biosourcés permettent en premier lieu la valorisation de ressources renouvelables.

81 % des particuliers recourent aux produits biosourcés par convictions écologiques, d'après le résultat de l'enquête de Nomadéis, financée par l'ADEME, sur « les perceptions, pratiques et attentes des entreprises artisanales vis-à-vis des matériaux biosourcés » [28].

L'analyse des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) disponibles sur la base INIES, montre qu'ils présentent bien un bilan environnemental intéressant sur l'ensemble de leurs cycles de vie, en stockant notamment du carbone biogénique lors de la croissance des végétaux [29]. La phase du cycle de vie des matériaux biosourcés qui est la plus impactante est la fin de vie. En effet, à ce jour, d'un point de vue normatif, la seule hypothèse de fin de vie considérée pour les matériaux biosourcés est la mise en décharge.

(5) En raison, par exemple de remontées capillaires, de fuites d'eau (réseau, fissures, toiture, etc.), de la présence de ponts thermiques ou encore de l'exposition à la pluie battante.

Cette étape de fin de vie représente plus de 75 % des impacts cumulés négatif sur l'environnement. Une meilleure prise en compte de leur fin de vie et du stockage de carbone biogénique pourrait contribuer à faire baisser leur impact environnemental d'un point de vue théorique.

En outre, le recours aux matériaux biosourcés participe à la création d'emplois locaux non délocalisables ainsi qu'au développement économique des territoires, en favorisant les circuits courts et l'emploi de ressources locales. Ils perpétuent ainsi l'histoire de la filière bâtiment en France basée sur des matières locales pour des usages locaux.

2.1.4 DES MATÉRIAUX POURTANT MÉCONNUS

Malgré les performances différenciantes apportées par les matériaux biosourcés, ceux-ci restent encore peu fréquemment employés pour des travaux de rénovation énergétique. D'après l'enquête TREMI, seuls 15 % des ménages ont eu recours à des isolants biosourcés pour leurs travaux d'isolation. L'emploi démocratisé de ces matériaux se heurte à de multiples obstacles que rencontrent l'ensemble des acteurs de la construction : maîtres d'ouvrages, prescripteurs ou encore artisans.

L'ADEME, dans son rapport sur les produits biosourcés durables pour les acheteurs publics et privés [22] et dans ses résultats d'enquête inter-régionale sur la perception, les pratiques et les attentes vis-à-vis des matériaux biosourcés [28] présentent les idées reçues mais aussi les freins à lever sur l'utilisation de ces matériaux biosourcés.

ILS PEUVENT SE RÉSUMER DE LA MANIÈRE SUIVANTE :

FREINS	ACTEURS	
	MAÎTRE D'OUVRAGE	ARTISANS ET PRESCRIPTEURS
<p>Méconnaissance des matériaux biosourcés</p> <p>Déficit de formation</p> <p>Manque de retour d'expérience</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 45 % des entreprises considèrent que le manque de connaissance des matériaux biosourcés par les maîtrises d'ouvrages constitue un frein majeur à leur recours [28]. • Peu d'attrait pour l'amélioration du confort lié à la caractéristique hygroscopique des matériaux biosourcés. 	<ul style="list-style-type: none"> • Environ un tiers des entreprises estime que l'emploi de matériaux biosourcés engendre des difficultés [28] (disponibilités, mise en œuvre, approvisionnement) et qu'il serait intéressant de mettre à disposition des recommandations pour accompagner à la vente et à la mise en œuvre. • Déficit de formation.
Règlementaires et normatifs		<ul style="list-style-type: none"> • Des préjugés persistent quant aux risques d'incendies et de développement de moisissures liés à l'emploi de matériaux biosourcés. • Les avantages en termes de confort conférés par le comportement hygroscopique ou le déphasage des matériaux biosourcés ne sont pas pris en compte par la RT 2012. Le déphasage sera (à priori) pris en compte dans la RE 2020.
Structuration de la filière		<ul style="list-style-type: none"> • Les artisans craignent des difficultés dans leur approvisionnement [28].
Prix	<ul style="list-style-type: none"> • Une difficulté à raisonner en coût global (c'est-à-dire prendre en compte les coûts différés : entretien, maintenance, etc.), pénalisant les matériaux biosourcés qui présentent un surcoût à l'achat [30]. 	<ul style="list-style-type: none"> • 88% des entreprises estiment un surcoût à l'achat ou à la mise en œuvre des matériaux biosourcés [28].
Manque de prescription		<ul style="list-style-type: none"> • Dans 74 % des cas, le recours à des matériaux biosourcés résulte d'une demande formulée par le maître d'ouvrage et non d'une proposition spontanée d'emploi de matériaux biosourcés par les entreprises [28].

Figure 18 - Freins identifiés à l'emploi de matériaux biosourcés pour la rénovation

2.2 DES FICHES PRATIQUES : MODE D'EMPLOI

Ce guide comprend des informations pratiques permettant d'orienter les utilisateurs dans le choix de solutions adaptées à leurs besoins. Cet outil sert à la prise de décision des acteurs du bâtiment quels que soient leurs domaines d'activités ou leur positionnement sur la chaîne de valeur : maître d'ouvrage privé ou public, maître d'œuvre (architecte, bureau d'étude ou de contrôle, etc.), constructeur/ poseur (entreprise générale de maçonnerie, etc.).

LA DÉMARCHE DE RÉNOVATION DOIT ÊTRE APPRÉHENDÉE DE MANIÈRE GLOBALE.

AFIN DE FACILITER SA RÉALISATION, CE GUIDE DISTINGUE 3 PORTES D'ENTRÉE POSSIBLES :

1. Le choix des matériaux d'isolation.
2. La typologie de paroi à rénover.
3. Les techniques de mises en œuvre.

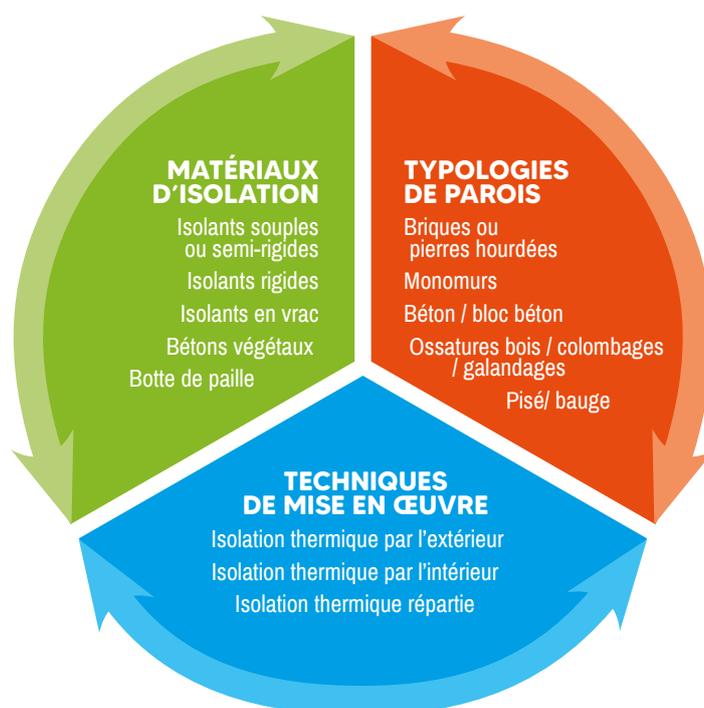


Figure 19 - Critères clés à prendre en compte pour réussir une rénovation à base de matériaux biosourcés

QUESTIONS FRÉQUENTES	DÉMARCHE D'UTILISATION DES FICHES CONSEILLÉE
« Les murs de ma maison sont en briques, quels matériaux puis-je choisir ? »	PAROI ► MATÉRIAU ISOLANT ► MISE EN ŒUVRE
« Les murs de ma maison sont en briques, quelles techniques de mise en œuvre puis-je choisir ? »	PAROI ► MISE EN ŒUVRE ► MATÉRIAU ISOLANT
« J'aimerais employer de la laine de chanvre, mais quelles sont les typologies de parois possibles ? »	MATÉRIAU ISOLANT ► PAROI ► MISE EN ŒUVRE
« J'aimerais employer de la laine de chanvre, quelles sont les techniques de mises en œuvre possibles ? »	MATÉRIAU ISOLANT ► MISE EN ŒUVRE ► PAROI
« Je souhaite rénover mon bâtiment par l'intérieur, est-ce possible sur une paroi en briques et avec quels matériaux ? »	MISE EN ŒUVRE ► PAROI ► MATÉRIAU ISOLANT
« Je souhaite rénover mon bâtiment par l'intérieur, mais quels matériaux d'isolation puis-je utiliser ? »	MISE EN ŒUVRE ► MATÉRIAU ISOLANT ► PAROI

En supplément de ces trois formats de fiches, une fiche « étude du comportement de parois » présente différents cas de rénovation afin d'illustrer le comportement thermo-hydrrique des parois. La gestion de l'humidité dans les parois est un point sensible, à traiter impérativement. Un tableau de synthèse des matériaux d'isolation biosourcés est donné en amont des fiches.

2.3 MATÉRIAUX D'ISOLATION BIOSOURCÉS UTILISÉS POUR LA RÉNOVATION DE PAROIS

La Figure 19 ci-dessous permet de donner une vision d'ensemble des principales solutions biosourcées disponibles et des caractéristiques associées à ces matériaux : propriétés d'isolation, performances techniques ou environnementales.

Ce tableau a une vocation d'illustration et non à être exhaustif.

Les données sont organisées sur la base d'une paroi devant respecter une valeur de $R = 5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}^{(6)}$.

Les principales caractéristiques utilisées sont détaillées dans le lexique (cf. page 7).

				PROPRIÉTÉS D'ISOLATION			
ORIGINE	N° FICHE MATÉRIAU	MATÉRIAU	CONDITIONNEMENT	Conductivité thermique λ [W/m.K]	Capacité thermique massique C_p [J/K.kg]	Epaisseur pour R=5 e [mm]	Temps de déphasage pour 20 cm ϕ [h]
Végétale	1	Bois	Laine	0,032 à 0,038	2100	160 à 190	5,2 à 8,5
	2		Panneau rigide	0,036 à 0,050	2100	180 à 250	11,2 à 16,5
	3		Vrac	0,038 à 0,040	2100	190 à 200	7,2
	2	Liège expansé	Panneau rigide	0,040 à 0,045	1670	200 à 225	10,3 à 14,8
	1	Chanvre	Laine	0,040 à 0,041	1800	200 à 205	4,2 à 6,6
	4		Béton	0,070 à 0,100	1800	350 à 500	13
	5	Paille de blé	Botte	0,048 à 0,080 à champ	1500	240 à 400	7,3
	1	Paille de riz	Laine	0,039	1790	195	6,9
	1	Herbe	Laine	0,038	1700	190	6,0
	1	Mixte (chanvre / coton / lin ...)	Laine	0,038	1800	190	5,5
Issus du recyclage	1	Ouate de cellulose	Laine	0,039 à 0,040	1800	195 à 200	6,6
	3		Vrac	0,038 à 0,040	2100	190 à 200	10
	1	Textile recyclé	Laine	0,039	1600	195	4,2 à 4,6
	3		Vrac	0,041	1600	205	4,2 à 4,6
Origine animale	1	Mouton	Laine	0,035 à 0,038	1600 à 1760	175 à 190	3,9 à 4,6

Figure 20 – Synthèses des principales caractéristiques des matériaux d'isolation biosourcés

(6) La valeur de $R = 5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ se base sur la conformité à la RT2012 ($R = 3,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour les parois verticales) et sur les valeurs couramment rencontrées pour l'obtention du label BBC Rénovation ($4 < R < 4,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour les parois verticales), arrondie à l'unité supérieure dans l'optique de l'amélioration des performances des bâtiments. C'est généralement la valeur retenue dans l'ensemble des publications relatives à la rénovation.

NOTA BENE :

Les données indiquées sont issues des documentations techniques des fabricants de matériaux, de la base INIES et des bases de données du CODEM, elles peuvent être moyennées et sont valables à date de parution du guide.

Les données sont à regarder au cas par cas en situation réelle, en fonction du matériau utilisé, en lien avec les professionnels qualifiés en rénovation énergétique des bâtiments mobilisés sur les chantiers réalisés.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES ET PERFORMANCES ENVIRONNEMENTALES

Masse volumique ρ [kg/m ³]	Résistance à la diffusion de vapeur d'eau μ sans unité	Classement au feu sans unité	Emission de gaz à effet de serre pour R = 5 [kgCO ₂ eq/m ²]	Emission de COV sans unité
40 à 80	0,5 à 5	B à E	9,5 à 12,7	A+
110 à 270	3 à 5	E	-0,6 à 38,5	A+
30 à 60 ⁽⁴⁾	1 à 3	B	NC	A+
100 à 260	10	B à E	90,5 ⁽³⁾	A à A+
25 à 40	1 à 1,5	E	8,6	A+
250 à 700	7,8	B	1,1 à 143,0 ⁽³⁾	nc
80 à 120	1,15	E	-9,9	A+
50	2,8	E	3,5	A+
40	1	E	-1,5	En cours
30	2	F	1,8	A+
40 à 45	2	B à E	NC	A+
24 à 60 ⁽⁴⁾	1 à 2	B à E	-2,7 à 3,7	A à A+
20 à 25 ⁽⁴⁾	2,2	E	10,7	A+
10 à 15 ⁽⁴⁾	1 à 2	E	NC	A+
12 à 30	1 à 2	B à E	1164,0 ⁽³⁾	A+

EVALUATIONS TECHNIQUES

Cadre réglementaire (1)	Certification ACERMI (2)
ATec	✓
ATec	✓
ATec	✗
✗	✓
✗	✗
Règles Professionnelles	nc
Règles Professionnelles	nc
ATex	En cours
DTA	En cours
ATec	✓
✗	✗
ATec	✓
ATec	✓
✗	✓
✗	✗

(1) Au moins un produit de la même ligne est concerné par le document cité (pour une application en mur).

(2) Au moins plusieurs produits de la même ligne sont concernés par la certification ACERMI.

(3) Valeurs majorées, issues de données par défauts

(4) Valeurs pour les éléments vrac non mis en œuvre.

2.4 PRÉSENTATION DES FICHES « MATÉRIAU D'ISOLATION »

Les fiches « matériau d'isolation » présentées ci-après sont regroupées par famille de produits dont les techniques de mise en œuvre sont identiques et ne dépendent pas de la nature des matières premières.

ON RETROUVE DONC CINQ FICHES RÉPARTIES COMME SUIT :

- 🏠 **ISOLANTS SOUPLES OU SEMI-RIGIDES** : se présentent sous forme de rouleaux et panneaux flexibles. Ces formats se découpent facilement et peuvent être légèrement comprimés afin de faciliter le passage de gaines.
- 🏠 **ISOLANTS EN VRAC** : se présentent sous formes de granulés, billes ou flocons. Ils s'adaptent à une multitude de volumes et de supports, et conviennent au remplissage de caissons rigides ou espaces de volumes fermés.
- 🏠 **ISOLANTS RIGIDES** : se présentent sous forme de panneaux. Ils offrent de bonnes performances mécaniques. Leur utilisation est conseillée pour les supports plans et généralement pour l'isolation par l'extérieur. Certains produits sont imputrescibles, ce qui les rend particulièrement adaptés à une utilisation en contact avec le sol.
- 🏠 **BÉTONS VÉGÉTAUX** : sont confectionnés à partir de granulats biosourcés et de différents types de liants. Leurs microstructures complexes en font des matériaux à changement de phases « naturel ». Leur tenue mécanique leur permet d'être autoporteurs dans certains cas.
- 🏠 **CONSTRUCTION PAILLE** : pour une utilisation en remplissage isolant et support d'enduit. Dans ce guide, seules les constructions pailles utilisées pour la rénovation seront explicitées.

LES FICHES « MATÉRIEAUX D'ISOLATION » SONT ORGANISÉES DE LA MANIÈRE SUIVANTE :

- 🏠 Présentation sommaire des matériaux biosourcés utilisés pour l'isolation de bâtiments.
- 🏠 Un tableau regroupant les principales caractéristiques techniques des produits.
- 🏠 Un tableau de compatibilité de mise en œuvre.
- 🏠 Une synthèse des avantages/inconvénients des solutions proposées.

L'ENSEMBLE DES MATÉRIEAUX PRÉSENTÉS CI-APRÈS POSSÈDENT GÉNÉRALEMENT UNE OU PLUSIEURS « ATTESTATIONS » JUSTIFIANT L'APTITUDE À L'EMPLOI, LABELS ET/OU CERTIFICATIONS, PARMIS LESQUELS ON PEUT RETROUVER PAR EXEMPLE :

- 🏠 Des évaluations techniques (ATec ou ATEx).
- 🏠 Des Règles Professionnelles (paille et béton de chanvre).
- 🏠 Des données environnementales et sanitaires (FDES, émissions de COV).
- 🏠 Des certifications (ACERMI).
- 🏠 Des labels (produit biosourcé pour le bâtiment, PEFC et FSC).
- 🏠 Des procès-verbaux d'essais (feu, acoustique).

Certains de ces documents sont nécessaires pour valider l'atteinte de performances techniques ou environnementales, pour l'assurabilité des travaux, ou pour l'obtention d'aides financières.

RENSEIGNEMENTS DISPONIBLES SUR LES SITES DE :

- 🏠 www.acermi.com pour la certification par un tiers des performances et un suivi qualité.
- 🏠 www.inies.fr/produits-de-construction pour la déclaration environnementale par le fabricant.
- 🏠 www.ccfat.fr pour les produits non traditionnels.
- 🏠 www.produitbiosource.fr pour le label mettant en avant le taux de matière biosourcée.

Les fiches « matériaux d'isolation » présentent les principales solutions vendues sur le marché français. Il ne s'agit pas d'une liste exhaustive. La présentation faite dans ce guide ne doit pas dispenser de l'intervention d'un professionnel qualifié pour des travaux de rénovation avec des matériaux biosourcés.

2.4.1 ISOLANTS SOUPLES OU SEMI-RIGIDES

Les isolants souples et semi-rigides peuvent être associés au mot « laine ». Ils sont conditionnés soit en rouleaux, soit sous forme de panneaux.

Ils peuvent être issus d'une seule biomasse (chanvre, bois, paille de riz, herbe, laine de mouton, etc.), recyclée (ouate de cellulose, coton issu du recyclage de vêtements textiles) ou d'un mix de ces différentes biomasses (chanvre/ lin/ coton recyclé).

CARACTÉRISTIQUES

TECHNIQUES PRINCIPALES :

	SOUPLES OU SEMI-RIGIDES
Conductivité thermique λ (W/m.K)	0,032 à 0,041
Épaisseur pour un R=5 (mm)	160 à 205
Temps de déphasage φ (h)	4,2 à 8,5
Masse volumique ρ (kg/m ³)	12 à 80
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau μ	0,5 à 5
Emission de gaz à effet de serre (kgCO ₂ eq/m ²)	-1,5 à 12,7



COMPATIBILITÉ DE MISE EN ŒUVRE DE CES MATÉRIAUX ISOLANTS :

		ITE ENDUIT	ITE BARDAGE	ITI	ITR
< 1948	Briques ou pierres hourdées	✗	✓	✓	✗
	Ossature bois / colombage / pan de bois / galandage	✗	✓	✓	✓
	Pisé / bauge	✗	✓	✓	✗
> 1948	Monomurs	✗	✓	✓	✗
	Béton / bloc béton	✗	✓	✓	✗

TECHNIQUES DE POSE :

Les laines biosourcées peuvent être fixées mécaniquement (rosace, agrafe, équerre à dents, etc.) entre ou derrière des montants bois ou métalliques.

Les panneaux peuvent être comprimés de façon limitée, ce qui permet leur application en total contact à la paroi support, même si celle-ci présente des irrégularités de planéité.

La mise en œuvre des laines biosourcées est similaire à celle des laines minérales.

Il est nécessaire de se référer aux documents techniques existants des produits afin d'éviter tout défaut de mise en œuvre susceptible d'engendrer des désordres et d'engager la responsabilité de l'artisan.

AVANTAGES

- Bonnes performances thermiques et acoustiques.
- Contribution significative au confort d'été en semi-rigides.
- Très bons scores pour la qualité de l'air intérieur.
- Confort et facilité de pose.
- Produits issus de matières renouvelables ou recyclées.
- Produits pouvant être généralement sous ACERMI.

POINTS DE VIGILANCE

- Une bonne mise en œuvre des systèmes constructifs est impérative afin d'éviter un développement fongique.
- Il est nécessaire de bien questionner les problématiques liées à l'humidité.
- L'appui des fabricants ou une étude hygrothermique est nécessaire pour l'utilisation des bonnes membranes (frein-vapeur et pare-pluie).
- Comme pour tous travaux, il est recommandé de porter des équipements de protection individuelle adaptés.

2.4.2 ISOLANTS RIGIDES

Les isolants rigides se présentent sous forme de panneaux, à bords droits ou rainurés et languettes.

Les matériaux principaux constituant la gamme de produits isolants biosourcés rigides sont les fibres de bois et le liège.

CARACTÉRISTIQUES

TECHNIQUES PRINCIPALES :

	SOUPLES OU SEMI-RIGIDES
Conductivité thermique λ (W/m.K)	0,036 à 0,050
Épaisseur pour un R=5 (mm)	180 à 250
Temps de déphasage φ (h)	10,3 à 16,5
Masse volumique ρ (kg/m ³)	100 à 270
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau μ	3 à 10
Emission de gaz à effet de serre (kgCO ₂ eq/m ²)	-0,6 à 90,5 ⁽¹⁾

(1) Valeurs majorées, issues de données par défauts



COMPATIBILITÉ DE MISE EN ŒUVRE DE CES MATÉRIAUX ISOLANTS :

		ITE ENDUIT	ITE BARDAGE	ITI	ITR
< 1948	Briques ou pierres hourdées	✓	✓	✓	✗
	Ossature bois / colombage / pan de bois / galandage	✓	✓	✓	✓
	Pisé / bauge	✓	✓	✓	✗
> 1948	Monomurs	✓	✓	✓	✓
	Béton / bloc béton	✓	✓	✓	✗

TECHNIQUES DE POSE :

Les isolants en panneaux rigides présentent régulièrement un système d'isolation extérieur rainuré bouveté (assemblage à rainure et languette), ce qui permet un assemblage aisé tout en diminuant les ponts thermiques. Ces panneaux peuvent être fixés mécaniquement (rosace, contrelattes, etc.) ou collés.

Il est nécessaire de se référer aux documents techniques existants des produits afin d'éviter tout défaut de mise en œuvre susceptible d'engendrer des désordres et d'engager la responsabilité de l'artisan.

AVANTAGES

- Bonnes performances thermiques et acoustiques (en particulier du liège sur le plan acoustique).
- Contribution significative au confort d'été du fait d'une bonne inertie thermique.
- Très bons scores pour la qualité de l'air intérieur.
- Les panneaux en fibres de bois paraffinés ou en liège sont ouverts à la diffusion de vapeur d'eau. Ils ne craignent pas les expositions accidentelles à l'eau liquide. Le liège étant résistant et imputrescible, il peut facilement être utilisé en soubassement.
- Les panneaux en fibres de bois ou en liège peuvent être pare-pluie ou support d'enduit.
- Confort et facilité de pose.
- Produits issus de matières renouvelables.
- Produits pouvant être généralement sous ACERMI.

POINTS DE VIGILANCE

- Une bonne mise en œuvre des systèmes constructifs est impérative afin d'éviter un développement fongique (hors liège).
- Le bois est généralement produit en France contrairement au liège qui est importé.
- Une attention particulière est nécessaire au moment de la mise en œuvre sur l'assemblage de ces isolants pour éviter tous ponts thermiques.

2.4.3 ISOLANTS EN VRAC

Les isolants en vrac se présentent sous forme de flocons, de fibres, de granulats ou de particules.

Les principaux matériaux constituant la gamme de produits isolants biosourcés en vrac sont la ouate de cellulose et les fibres de bois, plus ponctuellement les fibres de chanvre, le coton, le liège et les balles de céréales.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES PRINCIPALES :

	SOUPLES OU SEMI-RIGIDES
Conductivité thermique λ (W/m.K)	0,038 à 0,041
Épaisseur pour un R=5 (mm)	190 à 205
Temps de déphasage φ (h)	4,2 à 10
Masse volumique ρ (kg/m ³)	10 à 60 ⁽¹⁾
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau μ	1 à 3
Emission de gaz à effet de serre (kgCO ₂ eq/m ²)	-2,7 à 3,7

(1) Valeurs majorées, issues de données par défauts



COMPATIBILITÉ DE MISE EN ŒUVRE DE CES MATÉRIAUX ISOLANTS :

		ITE ENDUIT	ITE BARDAGE	ITI	ITR
< 1948	Briques ou pierres hourdées	✗	✓	✓	✓
	Ossature bois / colombage / pan de bois / galandage	✗	✓	✓	✓
	Pisé / bauge	✗	✓	✓	✓
> 1948	Monomurs	✗	✓	✓	✓
	Béton / bloc béton	✗	✓	✓	✓

TECHNIQUES DE POSE :

Les isolants en vrac peuvent être appliqués en voie sèche ou en voie humide : par insufflation à sec dans des caissons de murs (bois, ouate, etc.), par déversement et tassement manuel ou par projection humide sur les murs (ouate de cellulose). Ils sont plus souvent connus pour leur utilisation par déversement ou soufflage dans les combles.

Il est important de respecter les notes de calculs concernant les tassements éventuels de ces produits afin d'éviter la création de pont thermique. Des séparations horizontales ou inclinées sur la hauteur des caissons permettent de réduire le tassement.

L'application d'isolants en vrac insufflés demande de s'appuyer sur des professionnels compétents utilisant des matériels d'insufflation mécanique reconnus.

AVANTAGES

- Bonnes performances thermiques et acoustiques.
- Bonne contribution au confort d'été.
- La ouate provient de produits recyclés et nécessite peu d'énergie lors de sa production / transformation.
- Les produits insufflés, projetés et soufflés sont rapides à mettre en œuvre.

POINTS DE VIGILANCE

- Il est impératif de bien questionner les problématiques liées à l'humidité.
- Le soufflage des isolants biosourcés nécessite des machines spécifiques qui sont rarement compatibles avec les machines utilisées pour le soufflage des laines minérales. Il existe cependant des machines « multi matériaux ».
- Comme pour tous travaux, il est recommandé de porter des équipements de sécurité, notamment pour les poussières.

2.4.4 BÉTONS VÉGÉTAUX

Les bétons végétaux sont obtenus en mélangeant des granulats végétaux, un liant minéral et de l'eau. Ce sont des isolants appliqués en remplissage de mur à ossature bois ou en enduit intérieur ou extérieur. Ils peuvent être mis en œuvre sur site ou préfabriqués en usine.

Aujourd'hui, seul le béton de chanvre est reconnu comme une technique courante et dispose de ses Règles Professionnelles depuis 2007. Les bétons à base de lin, de colza ou de miscanthus sont amenés à se développer, sans que cette liste soit limitative. Le bloc de coffrage à base de bois, largement répandu en Europe, est destiné à la construction neuve pour sa part et n'est donc pas abordé ici.

CARACTÉRISTIQUES

TECHNIQUES PRINCIPALES :

	SOUPLES OU SEMI-RIGIDES
Conductivité thermique λ (W/m.K)	0,7 à 0,1
Epaisseur pour un R=5 (mm)	350 à 500
Temps de déphasage φ (h)	13
Masse volumique ρ (kg/m ³)	250 à 700
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau μ	7,8
Emission de gaz à effet de serre (kgCO ₂ eq/m ²)	1,1 à 143



COMPATIBILITÉ DE MISE EN ŒUVRE DE CES MATÉRIAUX ISOLANTS :

		ITE ENDUIT	ITE BARDAGE	ITI	ITR
< 1948	Briques ou pierres hourdées	✓	✓	✓	✓
	Ossature bois / colombage / pan de bois / galandage	✓	✓	✓	✓
	Pisé / bauge	✓	✓	✓	✓
> 1948	Monomurs	✓	✓	✓	✓
	Béton / bloc béton	✓	✓	✓	✓

TECHNIQUES DE POSE :

Les règles professionnelles de la construction en chanvre imposent le suivi d'une formation pour la mise en œuvre du béton de chanvre et l'utilisation d'une chènevotte labellisée. Elles sont portées par l'association nationale Construire en Chanvre.

Depuis une dizaine d'année, des blocs isolants ont été mis sur le marché dans une logique d'ITE ou d'ITI, mais n'entrent pas dans les Règles Professionnelles. Une première solution dispose depuis 2 ans d'une ATEEx.

Le béton de chanvre est une technique ancienne et éprouvée. Plusieurs centaines de chantiers sont réalisés tous les ans et de nombreux professionnels sont formés à ces techniques en France, et ce, dans toutes les régions.

AVANTAGES

- Les propriétés hygrothermiques du béton de chanvre améliorent le confort thermique du bâtiment tout en étant un bon tampon hydrique.
- Avec sa masse volumique élevée, le béton de chanvre améliore significativement le confort d'été.
- Le béton de chanvre a une excellente stabilité au feu (classement en cours d'obtention).
- Le béton de chanvre est un très bon support d'enduit.
- Matériaux issus de matières renouvelables produites en France.

POINTS DE VIGILANCE

- Le temps de séchage du béton de chanvre est plus ou moins long, il nécessite d'être ventilé pendant ce temps. L'utilisation de bloc limite ces délais.
- Une épaisseur relativement importante est nécessaire pour une bonne isolation thermique.
- Le caractère hygrothermique n'est pas pris en compte par les bureaux d'étude.
- L'application du béton de chanvre projeté nécessite l'investissement de machines spécifiques.

2.4.5 CONSTRUCTION PAILLE

La paille est un matériau largement disponible sur le territoire français. Elle peut être utilisée dans la construction sous forme de bottes, panneaux et enduits. Les bottes de paille sont utilisées comme isolants dans une ossature bois.

La construction paille est reconnue comme une technique courante et dispose de ses Règles Professionnelles pour des applications de remplissage isolant et support d'enduit. C'est la paille de blé qui est essentiellement mise en œuvre. Les pailles de riz, de seigle et autres céréales sont également possibles mais hors cadre réglementaire. La paille de riz est en cours de validation.

Dans le cas de la rénovation énergétique, la botte de paille est le seul cas traité dans ce document.



CARACTÉRISTIQUES

TECHNIQUES PRINCIPALES :

	SOUPLES OU SEMI-RIGIDES
Conductivité thermique λ (W/m.K)	0,048 à 0,08
Épaisseur pour un R=5 (mm)	240 à 400
Temps de déphasage φ (h)	7,3
Masse volumique ρ (kg/m ³)	80 à 120
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau μ	1,15
Emission de gaz à effet de serre (kgCO ₂ eq/m ²)	-9,9

COMPATIBILITÉ DE MISE EN ŒUVRE DE CES MATÉRIEAUX ISOLANTS :

		ITE ENDUIT	ITE BARDAGE	ITI	ITR
< 1948	Briques ou pierres hourdées	✓	✓	✗	✓
	Ossature bois / colombage / pan de bois / galandage	✓	✓	✗	✓
	Pisé / bauge	✓	✓	✗	✓
> 1948	Monomurs	✓	✓	✗	✓
	Béton / bloc béton	✓	✓	✗	✓

TECHNIQUES DE POSE :

Les règles professionnelles de la construction en paille imposent que la mise en œuvre des bottes de paille soit réalisée par une personne formée, ce qui garantit la qualité de la prestation. Il existe un réseau national et des entités régionales qui permettent la formation et l'accompagnement de professionnels par le biais du Réseau Français de Construction en Paille (RFCP).

Dans le cas de rénovations, c'est principalement la technique du remplissage en ossature qui est utilisée. Des techniques d'ITE avec des bottes de pailles plus petites, un système de « bretelles » et l'insufflation de pailles broyées à haute pression sont en cours de développement.

AVANTAGES

- Bonne performance thermique (R = 7 m²K/W avec une botte de paille classique) et acoustique.
- Bonne contribution au confort d'été.
- Ressource renouvelable, disponible en quantité sur l'ensemble du territoire français pour un coût modéré.
- Les bottes de paille ne nécessitent aucune transformation et aucun traitement chimique.
- Les bottes de paille sont de très bons supports d'enduits.

POINTS DE VIGILANCE

- L'épaisseur des murs est importante pour atteindre une bonne performance thermique avec des bottes de paille.
- La masse et le volume des bottes de paille sont à prendre en compte en fonction des chantiers.
- Il est important d'utiliser des Construction paille respectant le cahier des charges donné dans les Règles Professionnelles.

2.5 PRÉSENTATION DES FICHES « TYPOLOGIE DE PAROI »

Les fiches « parois » présentées ci-après sont regroupées par catégories dont les caractéristiques techniques peuvent être identifiées comme relativement proches.

ON RETROUVE DONC CINQ FICHES RÉPARTIES COMME SUIT :

- 🏠 **BRIQUES OU PIERRES HOURDÉES (< 1948) :** les murs en briques pleines ou pierres hourdées (montage au mortier terre, chaux, ciment, etc.) représentent généralement les constructions traditionnelles des années précédant 1948. On peut retrouver ces maisons partout sur le territoire français. Ces parois sont caractérisées par une forte inertie et une perspiration naturelle des matériaux.
- 🏠 **BÉTON / BLOC BÉTON (> 1948) :** l'utilisation du béton (banché, mâchefer ou sous forme de blocs agglomérés en ciment) s'est fortement développée après-guerre. Ces solutions porteuses ne suffisent pas à construire une paroi isolée.
- 🏠 **MONOMURS (> 1948) :** les systèmes Monomurs se sont développés après-guerre, dans les années 1950. On retrouve ces constructions en petits éléments sur l'ensemble du territoire français. Ces parois sont caractérisées par une bonne isolation initiale et une faible résistance à la diffusion à la vapeur d'eau.
- 🏠 **OSSATURE BOIS / COLOMBAGE / PAN DE BOIS / GALANDAGE (< 1948) :** les techniques de constructions à base de bois sont anciennes. C'est le remplissage entre les éléments de bois qui permet (en partie) d'isoler le bâtiment et de créer l'inertie des parois.
- 🏠 **PISÉ / BAUGE (< 1948) :** les constructions en terre crue sont anciennes. Ces techniques sont à remplissage et nécessitent de la terre crue et éventuellement des fibres végétales.

LES FICHES « TYPOLOGIE DE PAROI » SONT ORGANISÉES DE LA MANIÈRE SUIVANTE :

- 🏠 Description du mode constructif des parois étudiées et du cas le plus souvent rencontré lors du diagnostic pour des travaux de rénovation.
- 🏠 Mise en évidence des points de vigilance propres à la particularité de ces parois.
- 🏠 Tableau de compatibilité avec les familles de « matériaux d'isolation ».
- 🏠 Lien avec les fiches « technique de mise en œuvre » associées.

Pour une rénovation énergétique plus efficace, il est conseillé de réaliser une rénovation globale. Quel que soit le degré des travaux de rénovation choisis, il est important de bien traiter les interfaces sol/mur et mur/toiture.

Il est recommandé de faire appel à un professionnel pour établir un diagnostic détaillé des points particuliers à rénover et soulever les points de vigilance à traiter. Seuls les travaux effectués par un professionnel RGE sont éligibles aux aides financières liées aux travaux de rénovation.

POINTS DE VIGILANCE LORS DE L'AUDIT COMMUN À TOUS TRAVAUX DE RÉNOVATION :

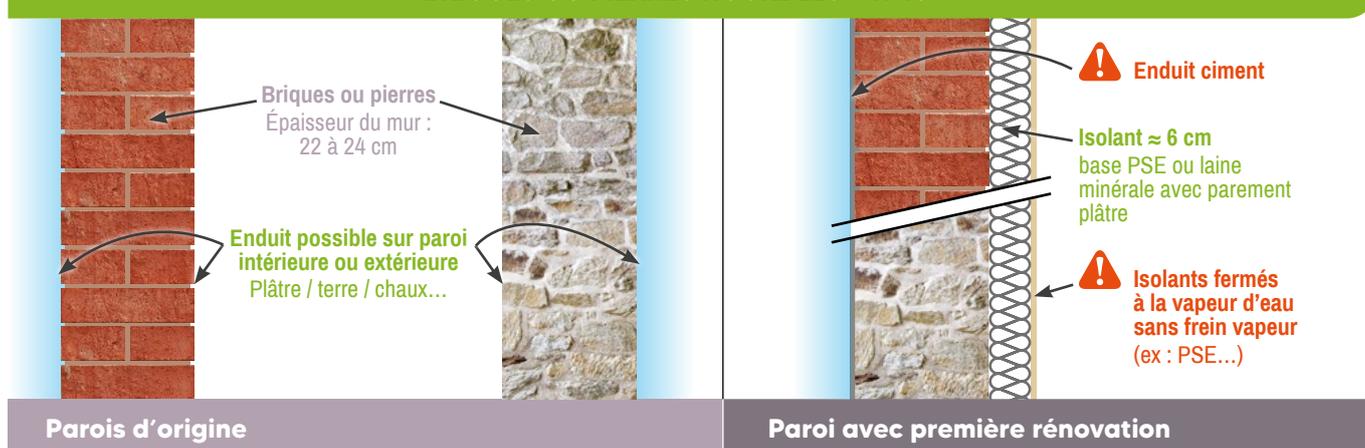
- 🏠 Vérifier l'aspect général du gros-œuvre et du sous-œuvre (fissures, planéité, etc.).
- 🏠 Vérifier que les différents éléments de l'ouvrage pourront reprendre les charges des travaux de rénovation à venir.
- 🏠 Contrôler les éventuelles sources d'humidité : à traiter avant de rénover. Assécher totalement un bâtiment peut aussi créer des désordres.
- 🏠 Les têtes de solives des planchers peuvent être encastrées dans les parois. Les ponts thermiques et les fuites d'air provoquent de la condensation : à traiter avant de rénover.
- 🏠 Sonder le sol (profondeur et type de fondation) et le dallage.
- 🏠 Vérifier la présence de système de ventilation (naturelle ou mécanique) et l'adéquation de celui-ci avec les travaux de rénovation envisagés.
- 🏠 Inspecter les éléments de charpente et de couverture.
- 🏠 Vérifier les cheminées qui peuvent être structurelles.

2.5.1 BRIQUES OU PIERRES HOURDÉES < 1948

Les briques ou pierres hourdées sont la plupart du temps apparentes dans leur état d'origine. Pour les bâtiments dédiés à l'habitation, un enduit peut être appliqué en intérieur et/ou en extérieur. Les enduits généralement utilisés sont à base de terre, de chaux ou réalisés avec du mortier souple. Ces parois, à inertie lourde, peuvent présenter du « fruit » : c'est-à-dire une diminution de leur épaisseur au fur et à mesure de l'élévation.



BRIQUES OU PIERRES HOURDÉES < 1948



Les bâtiments les plus anciens ne comportent, en général, aucune isolation. Pour les autres, on constate souvent une isolation intérieure légère, sans dispositif de gestion des transferts de vapeur d'eau ni de traitement d'étanchéité à l'air, et revêtue d'un parement en plâtre. Cette configuration peut occasionner différentes problématiques :

- Rétention d'eau à l'état liquide et présence de moisissure dans les parois. Le phénomène est accentué avec les matériaux isolants fermés à la migration de la vapeur d'eau.
- Ponts thermiques, avec effets de convection et de parois froides, et infiltrations d'air importantes.

POINTS DE VIGILANCE

- Il existe souvent des remontées capillaires, au niveau des soubassements, nécessitant l'emploi de matériaux ouverts à la diffusion de vapeur d'eau. L'utilisation d'enduits en ciment, de dalles intérieures étanches ou la présence de trottoirs sont des éléments accentuant le phénomène.
- Des travaux de ravalement de façades ont pu être effectués (enduit ou joints ciment, gommage, etc.). Il faut vérifier que cela ne soit pas néfaste à la durabilité du bâtiment, en créant une porosité et une friabilité élevée par exemple.
- Voir également les « points de vigilance lors de l'audit commun » au § 2.4 (page 32).

ISOLANTS POSSIBLES

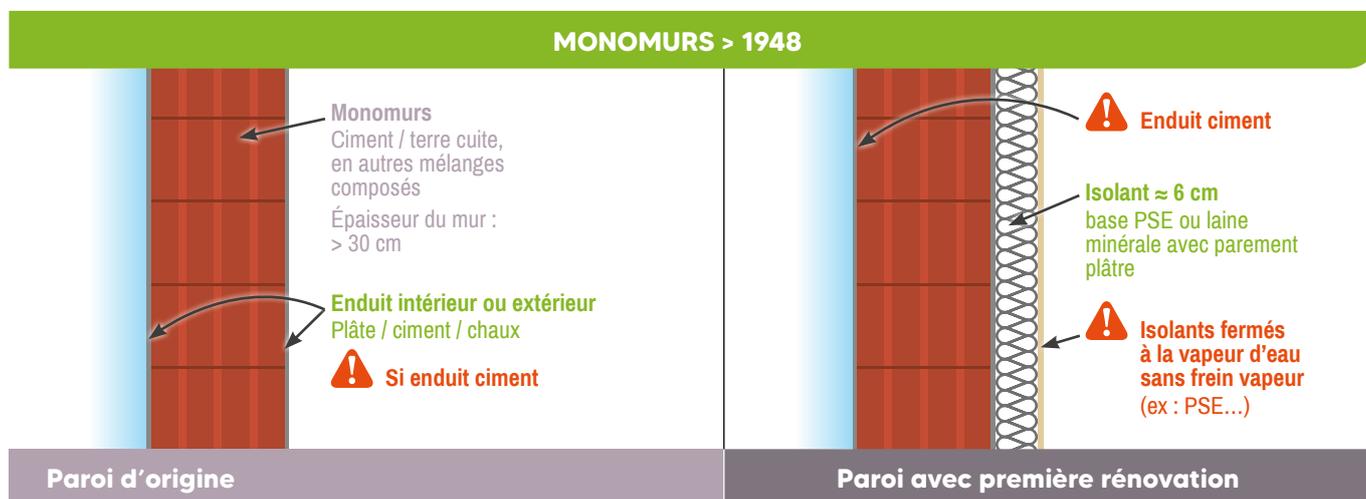
- Souples ou semi-rigides
- Rigides
- Vrac
- Bétons végétaux
- Paille

MISE EN ŒUVRE POSSIBLE

- Cf. fiche ITE au § 2.5.2
- Cf. fiche ITI au § 2.5.3

2.5.2 MONOMURS > 1948

Les parois Monomurs sont réalisées avec des éléments de maçonneries modulaires à la fois porteurs et isolants. Les maisons en Monomurs, construites après 1948, peuvent être en briques de terre cuite, en briques plâtrières, en blocs de mâchefer ou en béton cellulaire. Le mortier de hourdage le plus souvent associé est à base de ciment ou de colles formulées. Ces parois présentent une inertie lourde sans isolation intérieure rapportée.



Les bâtiments les plus anciens ne comportent, en général, aucune isolation. Pour les autres, on constate souvent une isolation intérieure légère, présentant des ponts thermiques, des effets de convection et une sensation de « parois froides » importante.

Bien qu'elles soient isolantes par nature, ces parois nécessitent aujourd'hui un complément d'isolation pour respecter les évolutions réglementaires.

POINTS DE VIGILANCE

- Il existe souvent des remontées capillaires, au niveau des soubassements, nécessitant l'emploi de matériaux ouverts à la diffusion de vapeur d'eau. L'utilisation d'enduits en ciment, de dalles intérieures étanches ou la présence de trottoirs sont des éléments accentuant le phénomène.
- Voir également les « points de vigilance lors de l'audit commun » au §2.4 (page 32).

ISOLANTS POSSIBLES

- Souples et semi-rigides
- Rigides
- Vrac
- Bétons végétaux
- Paille

MISE EN ŒUVRE POSSIBLE

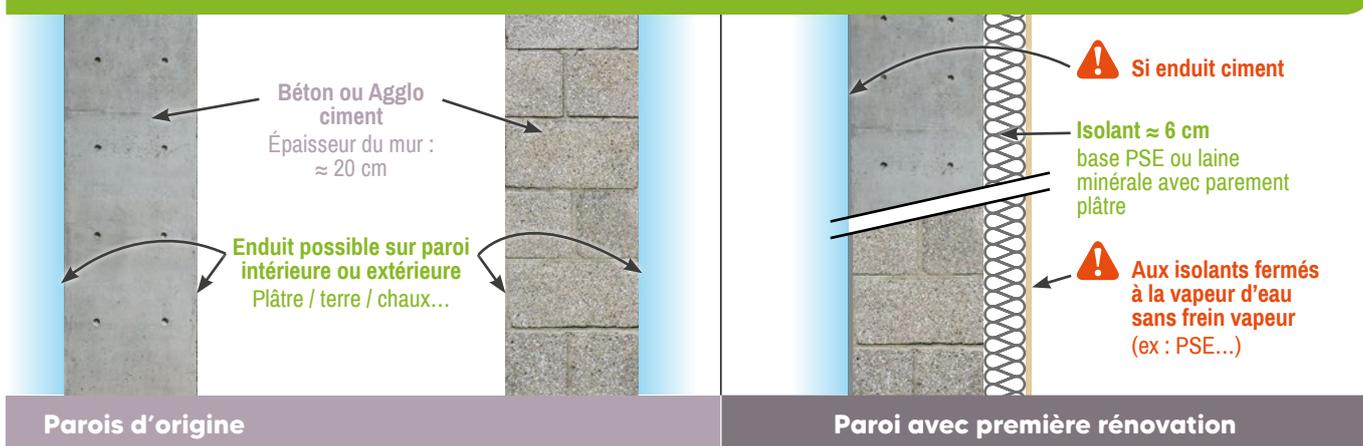
- Cf. fiche ITE au § 2.5.4
- Cf. fiche ITE au § 2.5.5

2.5.3 BÉTON / BLOC BÉTON > 1948

Les maisons en éléments banchés, mâchefer ou en maçonnerie de ciment, représentent une part importante du parc actuel de maisons. Ces constructions présentent une inertie lourde.



MUR EN BÉTON / BLOC BÉTON > 1948



Les bâtiments les plus anciens ne comportent, en général, aucune isolation. Pour les autres, on constate souvent une isolation intérieure légère, présentant des ponts thermiques importants couplés aux phénomènes de convection, induisant ainsi la sensation de « parois froides ».

POINTS DE VIGILANCE

- Il existe souvent des remontées capillaires, au niveau des soubassements, nécessitant l'emploi de matériaux ouverts à la diffusion de vapeur d'eau. L'utilisation d'enduits en ciment, de dalles intérieures étanches ou la présence de trottoirs sont des éléments accentuant le phénomène.
- Voir également les « points de vigilance lors de l'audit commun » au §2.4 (page 32).

ISOLANTS POSSIBLES

- Souples et semi-rigides
- Rigides
- Vrac
- Bétons végétaux
- Paille

MISE EN ŒUVRE POSSIBLE

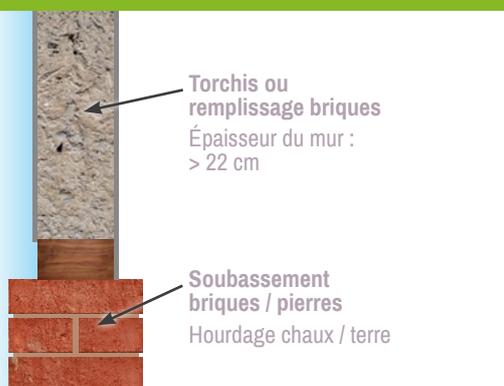
- Cf. fiche ITE au § 2.5.6
- Cf. fiche ITE au § 2.5.7

2.5.4 OSSATURE BOIS / COLOMBAGE / PAN DE BOIS / GALANDAGE < 1948

Les techniques de construction de maisons à ossatures bois peuvent être anciennes. C'est le cas par exemple des maisons à ossature bois / colombage / pan de bois / galandage. Ces structures en poutres de bois à l'horizontale et à la verticale, peuvent être remplies avec différents matériaux : pierres, briques, torchis, bois, terre (le hourdis). Ces parois présentent une inertie lourde sans isolation intérieure rapportée.



OSSATURE BOIS / COLOMBAGE / PAN DE BOIS / GALANDAGE



Paroi d'origine



Paroi avec première rénovation

Certains bâtiments peuvent avoir reçu un doublage intérieur, souvent peu efficace et qui réduit l'inertie thermique de la maison. Il est nécessaire de mettre en œuvre des matériaux ouverts à la diffusion de vapeur d'eau afin d'éviter les problématiques de condensation et d'accumulation d'eau dans les murs, pouvant causer des dégradations importantes de la structure. Des enduits ciment peuvent être observés et sont sources de désordres en piégeant de l'humidité dans le mur.

POINTS DE VIGILANCE

- Ne pas assécher les parois s'il n'y a pas de problème d'humidité excessive. Le bâtiment doit garder un équilibre hygrothermique.
- Lors des travaux de rénovation, il est essentiel d'inspecter les différents assemblages des poutres.
- Dans le cas où il y a présence d'enduit ciment, il faut réaliser des sondages pour constater d'éventuels dégâts dus à la condensation. Ces sondages sont particulièrement probants en bas de mur et des assemblages.
- Les bois blancs (peuplier, saule, hêtre, etc.) ne sont pas prévus pour être exposés en extérieur. Le bois doit être recouvert (enduit, bardage, etc.).
- Voir également les « points de vigilance lors de l'audit commun » au §2.4 (page 32).

ISOLANTS POSSIBLES

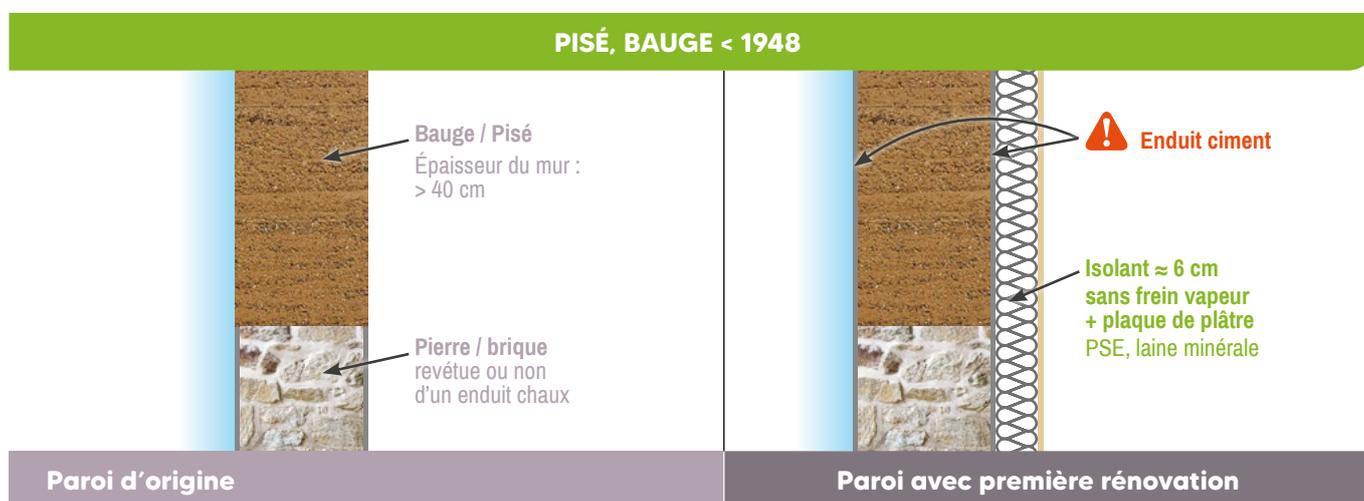
- Souples et semi-rigides
- Rigides
- Vrac
- Bétons végétaux
- Paille

MISE EN ŒUVRE POSSIBLE

- Cf. fiche ITE au § 2.5.8
- Cf. fiche ITE au § 2.5.9
- Cf. fiche ITE au § 2.5.10

2.5.3 PISÉ, BAUGE < 1948

Le pisé et la bauge sont deux techniques de construction à base de terre crue. Le pisé est une technique de terre crue banchée. La bauge est une technique de terre crue empilée. Ces parois présentent une inertie lourde sans isolation intérieure rapportée.



Les bâtiments les plus anciens ne comportent, en général, aucune isolation. Pour les autres, on constate souvent une isolation intérieure légère, présentant des ponts thermiques et des effets de convection importants. Certains bâtiments peuvent avoir reçu un doublage intérieur, souvent peu efficace et qui réduit l'inertie thermique de la maison. Il est nécessaire de mettre en œuvre des matériaux ouverts à la diffusion de vapeur d'eau afin d'éviter les problématiques de condensation et d'accumulations d'eau dans les murs, pouvant causer des dégradations importantes à la structure.

POINTS DE VIGILANCE

- Ne pas assécher les parois s'il n'y a pas de problème d'humidité excessive. Le bâtiment doit garder son équilibre hygrothermique.
- Lors des travaux de rénovation, il est essentiel d'inspecter les différents assemblages des poutres.
- Dans le cas où il y a présence d'enduit ciment, il faut réaliser des sondages pour constater d'éventuels dégâts dus à la condensation. Ces sondages sont particulièrement probants au niveau des assemblages.
- Voir également les « points de vigilance lors de l'audit commun » au §2.4 (page 32).

ISOLANTS POSSIBLES

- Souples et semi-rigides
- Rigides
- Vrac
- Bétons végétaux
- Paille

MISE EN ŒUVRE POSSIBLE

- Cf. fiche ITE au §2.5.11
- Cf. fiche ITE au § 2.5.12

2.6 PRÉSENTATION DES FICHES « TECHNIQUE DE MISE EN ŒUVRE »

LES FICHES « TECHNIQUE DE MISE EN ŒUVRE » SONT ORGANISÉES DE LA MANIÈRE SUIVANTE :

- 📌 Schémas détaillés des différents éléments constitutifs de la paroi après rénovation.
- 📌 Indicateurs de performance thermique, de coût, de confort d'été et de qualité architecturale des travaux de rénovation mentionnés.
- 📌 Liste des isolants compatibles avec la méthode proposée.
- 📌 Solutions de rénovation à mettre en œuvre, côtés extérieur et intérieur de la paroi existante.
- 📌 Points de vigilance.

Elles comportent des **indicateurs** qui permettent de donner des informations qualitatives sur les conditions de réalisation des travaux. Ces indicateurs, définis dans l'absolu, à dire d'expert, donnent des tendances de performances. Ils reposent sur un code couleur allant de la « recommandation » de la réalisation des travaux mentionnés, au fait que dans certains cas ils peuvent être « déconseillés ».



Figure 21 - Indicateur de performance des solutions proposées

ILS PERMETTENT DE PRENDRE EN COMPTE 4 PARAMÈTRES CLÉS EN MATIÈRE DE :

- 📌 Thermique : varie avec la prise en compte de ponts thermiques éventuels et des effets de convection au travers une lame d'air ventilée.
- 📌 Coût : dépend des matériaux et de la technique de mise en œuvre utilisée.
- 📌 Confort d'été : varie avec la prise en compte de l'inertie de la paroi initiale et de la technique de mise en œuvre utilisée.
- 📌 Architecture : dépend des contraintes d'urbanisme et du cachet du bâtiment seul et dans son environnement.

2.6.1 PRINCIPES CLÉS DE MISE EN ŒUVRE DES SOLUTIONS

Dans le cas de la **rénovation par l'extérieur**, les deux types de finitions les plus souvent rencontrées sont : l'enduit sur isolant et le bardage rapporté ventilé. Une solution intermédiaire consiste à remplacer le bardage par une plaque à enduire.

POUR METTRE EN ŒUVRE CES FINITIONS, IL EXISTE DIFFÉRENTES TECHNIQUES D'ISOLATION :

- 1 Une première solution consiste à coller ou fixer mécaniquement des panneaux d'isolant rigide. Ces derniers peuvent ensuite être enduits.
- 2 Une seconde solution consiste à rapporter une ossature bois contre la façade et remplir l'espace entre les montants avec de la laine, des panneaux rigides, de bétons végétaux, ou avec un isolant insufflé. L'application d'un bardage est alors possible en ménageant une lame d'air ventilée. Afin de corriger les faiblesses thermiques provoquées par les montants en bois, il est intéressant d'ajouter en partie extérieure un panneau isolant rigide. La finition peut être réalisée avec un enduit. Cette technique n'est, à ce jour, pas reconnue comme technique traditionnelle, ni courante, cependant les retours d'expériences montrent que la solution est couramment pratiquée.
- 3 Une troisième solution existe avec des bétons végétaux projetés avec finition enduit ou sous forme de blocs autoporteurs supports d'enduits.
- 4 Une quatrième solution consiste à isoler la façade avec des Construction paille, à densité élevée (> 80 kg/m³ sur la base sèche). La paille est souvent enduite ou mise en œuvre sous forme de caissons avec bardage ventilé.

DANS LE CAS DE LA RÉNOVATION PAR L'INTÉRIEUR, DIFFÉRENTS SYSTÈMES SONT POSSIBLE :

- 📌 Une première solution, permettant de ménager un espace technique. Une couche d'isolation est appliquée, vient ensuite une membrane frein-vapeur hygro-régulante et la mise en place d'espaceurs ou des rails métalliques verticaux afin de servir d'espace technique.
- 📌 La deuxième solution intéressante est la projection d'un béton biosourcé. Il est dans un premier temps nécessaire de déposer l'isolation existante pour préparer le support et garantir l'accroche du béton projeté. La mise en œuvre est possible jusqu'à 8 cm sans structure de maintien, au-delà, une ossature bois doit être rapportée sur le mur. L'ensemble des réseaux peuvent être repris dans l'isolant.



L'isolation des murs par l'intérieur réduit fortement l'inertie thermique du logement et ne limite que faiblement les ponts thermiques de dallages.

POINTS DE VIGILANCE COMMUNS À TOUS LES TRAVAUX DE RÉNOVATIONS

- ▲ L'isolation doit être continue et se raccorder aux isolants de la toiture.
- ▲ Les isolants putrescibles présentent une garde de minimum 20 cm (en ITE) par rapport au sol extérieur.
- ▲ L'isolation doit descendre le plus bas possible, idéalement sous le niveau du terrain naturel extérieur sans déstabiliser les fondations (ces isolants doivent être imputrescibles et ouverts à la diffusion de vapeur d'eau).

La liste des points de vigilance, ci-dessus, n'est pas exhaustive. Il est fortement recommandé de faire appel à un professionnel qualifié en rénovation énergétique afin de faire un état des lieux personnalisé du chantier. Seuls les travaux effectués par un professionnel RGE sont éligibles aux aides financières liées aux travaux de rénovation.

NOTA BENE :

- ▲ Les travaux de rénovations thermiques sont à réfléchir dans la globalité du bâtiment idéalement. Les interfaces sol/mur et mur/toiture ne sont pas à négliger.
- ▲ Pour une épaisseur d'isolant inférieure à 6 cm, on parle plutôt de correction thermique. L'avantage est principalement de corriger l'effet de « paroi froide » d'un mur maçonné en conservant son inertie thermique.
- ▲ Les solutions d'ITE sont à privilégier aux solutions d'ITI pour limiter les ponts thermiques.
- ▲ Les solutions décrites dans les fiches « technique de mise en œuvre » sont valables uniquement si l'audit n'a pas révélé de problématique liée à l'humidité dans les parois.

POINTS DE VIGILANCE À L'INTERFACE ENTRE LE SOL ET LES MURS :

- ▲ Si le sol est une source de remontées d'humidité, il faut alors régler le problème en créant un sol ouvert à la diffusion de vapeur d'eau. Pour cela, il sera peut-être nécessaire de déposer la dalle existante. Des solutions possibles sont :
 - Une dalle en chaux ou un mélange chaux/ciment, avec un revêtement de sol ouvert à la diffusion de vapeur d'eau.
 - Un système de hérisson avec ventilation active ou passive en pied de murs (cette solution demande une expertise précise pour garantir un équilibre hygrométrique).
 - Un sol en béton biosourcé (chaux/chanvre par exemple) d'au moins 15-20 cm, avec tommettes de terre cuite sur chaux en surface (dans ce cas, aucune fuite d'eau dans le sol ne doit survenir, le sol ne doit pas présenter de fortes remontées d'eau).
- ▲ Si l'isolation se fait sous la dalle, l'isolant doit être imputrescible. Les jonctions seront de préférence croisées ou rainurées/bouvetées avec des remontées latérales gérant la dilation et le pont thermique de nez de dalle.
- ▲ S'il s'agit d'un plancher en bois au-dessus d'une cave, l'isolation se fera alors de préférence en sous-face. Il faut alors protéger l'isolant de la convection et des apports d'humidité avec un film ou une plaque ouverte à la diffusion de vapeur d'eau (Sd conseillé < 0,8 m).

POINTS DE VIGILANCE À L'INTERFACE ENTRE LES MURS ET LA TOITURE :

- ▲ Si les combles sont aménagés, il faudra alors isoler les rampants avec une capacité thermique importante et éviter ainsi les risques de surchauffe en été. Mettre en œuvre un pare-pluie en partie extérieure à Haute Perméabilité à la Vapeur d'eau (HPV) pour protéger l'isolant contre les effets de convection et ménager une lame d'air entre celui-ci et la couverture. Une dépose de la toiture peut être nécessaire pour la mise en œuvre du pare-pluie.
- ▲ Si les combles ne sont pas aménagés, l'idéal est d'isoler au niveau du plancher des combles. Il faut également protéger l'isolant en partie extérieure de la convection avec une membrane ou une plaque possédant un Sd < 0,8 m.

SYNTHÈSE DES SOLUTIONS PRÉSENTÉES CI-APRÈS :

	ITE	ITI	ITR
Briques ou pierres hourdées < 1948	p. 42	p. 43	/
Monomurs > 1948	p. 44	p. 45	/
Béton / bloc béton > 1948	p. 46	p. 47	/
Ossature bois / colombage / pan de bois / galandage < 1948	p. 48	p. 49	p. 50
Pisé / bauge < 1948	p. 51	p. 52	/

2.6.2 LA GESTION DE L'HUMIDITÉ : UN POINT SENSIBLE

LA RÉNOVATION DES BÂTIMENTS, ET PLUS SPÉCIFIQUEMENT DU BÂTI ANCIEN, NÉCESSITE UNE ATTENTION PARTICULIÈRE SUR LE COMPORTEMENT HYGROTHERMIQUE DES PAROIS. IL EST IMPORTANT DE NE PAS EN MODIFIER L'ÉQUILIBRE INITIAL.

Dans une maison, les occupants, par leurs activités (cuisine, douche, séchage du linge, etc.) ou leur présence (respiration), génèrent une production de vapeur d'eau. Le système de ventilation du logement doit permettre l'évacuation d'une grande partie de cet excédent (environ 95 %), afin de maintenir un taux d'humidité situé idéalement entre 40 et 60 %, tout en évacuant les polluants largement présents en intérieur.

COMMENT S'EXPLIQUE LE PHÉNOMÈNE DE DIFFUSION DE LA VAPEUR D'EAU ?

La vapeur d'eau transite dans les parois par différence de pression. Ce phénomène est appelé migration de vapeur d'eau. La majorité de l'année, celle-ci est poussée de l'intérieur vers l'extérieur.

Si la quantité de vapeur d'eau est trop importante, pour une température donnée, de l'eau liquide est produite altérant les structures et les matériaux isolants.

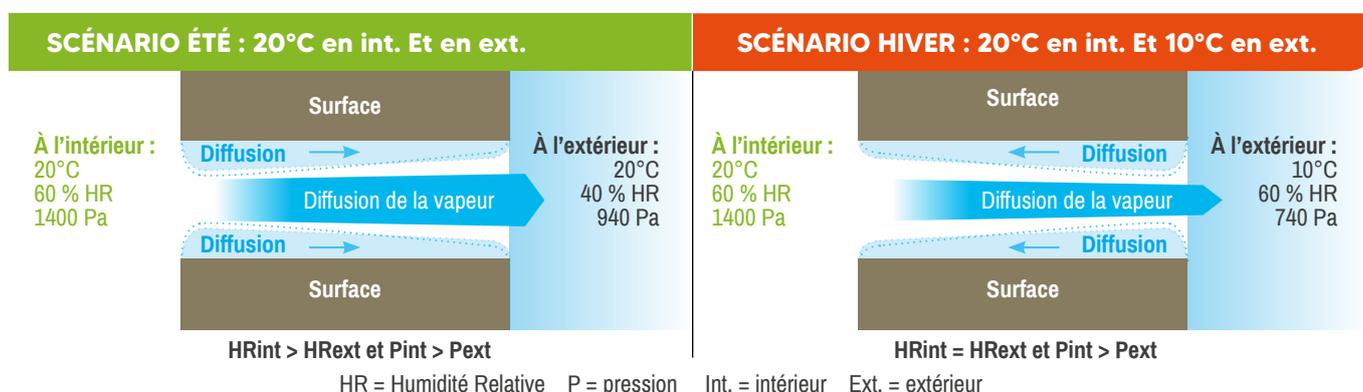


Figure 22 - Diffusion de la vapeur d'eau à travers la paroi

Ce phénomène physique inévitable implique des règles de conception simples et indispensables pour éviter de graves problèmes :

- Limiter l'entrée de vapeur d'eau et d'air dans les murs du côté intérieur.
- Le revêtement extérieur doit laisser sortir la vapeur d'eau.

- Le frein-vapeur est positionné à l'intérieur des bâtiments. Il évite à l'air chaud d'aller vers l'air froid et ainsi de condenser dans la paroi et provoquer dans le même temps un pont thermique. Une fuite dans le frein-vapeur peut amener de la vapeur d'eau en excès dans les parois.
- Le frein-vapeur intérieur doit être 3 à 5 fois plus fermé à la diffusion de la vapeur d'eau que le parement extérieur.

- L'air chaud monte, il est donc important d'assurer également l'étanchéité à l'air en toiture. Une étanchéité à l'air parfaitement continue est donc indispensable pour garantir la pérennité des parois. En cas de fuite, l'air peut circuler et générer de l'inconfort et de pertes de calories.
- Assurer une bonne étanchéité à l'air et une bonne diffusion de la vapeur d'eau permet de garantir la durabilité de l'ouvrage tout en effectuant des économies d'énergies.



QUE RISQUE-T-ON SI L'HUMIDITÉ AMBIANTE EST MAL ÉVACUÉE PAR UN SYSTÈME DE VENTILATION ?

- 🔥 Trop sec, l'air provoquera de l'inconfort et des problèmes respiratoires.
- 🔥 Trop humide, l'air favorisera le développement des acariens, des maladies et des moisissures.

Les pathologies, dans le bâtiment, apparaîtront lorsque l'humidité y est trop élevée à certain point. Les ponts thermiques, issus de défaut(s) d'isolation de l'enveloppe du bâtiment, sont des zones favorisant le développement de moisissures, avec la création de condensation dans la paroi. Un surplus d'humidité ambiante risque également de condenser sur les parois froides (vitrages, parements, angles de pièces, matériaux conducteurs, etc.).

Pour éviter ce genre de désagrément, une notion essentielle consiste à réaliser une isolation continue (sols, murs, toiture, menuiseries) pour supprimer les ponts thermiques et l'effet de parois froides. Le rapport « Humidité dans la construction : 12 enseignements à connaître » de l'AQC [31] illustre les problématiques soulevées lorsqu'il y a une mauvaise gestion de l'humidité dans le bâtiment.

COMMENT GÉRER EFFICACEMENT CETTE PROBLÉMATIQUE ?

Il est nécessaire de recourir aux compétences d'un professionnel qualifié pour diagnostiquer le système de ventilation et l'état hygrothermique des parois avant rénovation. L'appui d'un professionnel est également recommandé pour le choix des solutions à mettre en œuvre.

La rénovation des parois peut amener à modifier leur équilibre hygrothermique. La mise en place d'un frein-vapeur et le dimensionnement d'un système de

ventilation sont des points clés pour la gestion du comportement hygrothermique des parois.

L'exemple ci-dessous (mise en œuvre d'une ITI avec vide technique sur paroi en briques, cf. chapitre 2.5.4,) illustre bien l'importance de la mise en œuvre d'un frein-vapeur. En effet, sans celui-ci, il y aurait un risque très élevé de condensation au niveau de l'interface maçonnerie/isolant.

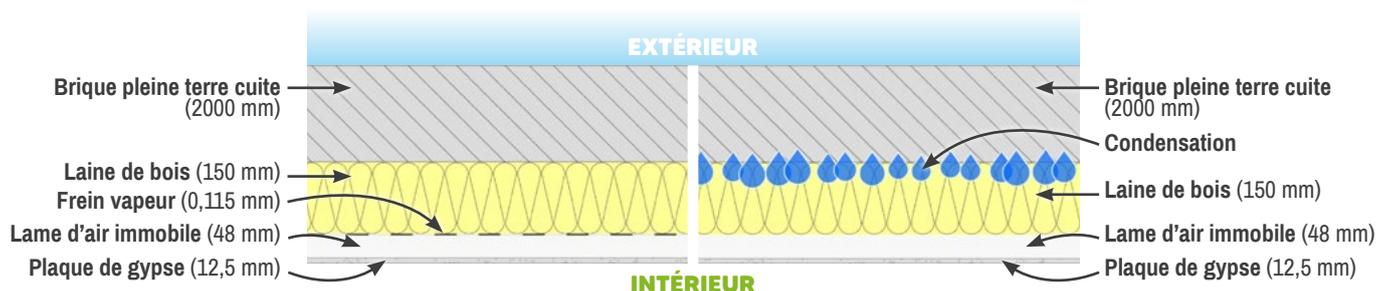


Figure 23 - Paroi brique rénovée avec une solution d'ITI avec (gauche) et sans (droite) mise en œuvre d'un frein-vapeur - Source : ubakus.com / CODEM

De nombreux outils numériques existent pour aider les professionnels à comprendre le comportement hygrothermique des parois, à l'image des 2 exemples suivants (parmi d'autres) :

- 🌱 Le portail internet UBAKUS permet de tester de manière très pédagogique les problématiques de migration de vapeur d'eau dans une paroi. Il s'agit d'un outil statique dont les conditions standards sont fixées par défaut dans des conditions souvent défavorables.
- 🌱 Le logiciel WUFI demande le recours à un bureau d'étude spécialisé. C'est le logiciel le plus connu et un des plus précis pour tester des solutions hygrothermiques. Il s'agit d'un outil dynamique utilisant des fichiers climats. Il prend en compte les saisons et les conditions climatiques adaptées. Il permet de simuler (entre autres) la migration de vapeur d'eau au travers d'une paroi sur une période donnée et d'identifier les risques éventuels de condensation.

L'explication du phénomène de la condensation de la vapeur d'eau et l'utilisation des outils numériques présentés ci-dessus ne suffisent pas à traiter correctement la rénovation de parois. Ces études doivent être accompagnées d'un diagnostic initial et il est nécessaire de faire appel à un professionnel compétent.

2.6.3 ITE SUR PAROIS EN BRIQUES OU PIERRES HOURDÉES < 1948

L'isolation par l'extérieur de parois maçonnées anciennes nécessite de faire particulièrement attention à conserver l'ouverture à la diffusion de vapeur d'eau initiale des murs. Il est conseillé de se reporter à la fiche paroi « Briques ou pierres hourdées < 1948 » en complément de cette fiche.

ITE - Isolation Thermique Extérieure - BRIQUES OU PIERRES HOURDÉES < 1948

1^e possibilité : Enduit sur isolant

Thermique Coût Confort d'été Architecture

Isolants possibles avec une finition enduite

- Isolants rigides
- Bétons végétaux (⚠ épaisseur totale)
- Construction paille (⚠ épaisseur totale)

2^e possibilité : Bardage rapporté

Thermique Coût Confort d'été Architecture

Isolants possibles avec un bardage ventilé

- Isolants semi-rigides
- Isolants rigides
- Isolants en vrac (insufflés ou projetés)
- Bétons végétaux (⚠ épaisseur totale)

CÔTÉ EXTÉRIEUR :

- L'isolation rapportée doit être ouverte à la diffusion à la vapeur d'eau.
- Un pare-pluie rigide à haute perméabilité à la vapeur d'eau est préférable pour tous les bardages à joints ouverts.
- L'utilisation d'un pare-pluie, souple ou rigide, est obligatoire si la technique de l'isolant projeté ou insufflé est choisie.
- L'enduit doit également être ouvert à la diffusion de vapeur d'eau ($S_d \leq 1$ m).

CÔTÉ INTÉRIEUR :

- Le maintien du dispositif de doublage intérieur est possible, mais il ne faut pas qu'il soit une source d'aggravation des problèmes d'humidité.
- Dans le cas de son maintien, il faut avoir conscience que l'étanchéité à l'air ne sera pas optimale et qu'une forte part de l'inertie thermique des murs ne pourra pas être utilisée.
- Dans le cas de sa dépose, un enduit exempt de fissurations (terre crue, chaux, plâtre), ayant un rôle de frein-vapeur, permet de garantir une forte inertie thermique. L'enduit doit également assurer l'étanchéité à l'air de la paroi.

POINTS DE VIGILANCE

- L'utilisation d'une membrane frein-vapeur souple ou à porosité variable, d'un enduit ou d'une plaque frein-vapeur est obligatoire.
- Les bétons végétaux sont mis en œuvre en tant que correcteurs thermiques pour de l'isolation par l'extérieur. Leur application ne se justifie donc pas dans toutes les régions et/ou suivant l'exposition de la paroi.
- L'ouverture à la diffusion de vapeur d'eau doit être conservée.
- Les travaux d'isolation nécessitent un système de ventilation intérieur efficace.
- Voir également les « points de vigilance communs » au § 2.5 (page 38).

2.6.4 ITI SUR PAROIS EN BRIQUES OU PIERRES HOURDÉES < 1948

L'isolation par l'intérieur de parois maçonnées anciennes nécessite de faire particulièrement attention à conserver l'ouverture à la diffusion de vapeur d'eau initiale des murs. Il est conseillé de se reporter à la fiche parois « Briques ou pierres hourdées < 1948 » en complément de cette fiche.

ITI - Isolation Thermique Intérieure - BRIQUES OU PIERRES HOURDÉES < 1948	
1^e possibilité : Avec vide technique	2^e possibilité : Sans vide technique
Isolants possibles avec une finition enduite	Isolants possibles avec un bardage ventilé
<ul style="list-style-type: none"> • Isolants semi-rigides • Isolants rigides • Isolants en vrac (insufflés ou projetés) • Bétons végétaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Isolants semi-rigides • Isolants rigides • Isolants en vrac (insufflés ou projetés) • Bétons végétaux

CÔTÉ INTÉRIEUR :

- 🏠 Si nécessaire, appliquer une première couche d'enduit à la chaux ou au plâtre sur la paroi existante pour la reprise d'aplomb et/ou boucher des vides.
- 🏠 Le vide technique est généralement de 4,8 cm, correspondant à l'épaisseur des rails de doublage.
 - Si le vide technique est isolé alors il faut utiliser une membrane frein-vapeur hygrovariable et l'associer à un isolant ayant la même conductivité thermique.
- 🏠 Un enduit chaux, terre crue ou plâtre est ensuite appliqué sur les parois, garantissant ainsi le rôle de frein-vapeur et de dispositif d'étanchéité à l'air.

CÔTÉ EXTÉRIEUR :

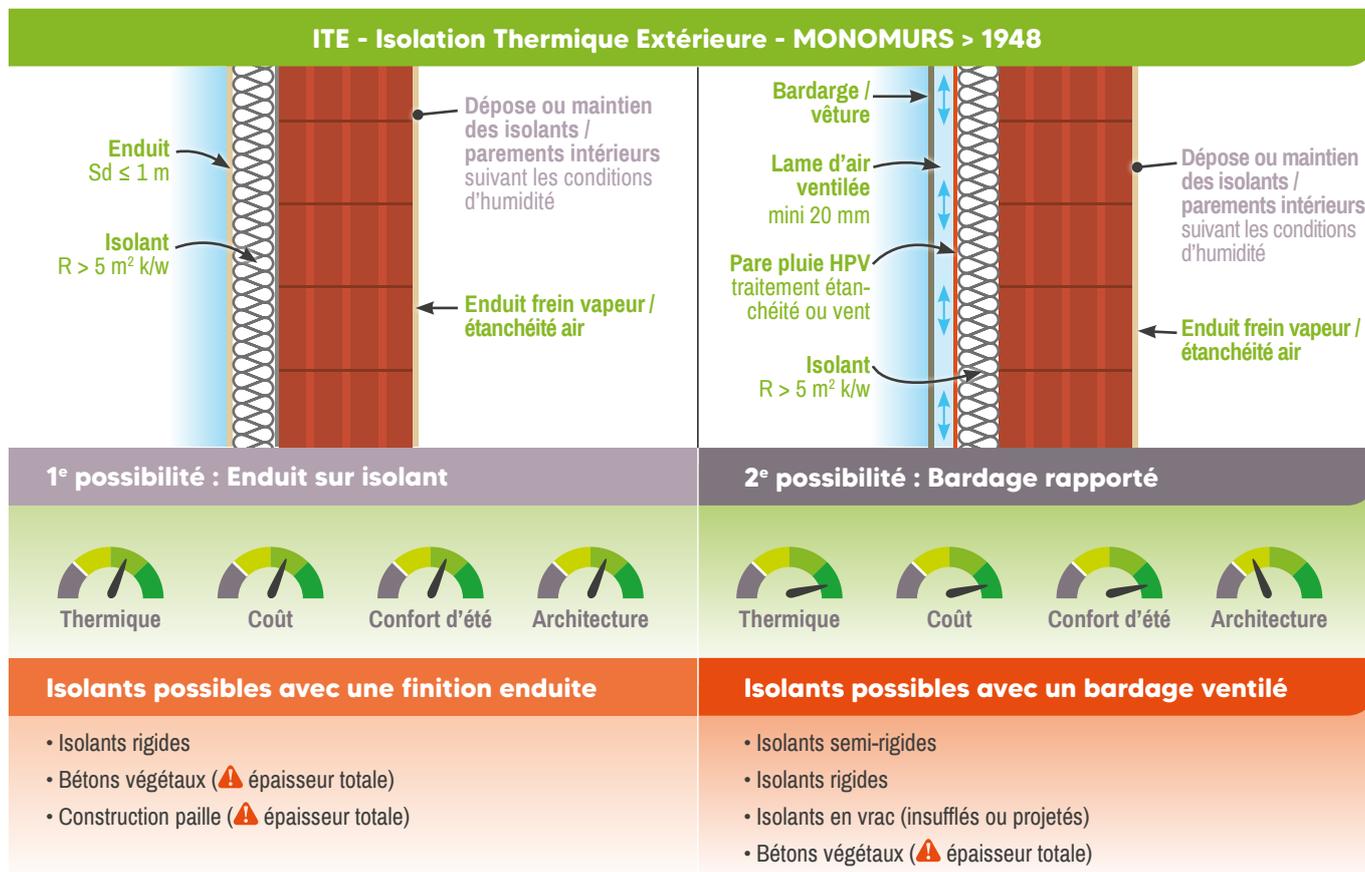
- 🏠 Si un enduit est appliqué, celui-ci doit être ouvert à la diffusion de vapeur d'eau ($S_d \leq 1 \text{ m}$).

POINTS DE VIGILANCE

- Vérifier qu'aucun enduit fermé à la migration de vapeur d'eau ne soit appliqué en intérieur et/ou en extérieur.
- L'ouverture à la diffusion de vapeur d'eau doit être conservée.
- Les travaux d'isolation nécessitent un système de ventilation intérieur efficace.
- Voir également les « points de vigilance communs » au § 2.5 (page 38).

2.6.5 ITE SUR PAROIS MONOMURS > 1948

L'isolation par l'extérieur de parois Monomurs nécessite de faire particulièrement attention à conserver l'ouverture à la diffusion de vapeur d'eau initiale des murs. Il est conseillé de se reporter à la fiche parois « Monomurs > 1948 » en complément de cette fiche.



CÔTÉ EXTÉRIEUR :

- L'isolation rapportée doit permettre la diffusion à la vapeur d'eau.
- Un pare-pluie rigide à haute perméabilité à la vapeur d'eau est préférable pour tous les bardages à joints ouverts.
- L'utilisation d'un pare-pluie, souple ou rigide, est obligatoire si la technique de l'isolant projetée ou insufflée est choisie.
- L'enduit doit être ouvert à la diffusion de vapeur d'eau ($S_d \leq 1 \text{ m}$).

CÔTÉ INTÉRIEUR :

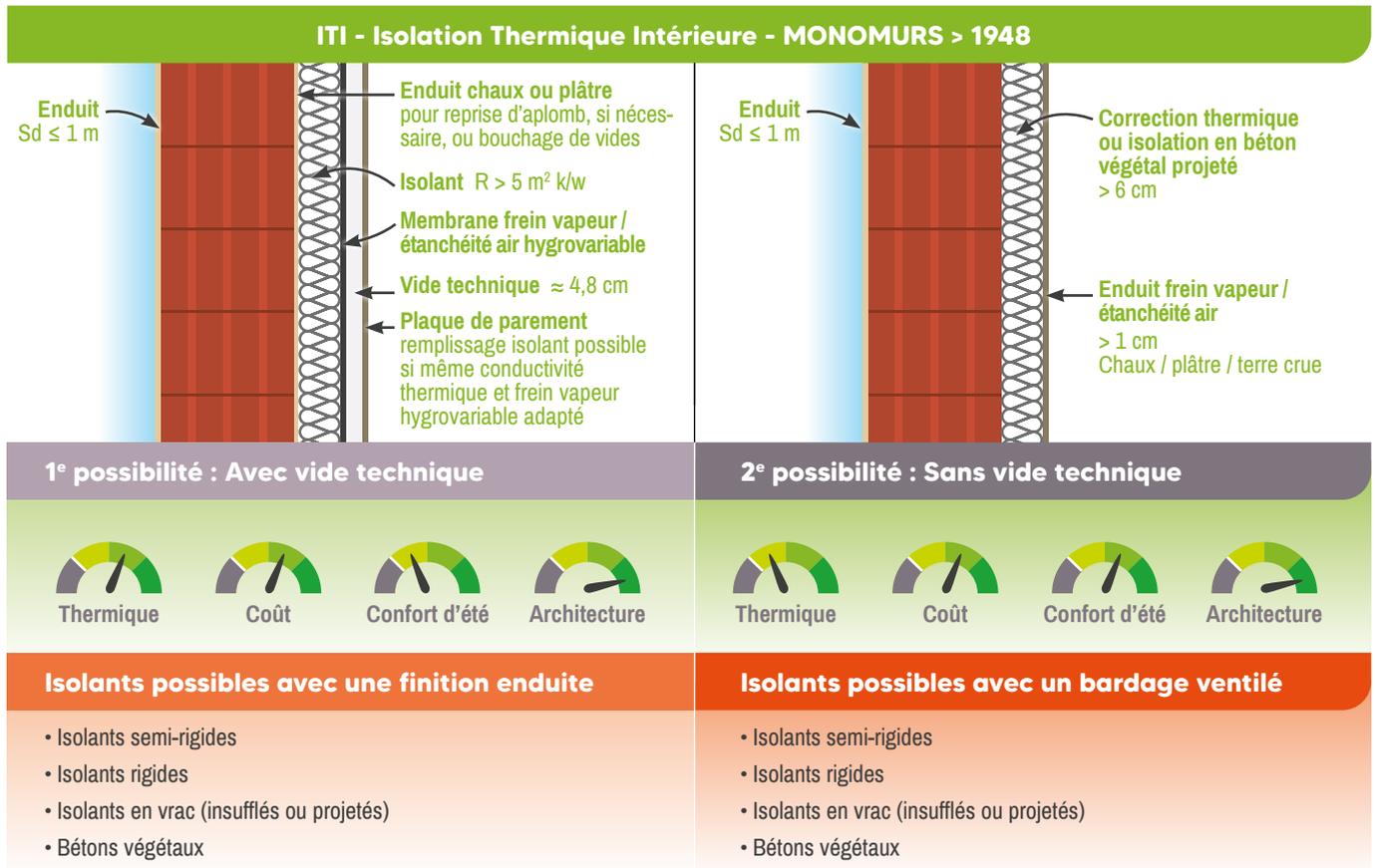
- Le maintien du dispositif de doublage intérieur est possible, mais il ne faut pas qu'il soit une source d'aggravation des problèmes d'humidité.
- Dans le cas de son maintien, il faut avoir conscience que l'étanchéité à l'air ne sera pas optimale et qu'une forte part de l'inertie thermique des murs ne pourra pas être utilisée.
- Dans le cas de sa dépose, un enduit exempt de fissurations (terre crue, chaux, plâtre), ayant un rôle de frein-vapeur, permet de garantir une forte inertie thermique. L'enduit doit également assurer l'étanchéité à l'air de la paroi.

POINTS DE VIGILANCE

- L'utilisation d'une membrane frein-vapeur souple ou à porosité variable, d'un enduit ou d'une plaque frein-vapeur est obligatoire.
- Les bétons végétaux sont mis en œuvre en tant que correcteurs thermiques pour de l'isolation par l'extérieur. Leur application ne se justifie donc pas dans toutes les régions et/ou suivant l'exposition de la paroi.
- Les travaux d'isolation nécessitent un système de ventilation intérieur efficace.
- Voir également les « points de vigilance communs » au § 2.5 (page 38).

2.6.6 ITI SUR PAROIS MONOMURS > 1948

L'isolation par l'intérieur de parois maçonnées anciennes nécessite de faire particulièrement attention à conserver l'ouverture à la diffusion de vapeur d'eau initiale des murs. Il est conseillé de se reporter à la fiche parois « Monomurs < 1948 » en complément de cette fiche.



CÔTÉ INTÉRIEUR :

- Si nécessaire, appliquer une première couche d'enduit à la chaux ou au plâtre sur la paroi existante pour la reprise d'aplomb et/ou boucher des vides.
- Le vide technique est généralement de 4,8 cm, correspondant à l'épaisseur des rails de doublage.
 - Si le vide technique est isolé alors il faut utiliser une membrane frein-vapeur hygrovariable et l'associer à un isolant ayant la même conductivité thermique.
- Un enduit chaux, terre crue ou plâtre est ensuite appliqué sur les parois, garantissant ainsi le rôle de frein-vapeur et de dispositif d'étanchéité à l'air.

CÔTÉ EXTÉRIEUR :

- Si un enduit est appliqué, celui-ci doit être ouvert à la diffusion de vapeur d'eau (Sd ≤ 1 m).

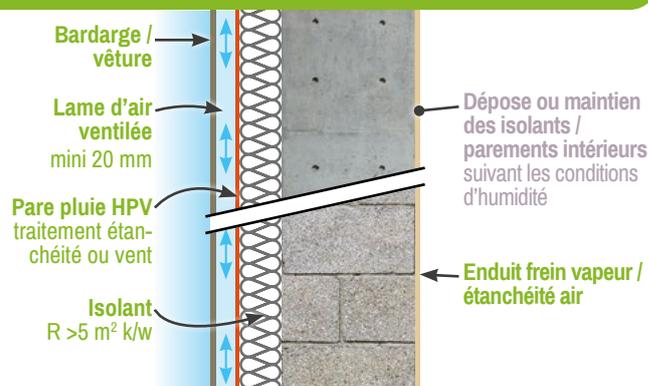
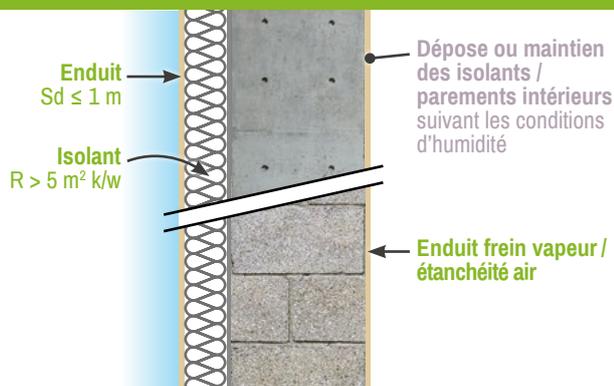
POINTS DE VIGILANCE

- Vérifier qu'aucun enduit fermé à la migration de vapeur d'eau ne soit appliqué en intérieur et/ou en extérieur.
- Les travaux d'isolation nécessitent un système de ventilation intérieur efficace.
- Voir également les « points de vigilance communs » au § 2.5 (page 38).

2.6.7 ITE SUR BÉTON / BLOC BÉTON > 1948

L'isolation par l'extérieur de parois en agglo de ciment, nécessite de faire particulièrement attention à conserver l'ouverture à la diffusion de vapeur d'eau initiale des murs. Il est conseillé de se reporter à la fiche parois « Béton / bloc béton > 1948 » en complément de cette fiche.

ITE - Isolation Thermique Extérieure - MUR EN BÉTON / BLOC BÉTON > 1948



1^e possibilité : Enduit sur isolant



Isolants possibles avec une finition enduite

- Isolants rigides
- Bétons végétaux (⚠ épaisseur totale)
- Construction paille (⚠ épaisseur totale)

2^e possibilité : Bardage rapporté



Isolants possibles avec un bardage ventilé

- Isolants semi-rigides
- Isolants rigides
- Isolants en vrac (insufflés ou projetés)
- Bétons végétaux (⚠ épaisseur totale)

CÔTÉ EXTÉRIEUR :

- L'isolation rapportée doit permettre la diffusion à la vapeur d'eau.
- Un pare-pluie rigide à haute perméabilité à la vapeur d'eau est préférable pour tous les bardages à joints ouverts.
- L'utilisation d'un pare-pluie, souple ou rigide, est obligatoire si la technique de l'isolant projetée ou insufflée est choisie.
- L'enduit doit être ouvert à la diffusion de vapeur d'eau (Sd ≤ 1 m) et être étanche à l'air.

CÔTÉ INTÉRIEUR :

- Le maintien du dispositif de doublage intérieur est possible, mais il ne faut pas qu'il soit une source d'aggravation des problèmes d'humidité.
- Dans le cas de son maintien, il faut avoir conscience que l'étanchéité à l'air ne sera pas optimale et qu'une forte part de l'inertie thermique des murs ne pourra pas être utilisée.
- Dans le cas de sa dépose, un enduit exempt de fissurations (terre crue, chaux, plâtre), ayant un rôle de frein-vapeur, permet de garantir une forte inertie thermique. L'enduit doit également assurer l'étanchéité à l'air de la paroi.

POINTS DE VIGILANCE

- L'utilisation d'une membrane frein-vapeur souple ou à porosité variable, d'un enduit ou d'une plaque frein-vapeur est obligatoire.
- Les bétons végétaux sont mis en œuvre en tant que correcteurs thermiques pour de l'isolation par l'extérieur. Leur application ne se justifie donc pas dans toutes les régions et/ou suivant l'exposition de la paroi.
- Les travaux d'isolation nécessitent un système de ventilation intérieur efficace.
- Voir également les « points de vigilance communs » au § 2.5 (page 38).

2.6.8 ITI SUR BÉTON / BLOC BÉTON > 1948

L'isolation par l'intérieur de parois en bloc béton nécessite de faire particulièrement attention à conserver l'ouverture à la diffusion de vapeur d'eau initiale des murs. Il est conseillé de se reporter à la fiche parois « Béton / bloc béton > 1948 » en complément de cette fiche.

ITI - Isolation Thermique Intérieure - MUR EN BÉTON / BLOC BÉTON > 1948	
<p>Enduit $S_d \leq 1 \text{ m}$</p> <p>Enduit chaux ou plâtre pour reprise d'aplomb, si nécessaire, ou bouchage de vides</p> <p>Isolant $R > 5 \text{ m}^2 \text{ k/w}$</p> <p>Membrane frein vapeur / étanchéité air hygrovariable</p> <p>Vide technique $\approx 4,8 \text{ cm}$</p> <p>Plaque de parement remplissage isolant possible si même conductivité thermique et frein vapeur hygrovariable adapté</p>	<p>Enduit $S_d \leq 1 \text{ m}$</p> <p>Correction thermique ou isolation en béton végétal projeté $> 6 \text{ cm}$</p> <p>Enduit frein vapeur / étanchéité air $> 1 \text{ cm}$ Chaux / plâtre / terre crue</p>
1^e possibilité : Avec vide technique	2^e possibilité : Sans vide technique
<p>Thermique Coût Confort d'été Architecture</p>	<p>Thermique Coût Confort d'été Architecture</p>
Isolants possibles avec une finition enduite	Isolants possibles avec un bardage ventilé
<ul style="list-style-type: none"> • Isolants semi-rigides • Isolants rigides • Isolants en vrac (insufflés ou projetés) • Bétons végétaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Isolants semi-rigides • Isolants rigides • Isolants en vrac (insufflés ou projetés) • Bétons végétaux

CÔTÉ INTÉRIEUR :

- Si nécessaire, appliquer une première couche d'enduit à la chaux ou au plâtre sur la paroi existante pour la reprise d'aplomb et/ou boucher des vides.
- Le vide technique est généralement de 4,8 cm, correspondant à l'épaisseur des rails de doublage.
 - Si le vide technique est isolé alors il faut utiliser une membrane frein-vapeur hygrovariable et l'associer à un isolant ayant la même conductivité thermique.
- Un enduit chaux, terre crue ou plâtre est ensuite appliqué sur les parois, garantissant ainsi le rôle de frein-vapeur et de dispositif d'étanchéité à l'air.

CÔTÉ EXTÉRIEUR :

- Si un enduit est appliqué, celui-ci doit être ouvert à la diffusion de vapeur d'eau ($S_d \leq 1 \text{ m}$) et être étanche à l'air.

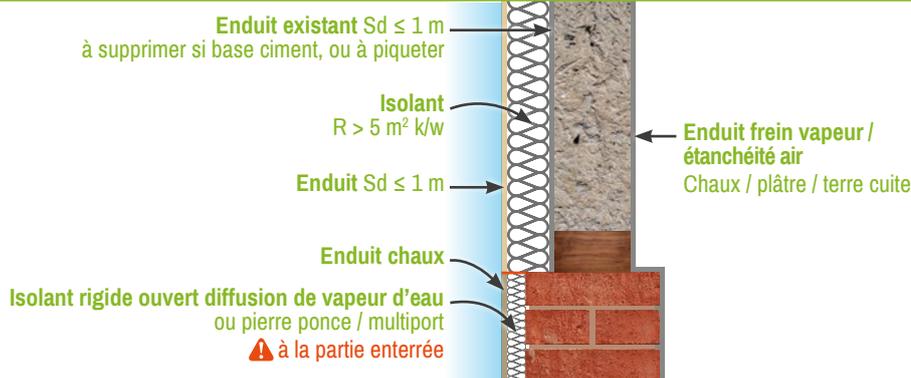
POINTS DE VIGILANCE

- Vérifier qu'aucun enduit fermé à la migration de vapeur d'eau ne soit appliqué en intérieur et/ou en extérieur.
- Les travaux d'isolation nécessitent un système de ventilation intérieur efficace.
- Voir également les « points de vigilance communs » au § 2.5 (page 38).

2.6.9 ITE SUR PAROIS OSSATURE BOIS / COLOMBAGE / PAN DE BOIS / GALANDAGE < 1948

L'isolation par l'extérieur des parois en ossature bois, colombage, pan de bois ou galandage, nécessite de faire particulièrement attention à conserver l'ouverture à la diffusion de vapeur d'eau initiale des murs. Il est conseillé de se reporter à la fiche parois « Ossature bois / colombage / pan de bois / galandage < 1948 » en complément de cette fiche.

ITE - Isolation Thermique Extérieure - OB / COLOMBAGE / GALANDAGE



Enduit sur isolant



Isolants possibles avec une finition enduite

- Isolants rigides
- Bétons végétaux
- Construction paille

CÔTÉ EXTÉRIEUR :

- L'enduit existant doit être ouvert à la diffusion de vapeur d'eau, dans le cas contraire il est nécessaire de le supprimer ou de le piquer.
- L'isolation rapportée doit permettre la diffusion à la vapeur d'eau.
- Dans la partie enterrée, l'isolant doit être ouvert à la diffusion à la vapeur d'eau et être imputrescible. L'enduit associé est fait à base de chaux.
- L'utilisation d'un pare-pluie, souple ou rigide, est obligatoire si la technique de l'isolant projeté ou insufflé est choisie.
- L'enduit doit être ouvert à la diffusion de vapeur d'eau ($S_d \leq 1$ m).

CÔTÉ INTÉRIEUR :

- L'enduit intérieur (> 1 cm) est à base de chaux, plâtre ou terre crue, il doit être étanche à l'air.

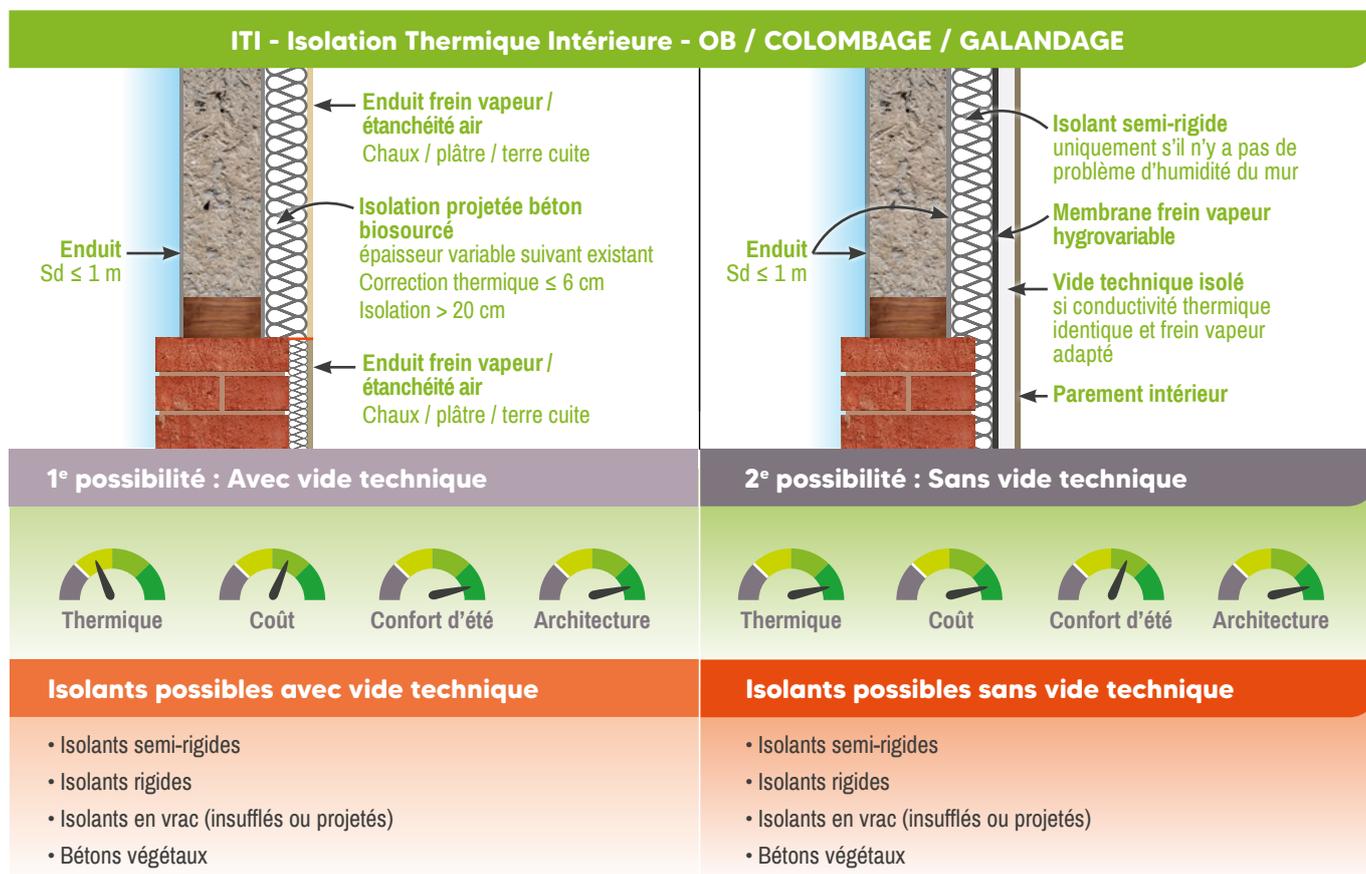
Le pied de mur doit recevoir un dispositif isolant ouvert à la diffusion de vapeur d'eau, pierre ponce ou béton cellulaire (ce dernier ne peut être soumis à une humidité excessive).

POINTS DE VIGILANCE

- Lorsqu'il y a la présence d'un enduit à base de ciment, il est obligatoire de le supprimer.
- Les soubassements doivent permettre un drainage efficace.
- Il est nécessaire de vérifier la capacité du soubassement et de la structure à reprendre les efforts structurels et les descentes de charges en façade.
- Les travaux d'isolation nécessitent un système de ventilation intérieur efficace.
- Voir également les « points de vigilance communs » au § 2.5 (page 38).

2.6.10 ITI SUR PAROIS OSSATURE BOIS / COLOMBAGE / PAN DE BOIS / GALANDAGE < 1948

L'isolation par l'intérieur de parois en ossature bois, colombage, pan de bois ou galandage nécessite de faire particulièrement attention à conserver l'ouverture à la diffusion de vapeur d'eau initiale des murs. Il est conseillé de se reporter à la fiche parois « Ossature bois / colombage / pan de bois / galandage < 1948 » en complément de cette fiche.



CÔTÉ INTÉRIEUR :

Il sera parfois nécessaire de réaliser un enduit ouvert à la diffusion de vapeur d'eau (chaux, terre crue) afin de réparer les remplissages de terre crue.

- Le vide technique est généralement de 4,8 cm, correspondant à l'épaisseur des rails de doublage.
 - Si le vide technique est isolé alors il faut utiliser une membrane frein-vapeur hygrovariable et l'associer à un isolant ayant la même conductivité thermique.
- Un enduit chaux, terre crue ou plâtre est ensuite appliqué sur les parois, garantissant ainsi le rôle de frein-vapeur et de dispositif d'étanchéité à l'air.

Le pied de mur doit recevoir un dispositif isolant ouvert à la diffusion de vapeur d'eau, pierre ponce ou béton cellulaire (ce dernier ne peut être soumis à une humidité excessive).

CÔTÉ EXTÉRIEUR :

- Un enduit chaux, terre crue ou plâtre exempt de fissures est ensuite appliqué sur les parois garantissant ainsi le rôle de frein-vapeur et de dispositif d'étanchéité à l'air.
- Si un enduit est appliqué, celui-ci doit être ouvert à la diffusion de vapeur d'eau (Sd ≤ 1 m).
- L'enduit doit masquer la lisse basse.

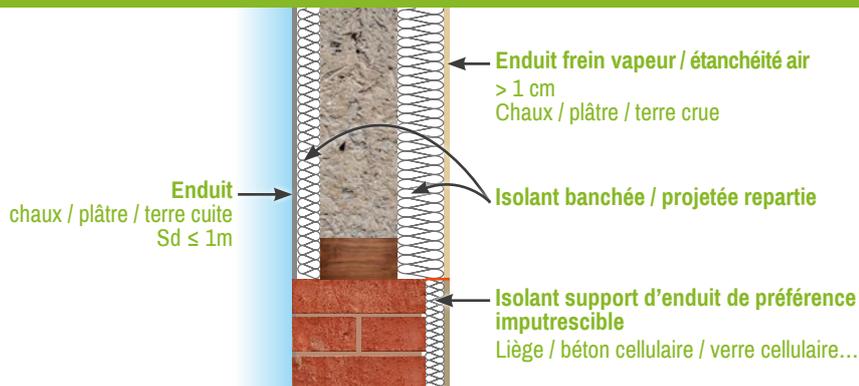
POINTS DE VIGILANCE

- Lorsqu'il y a la présence d'un enduit à base de ciment, il est obligatoire de le supprimer.
- Les soubassements doivent permettre un drainage efficace.
- Il est nécessaire de vérifier la capacité du soubassement et de la structure à reprendre les efforts structurels et les descentes de charges en façade.
- Il est important de rejeter les eaux, au niveau de la lisse basse, devant la maçonnerie en extérieur.
- Les travaux d'isolation nécessitent un système de ventilation intérieure efficace.
- Voir également les « points de vigilance communs » au § 2.5 (page 38).

2.6.11 ITR SUR PAROIS OSSATURE BOIS / COLOMBAGE / PAN DE BOIS / GALANDAGE < 1948

Les techniques à ossatures bois, colombages, pan de bois et galandages sont particulièrement adaptées pour la mise en œuvre d'une isolation répartie. Il est conseillé de se reporter à la fiche parois « Ossature bois / colombage / pan de bois / galandage < 1948 » en complément de cette fiche.

ITR - Isolation Thermique Répartie - OB / COLOMBAGE / GALANDAGE



Proposition



Isolants possibles avec une finition enduite

- Isolants rigides
- Isolants en vrac
- Bétons végétaux
- Construction paille

- Le torchis ou le galandage existant doit être déposé dans son intégralité. Ensuite, il est possible de bancher un mélange à base de béton biosourcé de type chaux/chanvre ou torchis allégé type terre/paille.
- Les épaisseurs sont de l'ordre de 25 cm ou plus pour obtenir une isolation correcte.
- Un enduit est appliqué de chaque côté, l'enduit intérieur doit être exempt de fissure, car il a une fonction de frein-vapeur et de dispositif d'étanchéité à l'air. L'enduit extérieur protège de la convection et des intempéries.
 - Les épaisseurs des enduits doivent être supérieures à 1cm.
 - L'enduit extérieur doit être plus ouvert que l'enduit intérieur ($S_{dext} < S_{dint}$).
 - Le S_d de l'extérieur doit être $< 1m$.

Le pied de mur doit recevoir un dispositif isolant ouvert à la diffusion de vapeur d'eau, pierre ponce ou béton cellulaire (ce dernier ne peut être soumis à une humidité excessive).

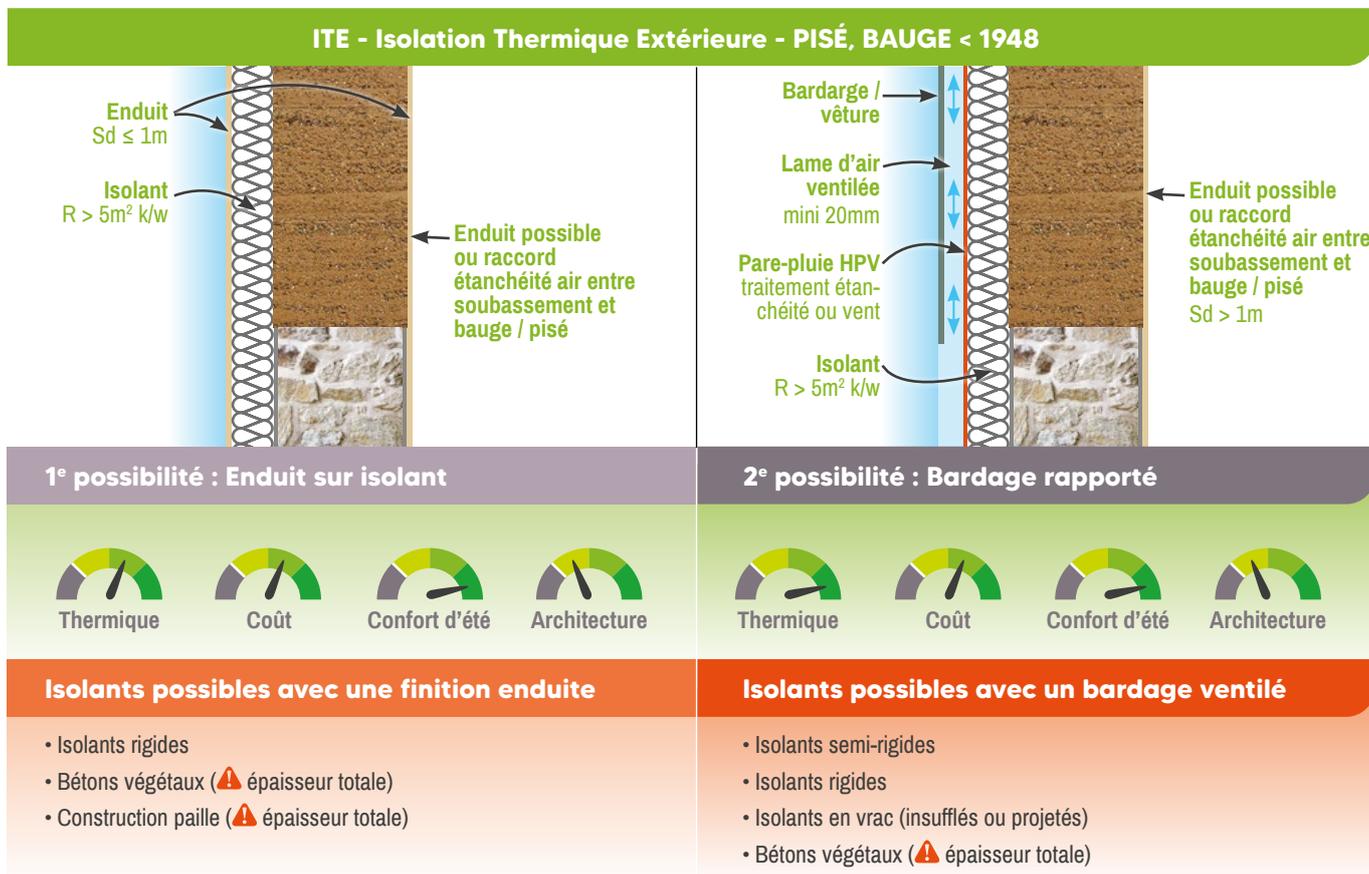
Il est possible de laisser les colombages et les pans de bois apparents à conditions qu'ils le soient à l'origine et qu'ils ne soient pas en bois blancs (peuplier, saule, hêtre, etc.).

POINTS DE VIGILANCE

- Lorsqu'il y a la présence d'un enduit à base de ciment, il est obligatoire de le supprimer.
- Les soubassements doivent permettre un drainage efficace.
- Il est nécessaire de vérifier la capacité du soubassement et de la structure à reprendre les efforts structurels et les descentes de charges en façade.
- Les travaux d'isolation nécessitent un système de ventilation intérieur efficace.
- Voir également les « points de vigilance communs » au § 2.5 (page 38).

2.6.12 ITE SUR PAROIS PISÉ / BAUGE < 1948

L'isolation par l'extérieur des parois en pisé ou en bauge nécessite de faire particulièrement attention à conserver l'ouverture à la diffusion de vapeur d'eau initiale des murs. Il est conseillé de se reporter à la fiche parois « Pisé / bauge < 1948 » en complément de cette fiche.



CÔTÉ EXTÉRIEUR :

- Le pied de mur doit recevoir un dispositif isolant ouvert à la diffusion de vapeur d'eau, pierre ponce ou béton cellulaire (ce dernier ne peut être soumis à une humidité excessive).
- L'isolation rapportée doit permettre la diffusion à la vapeur d'eau.
- Un pare-pluie rigide à haute perméabilité à la vapeur d'eau est préférable pour tous les bardages à joints ouverts.

- L'utilisation d'un pare-pluie, souple ou rigide, est obligatoire si la technique de l'isolant projeté ou insufflé est choisie.
- L'enduit doit être ouvert à la diffusion de vapeur d'eau ($S_d \leq 1m$).

CÔTÉ INTÉRIEUR :

- L'enduit intérieur est à base de chaux, plâtre ou terre crue.

POINTS DE VIGILANCE

- Lorsqu'il y a la présence d'un enduit à base de ciment, il est obligatoire de le supprimer.
- Les soubassements doivent permettre un drainage efficace.
- Il est nécessaire de vérifier la capacité du soubassement et de la structure à reprendre les efforts structurels et les descentes de charges en façade.
- Les travaux d'isolation nécessitent un système de ventilation intérieur efficace.
- Voir également les « points de vigilance communs » au § 2.5 (page 38).

2.6.13 ITI SUR PAROIS PISÉ / BAUGE < 1948

L'isolation par l'intérieur de parois en pisé ou bauge nécessite de faire particulièrement attention à conserver l'ouverture à la diffusion de vapeur d'eau initiale des murs. Il est conseillé de se reporter à la fiche parois « Pisé / bauge < 1948 » en complément de cette fiche.

ITI - Isolation Thermique Intérieure - PISÉ, BAUGE < 1948



1^{ère} possibilité : Avec vide technique



Isolants possibles avec une finition enduite

- Isolants semi-rigides
- Isolants rigides
- Isolants en vrac (insufflés ou projetés)
- Bétons végétaux

2^{ème} possibilité : Sans vide technique



Isolants possibles avec un bardage ventilé

- Isolants semi-rigides
- Isolants rigides
- Isolants en vrac (insufflés ou projetés)
- Bétons végétaux

CÔTÉ INTÉRIEUR :

- Il sera parfois nécessaire de réaliser un enduit ouvert à la diffusion de vapeur d'eau (chaux, terre crue) afin de réparer les remplissages de terre crue.
- Le vide technique est généralement de 4,8 cm, correspondant à l'épaisseur des rails de doublage.
 - Si le vide technique est isolé alors il faut utiliser membrane frein-vapeur hygrovariable et l'associer à un isolant avec la même conductivité thermique.
- Il est également possible de placer une ossature bois décalée vers l'intérieur et de projeter un béton végétal ou de la ouate de cellulose humide. Vient ensuite sur les montants une membrane frein-vapeur à porosité variable, une contrelatte puis le parement de finition intérieur.

- Un enduit chaux, terre crue ou plâtre est ensuite appliqué sur les parois, garantissant ainsi le rôle de frein-vapeur et de dispositif d'étanchéité à l'air.

CÔTÉ EXTÉRIEUR :

- Un enduit chaux, terre crue ou plâtre exempt de fissure est ensuite appliqué sur les parois garantissant ainsi le rôle de frein-vapeur et de dispositif d'étanchéité à l'air.
- Si un enduit est appliqué, celui-ci doit être ouvert à la diffusion de vapeur d'eau ($S_d \leq 1$ m).

Le pied de mur doit recevoir un dispositif isolant ouvert à la diffusion de vapeur d'eau, pierre ponce ou béton cellulaire (ce dernier ne peut être soumis à une humidité excessive).

POINTS DE VIGILANCE

- Lorsqu'il y a la présence d'un enduit à base de ciment, il est obligatoire de le supprimer.
- Les soubassements doivent permettre un drainage efficace.
- Il est nécessaire de vérifier la capacité du soubassement et de la structure à reprendre les efforts structurels et les descentes de charges en façade.
- Les travaux d'isolation nécessitent un système de ventilation intérieure efficace.
- Voir également les « points de vigilance communs » au § 2.5 (page 38).

Les acteurs clés

ADEME, SERVICE FORÊT, ALIMENTATION ET BIOÉCONOMIE

Agence de la transition écologique
20 avenue du Grésillé – BP 90406
49 004 ANGERS CEDEX 01
02.41.20.41.20
www.ademe.fr

RÉGION HAUTS-DE-FRANCE

151 avenue du président Hoover
59 555 LILLE CEDEX
03.74.27.00.00
www.hautsdefrance.fr

CONSTRUIRE EN CHANVRE

Construire en Chanvre
140 rue du chevaleret
75 013 PARIS
06.48.11.38.53
www.construire-en-chanvre.fr

RFCP

Réseau Français de la Construction Paille
69 bis rue des déportés et internés de la
Résistance
45 200 MONTARGIS
07.55.61.06.20
www.rfcp.fr

FRANCE BOIS RÉGION

Interprofession de la filière bois
Maison du Pôle Bois
Rue du docteur Albert Schweitzer
19 000 TULLE
05.55.29.22.70
www.franceboisregions.fr

AICB

Association des Industriels de la construction
Biosourcée Agence Qualité Construction
120 avenue Ledru Rollin
75 011 PARIS
01.43.45.53.43
www.uicb.pro/aicb

CF2B

Collectif des Filières Biosourcées du Bâtiment
69 bis rue des déportés et internés
de la Résistance
45 200 MONTARGIS
www.cf2b.org

CODEM

Construction Durable et Eco-matériaux
56 rue André Durouchez
80 080 AMIENS
03.22.34.27.05
www.batlab.fr

TOERANA HABITAT

Coopératives d'entrepreneurs solidaires,
destinée aux professionnels du bâtiment, de
l'éco-construction et de l'éco-rénovation
235 boulevard Paul Painlevé
59 000 LILLE
03.20.57.94.24
www.toerana-habitat.fr

ACERMI	: Association pour la Certification des Matériaux Isolants
ACV	: Analyse de Cycle de Vie
ADEME	: Agence de la transition écologique
ADIL	: Agences Départementales de l'Information sur le Logement
AICB	: Association des Industriels de la Construction Biosourcée
AMO	: Assistant à Maîtrise d'Ouvrage
ANAH	: Agence Nationale de l'Habitat
ATec	: Avis Technique
ATEx	: Appréciation Technique d'Expérimentation
BBC	: Bâtiment Basse Consommation
CF2B	: Collectif des Filières Biosourcées du Bâtiment
CODEM	: Construction Durable et Eco-Matériaux
COV	: Composés Organiques Volatils
DPE	: Diagnostic de Performance Energétique
DTA	: Document Technique d'Application
DTU	: Document Technique Unifié
EIE	: Espaces Info Energie
EnR	: Energie Renouvelable
FAIRE	: Faciliter, Accompagner, Informer pour la Rénovation Energétique
FDES	: Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire
FRD	: Fibres Recherche Développement
FSC	: Forest Stewardship Council
GES	: Gaz à Effet de Serre
HPE	: Haute Performance Energétique
HR	: Humidité Relative
IAR	: Pôle de la bioéconomie Industries et Agro-Ressources
INSEE	: Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
ITE	: Isolation Thermique par l'Extérieur
ITI	: Isolation Thermique par l'Intérieur
ITR	: Isolation Thermique Répartie
LTECV	: Loi de Transition Energétique pour la Croissance Verte
OPEN	: Observatoire Permanent de l'amélioration Energétique
PEFC	: Programme de reconnaissance des Certifications Forestières
PHEBUS	: Performance de l'Habitat, Équipements, Besoins et Usages de l'énergie
PREH	: Plan de Rénovation Energétique de l'Habitat
PRIS	: Point Rénovation Info Service
PSE	: Polystyrène Expansé
PTRE	: Plateformes Territoriales de la Rénovation Energétique
RAGE	: Règles de l'Art Grenelle Environnement (RAGE)
RE	: Réglementation Environnementale
RFCP	: Réseau Français de la Construction Paille
RGE	: Reconnues Garantées de l'Environnement
RT	: Réglementation Thermique
SHON	: Surface Hors Oeuvre Nette
SNBC	: Stratégie Nationale Bas Carbone
THPE	: Très Haute Performance Energétique
TREMI	: Travaux de Rénovation Energétique des Maisons Individuelles
VMC	: Ventilation Mécanique Contrôlée

- [1] **Commissariat général au développement durable**, « Bilan énergétique de la France pour 2018 », 2020.
- [2] **Commissariat général au développement durable**, « Les ménages et la consommation d'énergie », 2017.
- [3] **Commissariat général au développement durable**, « Chiffres & Statistique - N°534 », 2014.
- [4] **INSEE**, « Logement en 2014 », 29/06/2017. [En ligne]. www.insee.fr/fr/statistiques/2862034
- [5] **INSEE**, « Les conditions de logements en France », 2017.
- [6] **ADEME**, « Chiffres-Clés - Climat Air et Énergie », 2018.
- [7] **ADEME**, « Guide pratique « Isoler sa maison », 2018.
- [8] **ADEME**, « TREMI : Travaux de Rénovation Énergétique des Maisons Individuelles. Campagne 2017 », 2018.
- [9] **ADEME**, « OPEN : Observatoire permanent de l'amélioration énergétique du logement. Campagne 2015 », 2016.
- [10] **ADEME**, « Travaux de rénovation dans le logement - La réglementation thermique », 2018.
- [11] **Effinergie**, « Référentiel du label BBC-effinergie rénovation - Fiche de synthèse n°4 », 2009.
- [12] **Réseau Action Climat et le CLER-Réseau pour la transition énergétique**, « Observatoire Climat-Energie » [En ligne]. www.observatoire-climat-energie.fr/climat/batiments
- [13] **Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable**, « Évaluation du dispositif "reconnu garant de l'environnement" (RGE) », 2017.
- [14] **Institut négaWatt**, « Résorber la précarité énergétique et rénover les passoires thermiques », 2018.
- [15] **Ministère de la Transition écologique et solidaire**, « Stratégie à long terme de la France pour mobiliser les investissements dans la rénovation du parc national de bâtiments à usage résidentiel et commercial, public et privé », 2020.
- [16] **ADEME**, « Le Booster de la rénovation », 2017.
- [17] **Programme PACTE**, « Stratégie de rénovation », 2017.
- [18] **AQC**, « Matériaux bio-sourcés : 12 enseignements à connaître », 2016.
- [19] **CODEM**, « Réhabiliter le bâti picard en pan de bois », 2014.
- [20] **ADEME & CoDEM**, « Comparaison des émissions de COV dans l'air intérieur par les produits biosourcés utilisés dans le bâtiment », 2017.
- [21] **ADEME**, « Aides financières 2020 pour des travaux de rénovation énergétique dans les logements existants », 2020.
- [22] **ADEME**, « Des produits biosourcés durables pour les acheteurs publics et privés », 2019.
- [23] **Ministère de la transition écologique et solidaire & Ministère de la cohésion des territoires et des relations avec les collectivités territoriales**, « Les matériaux de construction biosourcés dans la commande publique », 2020.
- [24] **Union des Industriels de la Construction**, « Association des Industriels de la Construction Biosourcée » [En ligne]. www.uicb.pro/aicb
- [25] **CEREMA**, « Synthèse bibliographique des études sur la rénovation thermique du bâti ancien à l'aide de matériaux isolants biosourcés », 2016.
- [26] **CSTB**, « Guide de recommandation techniques HUMIBATex - Prise en compte de risques hygrothermiques en réhabilitation du bâti existant », 2017.
- [27] **Fibres Recherches Développement**, « Panorama des marchés "fibres végétales techniques en matériaux" (hors bois) en France », 2020.
- [28] **ADEME**, « Enquête inter-régionale sur les perceptions, pratiques et attentes des entreprises artisanales vis à vis des matériaux de construction biosourcés », 2015.
- [29] **KARIBATI**, « Avis d'expert - Matériaux biosourcés, gardiens du carbone », 2018.
- [30] **DGE**, « Recensement des produits biosourcés disponibles sur le marché et identification des marchés publics cibles », 2016.
- [31] **AQC**, « Humidité dans la construction : 12 enseignements à connaître », 2019.

GUIDE DE LA RÉNOVATION DE PAROIS

à l'aide de matériaux biosourcés

LES PRODUITS BIOSOURCÉS SONT AUJOURD'HUI UNE RÉALITÉ, AVEC PLUS DE 8 % DU MARCHÉ DE L'ISOLATION PAR EXEMPLE, ET DES TAUX DE CROISSANCE DE PLUS DE 10 % PAR AN SELON L'ASSOCIATION DES INDUSTRIELS DE LA CONSTRUCTION BIOSOURCÉE (AICB).

Bien ancrés dans le domaine du bâtiment et en respectant les standards (ATec, ATEEx, Règles Professionnelles, etc.), ils apportent des solutions opérationnelles adaptées, tout particulièrement en matière de performance thermique, de confort d'été, de régulation de l'hygrométrie et avec une empreinte carbone limitée.

Ils sont ainsi tout particulièrement adaptés à la rénovation du bâti, dans le contexte actuel de massification de la rénovation.

LES OBJECTIFS DE CE GUIDE SONT DE :

- ◆ Mettre en avant des solutions biosourcées concrètes et éprouvées, en rappelant leurs avantages et leurs précautions d'usage.
- ◆ Accompagner les utilisateurs (maîtres d'ouvrages privés ou publics, maîtres d'œuvre, constructeurs...), qui souhaitent initier des travaux de rénovation, en leur donnant des clés pour identifier des solutions de rénovation cohérentes avec leur bâti existant.

Il est structuré autour de fiches « matériau d'isolation », « paroi », et des fiches « techniques de mise en œuvre » permettant de présenter des exemples de réalisation couvrant des études de cas fréquents. Chaque fiche peut se comprendre de manière indépendante, tout en pouvant se lire dans sa globalité afin de bien intégrer le raisonnement global qui doit être conduit dans tout projet de rénovation.

2015 - RÉNOVATION EN BÉTON DE COLZA DANS LA SOMME (80)



Avant

MUR APRÈS
RÉNOVATION
DES PAROIS



Après

CODEM
LE BATLAB

LE CODEM EN BREF

Société d'innovation nationale dédiée à la construction durable et au développement et à l'évaluation technique, environnementale et sanitaire des matériaux issus de biomasse ou de matière recyclée notamment dans le bâtiment.

56 Rue André Durouchez, 80080 Amiens - T. 03 22 34 27 05

SUIVEZ-NOUS

www.batlab.fr

