

L'isolation thermique

L'isolation des murs





@Gunnar Assmy

# L'ISOLATION THERMIQUE DES MURS

## Contexte historique

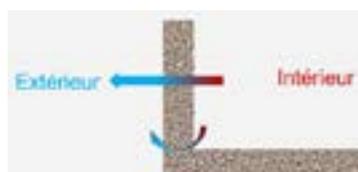
La première réglementation thermique est instaurée en 1974 à l'initiative de Pierre Messmer, premier ministre sous la présidence de Georges Pompidou, suite au premier choc pétrolier de 1973. Un événement qui déclenche une prise de conscience de la nécessité de maîtriser la consommation des énergies fossiles.

Celle-ci avait pour objectif une réduction de 25% de la consommation énergétique des bâtiments, et imposait une fine couche d'isolation. Les réglementations successives imposeront des niveaux d'exigences de performances de plus en plus élevés.

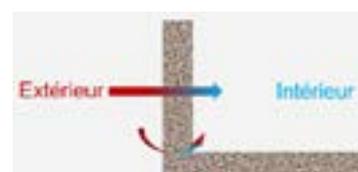
## Comment ça marche ?

L'isolation thermique est le procédé le plus efficace pour réduire sur le plan individuel et collectif les consommations énergétiques. Le principe de l'isolation est de ralentir les échanges thermiques de l'environnement le chaud vers l'environnement le plus froid à l'aide d'un matériau à faible conductivité.

### Echanges thermiques



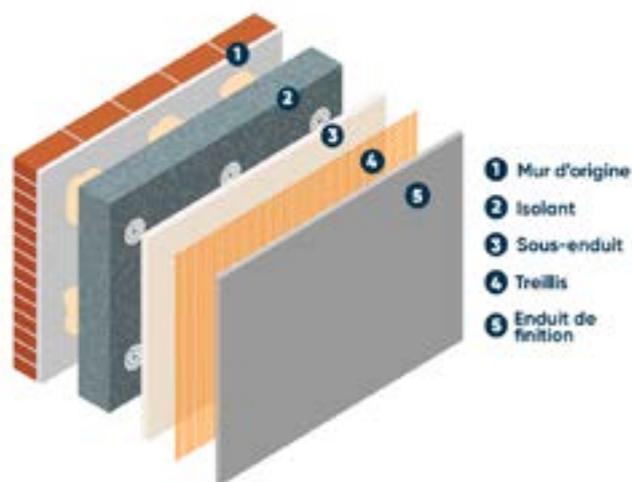
En hiver



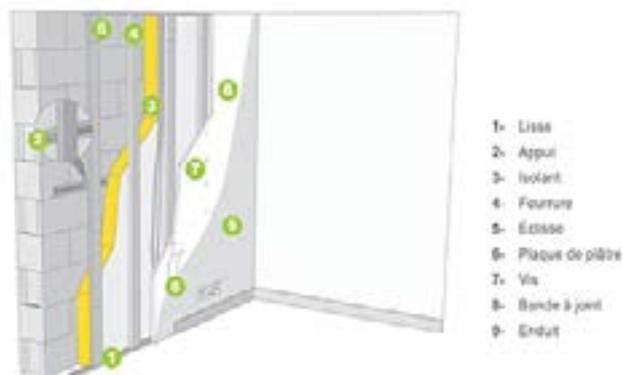
En été

Il existe diverses solutions techniques :

### L'isolation thermique par l'extérieur (ITE)



### L'isolation thermique par l'intérieur (ITI)



Dans l'absolu, la technique d'isolation par l'extérieur présente une meilleure efficacité qu'une isolation par l'intérieur. Elle présente aussi moins de risques liés à l'humidité. Toutefois, pour être applicable, cette solution doit faire l'objet d'une réflexion préalable sur le bâti et son environnement.

@ADEME



## Quel procédé d'isolation choisir ?

Le choix du procédé doit découler d'une réflexion menée sur le bâti et dans son ensemble :

- Mode d'occupation
- Période de construction
- Nature du support (brique, pierre, béton...)
- Insertion dans l'environnement,
- Architecture du bâtiment
- Etat de conservation des murs

A partir de ces informations, il est possible dans un premier temps d'apprécier si l'isolation par l'extérieur est possible ou si une isolation par l'intérieur est plus adaptée au contexte.

Le questionnaire ci-après est un guide d'orientation, il n'exclut que rarement une solution par rapport à l'autre. Il conviendra d'apprécier le poids relatif de tel ou tel critère, le cumul d'éléments favorables ou défavorables pour s'orienter vers la solution à mettre en œuvre.

### 1. Le mode d'occupation

L'occupation du logement	Isolation par l'extérieur (ITE)	Isolation par l'intérieur (ITI)	Commentaires
Discontinue (résidence secondaire, occupation seulement le week-end, etc.)	Peu favorable	Favorable	En diminuant l'inertie, l'isolation par l'intérieur favorise la réactivité du système de chauffage.
Forte occupation : faible surface par habitant	Favorable	Défavorable	L'isolation par l'extérieur ne diminue pas la surface habitable
Le chantier se déroule alors que le logement est habité	Favorable	Défavorable	La volonté d'éviter les nuisances peut conduire à une rénovation a minima (pièces non isolées, travaux limités). L'ITE limite fortement ces nuisances.

### 2. L'urbanisme

Situation du bâtiment	Isolation par l'extérieur (ITE)	Isolation par l'intérieur (ITI)	Commentaires
Le bâtiment se situe en secteur sauvegardé : l'avis de l'Architecte des bâtiments de France est obligatoire	Selon avis des ABF	Contraintes intérieures possibles	L'ABF n'autorise que rarement l'isolation par l'extérieur
En limite de propriété	Défavorable	Favorable pour les murs concernés	Une solution mixte ITE sur certains murs, ITI sur les murs en limite de propriété est possible : le traitement des ponts thermiques devra être anticipé.
En bordure de voie publique	Défavorable sauf autorisation	Favorable	Consulter les services d'urbanisme de la collectivité, des autorisations sont possibles. En cas d'isolation par l'extérieur, prévoir de renforcer la protection des premiers niveaux.
Mitoyenneté	Peu favorable	Le mur mitoyen peut nécessiter un traitement thermique et/ou acoustique	Les façades n'étant plus alignées, l'esthétique de l'ensemble peut souffrir d'une ITE. Le traitement de ce point singulier est néanmoins toujours possible.

### 3. La configuration

Configuration du bâtiment	Isolation par l'extérieur (ITE)	Isolation par l'intérieur (ITI)	Commentaires
Bâtiment de forme complexe et/ou fragmentation du volume chauffé	Défavorable	Favorable	Le risque est de devoir inutilement isoler par l'extérieur de grandes surfaces : renchérissement inutile. Dans la mesure du possible, regrouper les pièces d'habitation pour créer un volume chauffé simple.
Bâtiment de plusieurs niveaux (planchers bétons)	Très favorable	Très défavorable	Un bâtiment haut possède une grande surface de murs proportionnellement aux autres parois. Les planchers maçonnés constituent d'importants ponts thermiques : l'ITE est à privilégier
Bâtiment sur vide sanitaire	Peu favorable	Favorable	Les différentes solutions seront dessinées en coupe pour éviter de créer un pont thermique et vérifier la cohérence du projet.
Bâtiment sur terre-plein	Isolation périphérique enterrée	Isolation sous chape	Les différentes solutions seront dessinées en coupe pour éviter de créer un pont thermique et vérifier la cohérence du projet.
Pièces de petite surface	Très favorable	Très défavorable	Pas de perte de surface intérieure en l'ITE
Loggia / Entrée encastrée	Traitement délicat	-	Ponts thermiques multiples, espace limité : isolant à faible conductivité à envisager.
Balcons et/ou terrasses / escaliers extérieurs	Pont thermique important	Pont thermique important	Le pont thermique peut être complexe à traiter quelle que soit la technique choisie.
Façade à préserver	Très défavorable	Favorable	On peut éventuellement utiliser des enduits isolants en correction thermique.
Ravalement à prévoir	Favorable	Défavorable	Le coût d'un ravalement représente entre un tiers et la moitié d'une isolation par l'extérieur sous enduit.

### 4. L'installation intérieure

Configuration intérieure	Isolation par l'extérieur (ITE)	Isolation par l'intérieur (ITI)	Commentaires
Installation électrique récente	Favorable	Défavorable	Surcoûts liés au déplacement
Radiateurs à eau chaude	Favorable	Défavorable	Surcoûts liés au déplacement
Décoration intérieure à préserver	Favorable	Défavorable	
Salle de bain et/ou cuisine équipée récente	Favorable	Défavorable	



Le choix final doit dans tous les cas être fondé sur une expertise technique pour vérifier :

- La compatibilité des supports
- La faisabilité technique
- L'intérêt économique



## La conception



©Gina Sanders



### Les études préalables

#### Une approche par façades

Une fois les orientations définies, on examinera aussi, mur par mur, les conditions techniques, les contraintes favorisant telle ou telle solution.

#### Notamment :

- Orientation du mur, exposition aux vents et à la pluie, apports solaires
- Analyse de l'extérieur du mur : espace non chauffé, extérieur, enterré ; exposition au bruit...
- Type et état du parement extérieur
- Type constructif : mur en pierres, présence de terre dans le mortier, en blocs de béton, etc. Présence ou absence d'éléments sensibles à l'humidité (poutre en bois, métal, éléments gélifs), double-cloison, lame d'air, etc.
- Etat structurel : aplomb, fissures, etc.
- Recherche et traitement d'éventuels désordres liés à l'humidité excessive : remontées capillaires, infiltrations
- Parement intérieur : enduit plâtre, chaux, plaques de plâtre, lambris... Planéité, solidité
- Revêtements : peintures plus ou moins ouvertes à la diffusion de vapeur d'eau...

Un mur «sensible» ne peut accepter tout type d'isolation au risque de voir l'eau s'accumuler dans le complexe mur/isolant. Dans ce cas, l'isolation par l'extérieur présente en général moins de risques, l'isolation par l'intérieur devra toujours être abordée avec prudence.

Les contraintes de place disponible, en isolation intérieure principalement mais aussi parfois en extérieur, ne doivent pas conduire à faire l'impasse sur les résistances thermiques nécessaires pour atteindre une performance suffisante. En cas de manque de place, on recherchera des isolants présentant une faible conductivité (une meilleure résistance thermique à épaisseur égale).

### Les règles de conception

#### Réglementation incendie

L'installation des systèmes d'Isolation Thermique par l'Extérieur est soumise à des réglementations visant à limiter ou retarder la propagation d'un feu en façade. Il existe différentes réglementations, plus ou moins sévères en fonction du type de bâtiment.

#### Réglementation sismique

Il existe des règles de choix des systèmes ITE vis-à-vis de l'aléa sismique qui prennent en compte trois paramètres et notamment la zone de sismicité dans laquelle se trouve le bâtiment :

- Localisation géographique
- Catégorie d'importance du bâtiment
- Poids du système ITE en kg/m<sup>2</sup>

#### Règles d'exposition aux chocs

Le risque de chocs sur une façade est directement lié à son exposition. En élévation, par exemple, ce risque est limité. En revanche, une façade donnant sur un trottoir est davantage susceptible de recevoir un choc accidentel. La réglementation impose donc pour les systèmes ITE différents niveaux de résistance aux chocs selon l'exposition des façades.

#### Exposition à la pluie

L'eau de pluie, en pénétrant par capillarité ou par gravité, est un facteur de dégradation du gros œuvre. Pour limiter cette dégradation, la réglementation prévoit l'utilisation en façade de systèmes ITE plus ou moins imperméables selon le niveau d'exposition à la pluie du bâtiment.

### Prescriptions de mise en œuvre

Les principales prescriptions particulières de mise en œuvre sont rassemblées au sein de Document Technique Unifié (DTU). Ce document publié par l'AFNOR regroupe les règles de l'art concernant les ouvrages. Il définit la conception des ouvrages dits « traditionnels » et les exigences pour la mise en œuvre.

Le DTU ne prend pas en compte les produits ou procédés nouveaux, ni les mises en œuvre spécifiques.

C'est pourquoi les ouvrages dits « non traditionnels » peuvent être visés par des Avis Techniques (AT pour les produits non marqués CE) ou par des Documents Techniques d'Applications (DTA pour les produits marqués CE).

**Le DTU constitue un document de référence, tout comme les AT et les DTA, pour les assureurs et les contrôleurs techniques, en cas de litige.**



## Aspects réglementaires

### La réglementation thermique

L'isolation des murs relève de la réglementation thermique «élément par élément» (Arrêté du 22 mars 2017 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants).

Pour la rénovation des bâtiments existants, des exigences de performances thermiques sont requises pour respecter le niveau réglementaire ou obtenir des aides financières.

**La résistance thermique R** d'un élément correspond à sa capacité à limiter les pertes de chaleur : il s'agit de son pouvoir isolant.

Il s'exprime en  $m^2.K/W$

**Plus la valeur de R est grande, plus l'isolant est performant**

Pour l'isolation thermique des murs, il est exigé une **résistance thermique minimale de  $3,70 m^2.k/W$** .

	Niveau réglementaire	Niveau éligible pour les aides financières
Murs donnant sur l'extérieur	$R = 2,3 m^2.k/W$	$R \geq 3,7 m^2.k/W$
Murs sur locaux non chauffés	$R = 2 m^2.k/W$	$R \geq 3 m^2.k/W$

**Pour augmenter la valeur de R, on peut :**

- choisir une épaisseur plus importante
- choisir un matériau plus performant

### L'obligation d'isoler

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) crée, à son article 14, une obligation d'isoler en cas de ravalement de façade ou de réfection de toiture. Elle concerne les bâtiments d'habitation, de bureaux et d'enseignement, les bâtiments commerciaux et les hôtels.

L'obligation d'isoler en cas d'aménagement d'une nouvelle pièce en vue de la rendre habitable concerne uniquement les bâtiments d'habitation.

**Quels sont les travaux déclenchant l'obligation ?**

Il s'agit de travaux de ravalement de façade de type réfection d'enduit ou installation d'un parement sur au moins 50% d'une façade.

**Point de vigilance :**

L'obligation ne s'applique qu'aux façades constituées en surface à plus de 50% de terre cuite, de béton, de ciment ou de métal.

**L'obligation ne concerne pas :**

- les monuments historiques classés ou inscrits, les bâtiments servant de lieux de culte ;
- les bâtiments non chauffés ou d'une surface de plancher inférieure à  $50 m^2$  ;
- les constructions provisoires prévues pour durer moins de 2 ans ;
- les bâtiments porteurs du label « Architecture contemporaine remarquable » anciennement dénommé label « Patrimoine du XXe siècle »

**L'obligation ne s'applique pas lorsque celle-ci s'avère contraire à d'autres prescriptions légales, en particulier relatives à la protection des abords des monuments historiques, des quartiers anciens ou des sites naturels.**

### Autorisation d'urbanisme

L'ITE modifie l'aspect extérieur du bâtiment, et doit donc faire l'objet de démarches administratives spécifiques afin d'être déclarée et autorisée officiellement. Comme le précise l'article R421-17 du Code de l'urbanisme, la déclaration préalable de travaux (DP) doit être adressée à la mairie de la commune.

Le délai d'instruction est d'environ un mois suivant le dépôt. Il existe toutefois des cas particuliers. Si votre logement est classé Monument Historique ou s'il est situé sur un site protégé, vous devrez également demander un permis de construire.

Dans le cas de maisons mitoyennes, il est parfois nécessaire de passer chez un voisin pour réaliser l'isolation des murs. Il faut alors obtenir son autorisation amiable : c'est le tour d'échelle. En cas de désaccord, vous pouvez demander la médiation d'un conciliateur de justice, voire d'un juge.

Enfin, s'il est nécessaire d'installer un échafaudage dans la rue, vous devrez faire une demande d'occupation du domaine public auprès d'une autorité administrative, comme par exemple votre commune.



## Isoler un bâti ancien

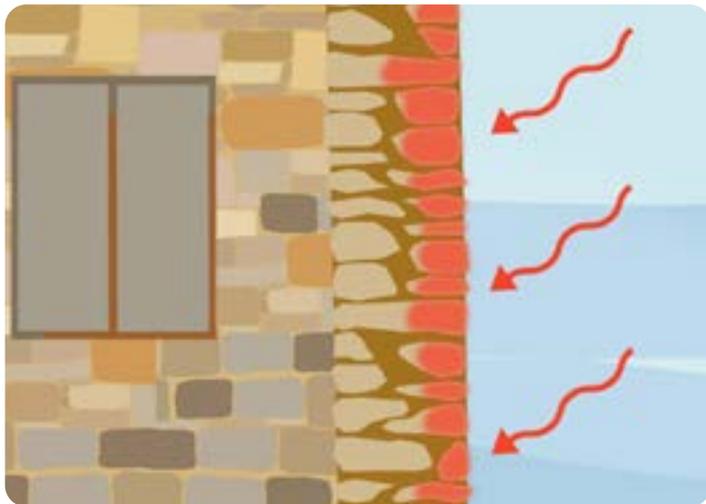
La thermique du bâtiment décrit les échanges thermiques qui se réalisent entre un bâtiment et son environnement. L'ensemble des parties d'un bâtiment est soumis aux transferts thermiques, qui sont des échanges de chaleur entre le milieu chaud et le milieu froid.

En période hivernale, on cherche à ralentir le transfert des calories produites par le système de chauffage et par les apports naturels (solaires et humains) vers l'extérieur du logement.

La pierre est un matériau très **effusif** et très **conducteur**. Cela signifie qu'elle absorbe beaucoup de calories, sans augmenter notablement sa température de surface. Ces calories sont transmises vers l'extérieur par conductivité thermique.

La combinaison de ces deux phénomènes produit la sensation de paroi froide, très inconfortable en hiver.

**i** Les murs en pierre ne sont pas isolants



Comportement en été - inertie de la paroi

La pierre est un matériau que l'on qualifie d'ouvert.

Sa particularité est de pouvoir évacuer naturellement l'eau présente dans le sol et de réguler l'hygrométrie ambiante au sein de l'habitat. Cette capacité naturelle s'appelle **la perspiration**.

Lors de travaux de rénovation, il faut veiller à ne pas entraver cette propriété au risque de créer des désordres pouvant nuire à la construction et à la santé des occupants.

Il est recommandé de réaliser un diagnostic préalable des supports pour déterminer les solutions d'isolation adaptées. L'utilisation d'isolants ou d'enduits inappropriés peut rapidement entraîner des désordres et des dégradations en raison de l'humidité.

**i** Les murs en pierre sont perspirants



Comportement en hiver- conductivité de la paroi

En période estivale, les écarts de température entre l'intérieur et l'extérieur des parois sont bien plus importants. On cherche alors à ralentir le transfert vers l'intérieur du logement.

La pierre, du fait de son **effusivité** et de sa **forte densité**, possède une **très bonne inertie**. Elle peut stocker une grande quantité de calories sans changer notablement d'état (sa température de surface reste stable). Cela contribue à réduire les surchauffes en freinant la pénétration des flux de chaleur en provenance de l'extérieur (le déphasage) tout en conservant une température constante. Le travail d'isolation ne doit donc pas entraver cette qualité mais l'améliorer.

**i** Les murs en pierre ont une bonne inertie



Perspiration de la paroi



## Les procédés d'isolation



**L'isolation des murs par l'extérieur est la solution la plus performante pour limiter les déperditions et préserver l'inertie des murs.**

Le caractère continu de ce procédé permet de traiter les déperditions surfaciques et linéiques, en plus d'améliorer l'inertie par absorption des murs. En hiver, cela permet à la paroi de mieux diffuser les calories emmagasinées quand la température du logement baisse, et en été, de la protéger des apports caloriques trop importants (avec un isolant à fort déphasage).

Ce choix de rénovation permet de traiter plus facilement le transfert de vapeur d'eau, à condition d'utiliser des matériaux adaptés (matériaux biosourcés).

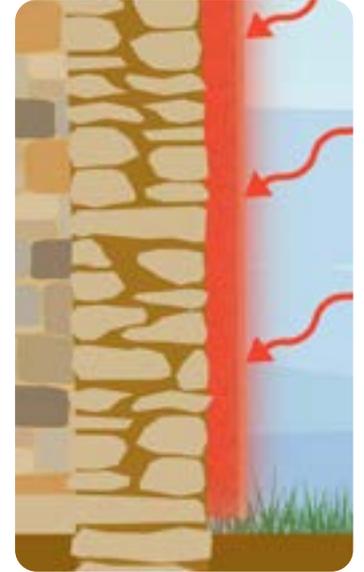
Les consommations de chauffage baissent et le confort d'été est globalement amélioré.



**L'isolation par l'extérieur permet d'améliorer les qualités intrinsèques des parois en pierre.**



ITE - Comportement hiver



ITE - Comportement été



Correction thermique - Comportement hiver - effusivité améliorée



**Le procédé consistant à isoler les murs par l'intérieur constitue a priori un contresens vis-à-vis du comportement thermique du bâti ancien et donc des murs en pierre.**

Il dégrade ses qualités propres, l'inertie pour le confort d'été, et risque à terme de provoquer de graves désordres hygrométriques en augmentant les ponts thermiques linéiques.

Cette opération peut toutefois être réalisée sous respect des conditions suivantes :

- choix de matériaux ouverts à la vapeur d'eau
- pose sans discontinuité du pare-vapeur
- réalisation sur support sain



**L'isolation par l'intérieur est la solution la moins recommandée..**



**La correction thermique consiste à appliquer un enduit allégé par des granulats (paille, chanvre, fibre de bois...) sur les maçonneries intérieures de l'enveloppe du bâtiment. Ils sont généralement appliqués sur 3 à 6 cm d'épaisseur.**

Cette solution peut être envisagée lorsqu'il n'est pas possible d'isoler par l'extérieur, pour préserver un décor de façade ou ne pas empiéter sur la propriété voisine.

Le rôle de la correction thermique est d'améliorer l'effusivité de la paroi, et permettre ainsi une élévation rapide de sa température de sa surface. Celle-ci, par rayonnement, diffusera plus efficacement les calories produites.

Cette solution peut aussi réguler naturellement l'hygrométrie du logement.



**La correction thermique supprime la sensation de paroi froide et améliore le confort des occupants.**



ITI - Comportement été - inertie dégradée



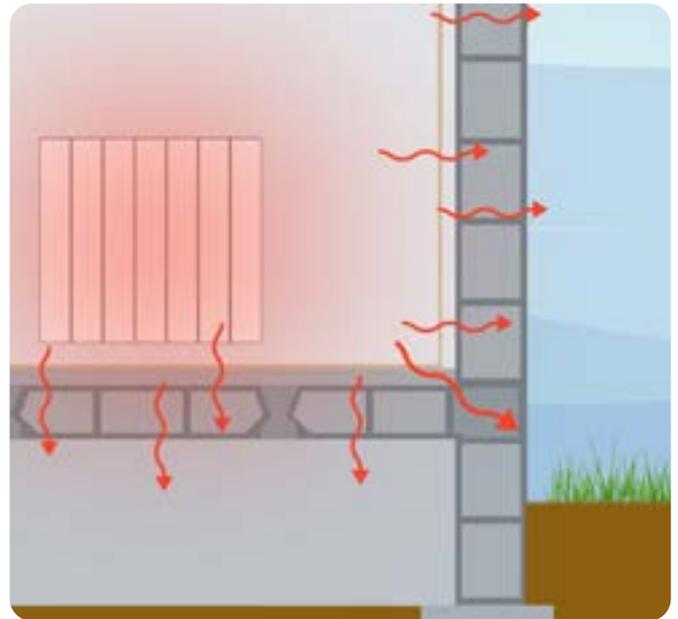
## Isoler un bâti moderne

Le bâti moderne est particulièrement sujet aux déperditions linéiques issues des ponts thermiques.

Les bâtiments construits après la Seconde Guerre mondiale, présentent des problèmes d'efficacité énergétique en raison de leur conception standardisée et de l'utilisation généralisée du béton et de ciment.

Ces matériaux ont une conductivité thermique élevée, ce qui entraîne des pertes de chaleur importantes à travers les surfaces des murs et des planchers. De plus, les jonctions structurelles entre murs et planchers ou murs et toitures créent des faiblesses qui contribuent aux échanges thermiques.

Les matériaux de construction modernes ne permettent pas de réguler naturellement l'humidité ambiante. Le recours à une ventilation mécanique est alors nécessaire pour éliminer l'humidité et maintenir des conditions intérieures saines et confortables.



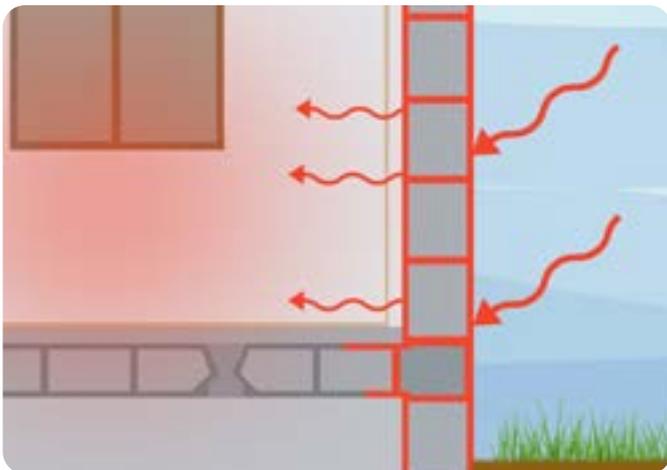
Comportement hiver - conductivité de la paroi et ponts thermiques

Les matériaux de construction modernes ont une inertie considérée comme moyenne.

La faible densité des murs (qui sont des éléments creux) ne permet pas au logement de bénéficier d'un long temps de déphasage. :

Ils sont très rapidement traversés par les flux de chaleur sans pouvoir stocker les calories, ni faire tampon avec l'extérieur.

Les matériaux de construction modernes ne permettent pas de lutter efficacement contre la chaleur en période estivale.



Comportement été - inertie faible

La rénovation thermique vient modifier l'équilibre existant dans le bâtiment. Il faut toujours tenir compte de l'état initial et veiller à la cohérence du programme de travaux.

On évite dans la mesure du possible :

- La création de ponts thermiques
- Le choix de solutions et/ou de matériaux inadaptés.

Dans tous les cas, le travail d'isolation des murs, rendant le logement plus étanche à l'air, nécessitera une amélioration de la ventilation pour renouveler de façon efficace l'air intérieur et éviter les problèmes de condensation et donc les risques de moisissures et dégradations du bâtiment. **Pas d'isolation sans ventilation !**



## Les procédés d'isolation

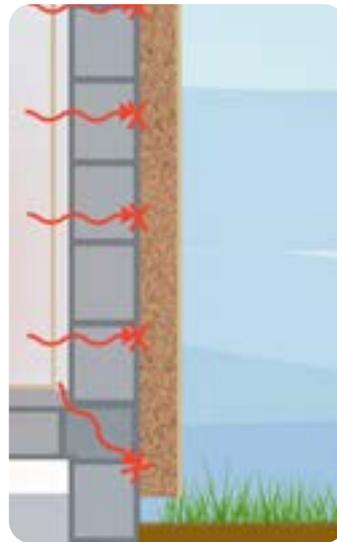
### Isoler par l'intérieur ou l'extérieur ?

Le procédé d'isolation par l'extérieur est le plus efficace pour réduire les déperditions surfaciques des murs et limiter les ponts thermiques.

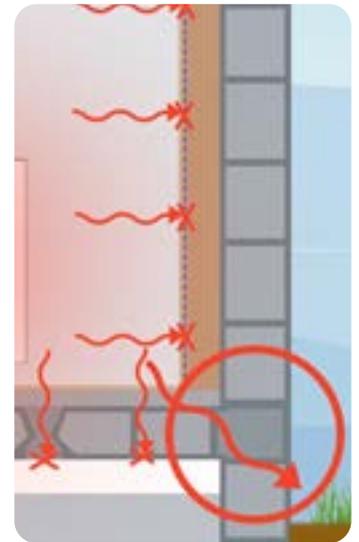
L'isolation par l'intérieur ne permet pas d'assurer une continuité de l'isolation sur les différentes jonctions structurelle, ce qui a pour effet d'augmenter les déperditions par les ponts thermiques.

L'isolation par l'intérieur gardant le mur froid en hiver va favoriser, à l'intérieur du mur, les condensations potentiellement problématiques. Un renouvellement d'air permanent (ventilation mécanique) doit être réalisé.

**i** Le procédé d'isolation par l'extérieur est le plus efficace pour limiter les déperditions de chauffage du logement.



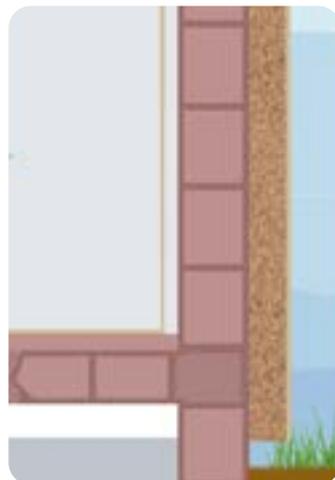
ITE - traitement des ponts thermiques



ITI - augmentation des ponts thermiques



ITI - Dégradation de l'inertie thermique



ITE biosourcée - Amélioration de l'inertie thermique

**i** Les murs maçonnés des bâtiments modernes ont une faible densité ; il est donc crucial d'éviter d'utiliser des matériaux isolants susceptibles de réduire l'inertie thermique.

L'isolation par l'extérieur à l'aide de matériaux denses et à long temps de déphasage (panneaux de fibre de bois, liège expansé...) permettent d'augmenter l'inertie du bâtiment.

L'isolation par l'intérieur à l'aide de matériaux isolants légers, abaisse l'effusivité de la paroi. Les variations de température à l'intérieur du bâtiment sont plus rapides et impactent le confort des occupants.

**i** Le procédé d'isolation par l'extérieur est à privilégier pour ne pas dégrader l'inertie thermique existante.

### L'isolation des murs creux

Beaucoup de maisons construites durant le 20ème siècle ont des murs creux. Ces murs creux (ou double mur) sont composés de deux couches séparées par un espace vide appelé creux ou coulisse.

Les travaux d'isolation consistent à forer des petits trous tout au long de la façade pour pouvoir souffler ou injecter de l'isolant à travers ceux-ci. Une fois la coulisse isolée les trous sont rebouchés.

**i** Ce procédé d'isolation n'est pas le plus efficace en raison de la faible épaisseur de la coulisse qui ne permet pas d'atteindre une résistance thermique élevée. De plus, les ponts thermiques restent non traités.



Isolation des murs creux



# L'isolation par l'extérieur

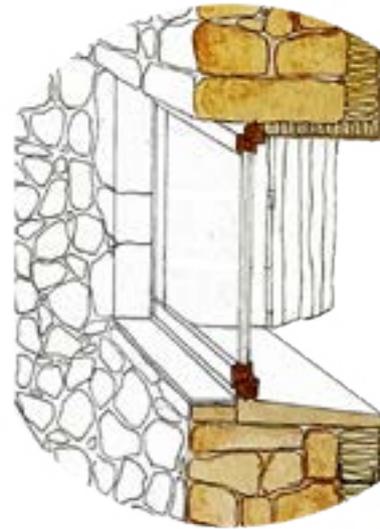
## Les précautions de mise en oeuvre

**L'isolation des murs par l'extérieur nécessite d'être réalisée selon les règles de l'art pour garantir ses performances et sa durabilité.**

- Conditions d'application : Elles doivent correspondre aux limites d'utilisation indiquées par les fabricants
- Recouvrement effectif des ponts thermiques : isolation des nez de dalles, jonction avec l'isolation de la toiture, tableaux des fenêtres, etc.
- Modification des dimensions des baies : nécessité éventuelle de changement des volets, stores, etc.

**Assurer la continuité avec les autres parois isolées et le recouvrement réel des ponts thermiques :**

- Pose des fenêtres au nu extérieur ou isolation des retours des tableaux de menuiseries.
- Seuils de portes et appuis de fenêtres : adaptés à l'épaisseur de l'isolant.
- Isolation enterrée descendant au moins 60 cm sous le dessous du plancher bas
- Limitation des pénétrations (réseaux, ancrages divers).



Pour les murs de façades en pierre, la finition protégeant l'isolant doit permettre les transferts de vapeur d'eau afin de maintenir la perspiration des murs. Il est donc recommandé d'utiliser des enduits à la chaux ou des bardages ventilés.

## Les matériaux biosourcés recommandés

### Panneaux de fibre de bois



La laine de bois en panneaux rigides se présente sous la forme de fibre de bois à très forte densité (110 à 250 kg/m<sup>3</sup>) ce qui la destine tout particulièrement à l'isolation par l'extérieur. Les fibres se lient entre elles par des liaisons naturelles lors du rapprochement des fibres par séchage et par pression, ce qui en fait un matériau sans liant synthétique.

### Panneaux de liège expansé



Le panneau de liège expansé est un isolant fabriqué à partir de granulés de liège qui, sous l'effet de la vapeur surchauffée, se transforment en blocs grâce à leur propre résine. Ce matériau isolant offre un excellent déphasage.

### Bottes de paille



Les bottes de paille peuvent être utilisées comme matériau d'isolation. La résistance thermique de l'élément est déterminé en fonction de l'épaisseur et du sens de pose. La mise en oeuvre doit être réalisée par un personnel qualifié aux pratiques décrites dans les Règles Professionnelles de construction paille.



## ITE - Les techniques de pose

### ITE sous finition enduite

Dans cette technique, l'isolant est fixé sur le support par des fixations traversantes (chevilles à expansion) et calé par des plots de mortier-colle (un plot au droit de chaque cheville avec 5 plots minimum). Compatible avec tous les types d'isolants, sur support brut ou revêtu, ce système qui conjugue encollage et fixation mécanique du panneau isolant sert de support à un mortier de base armé revêtu d'un enduit de finition décoratif (enduits organiques minces ou enduits minéraux épais).

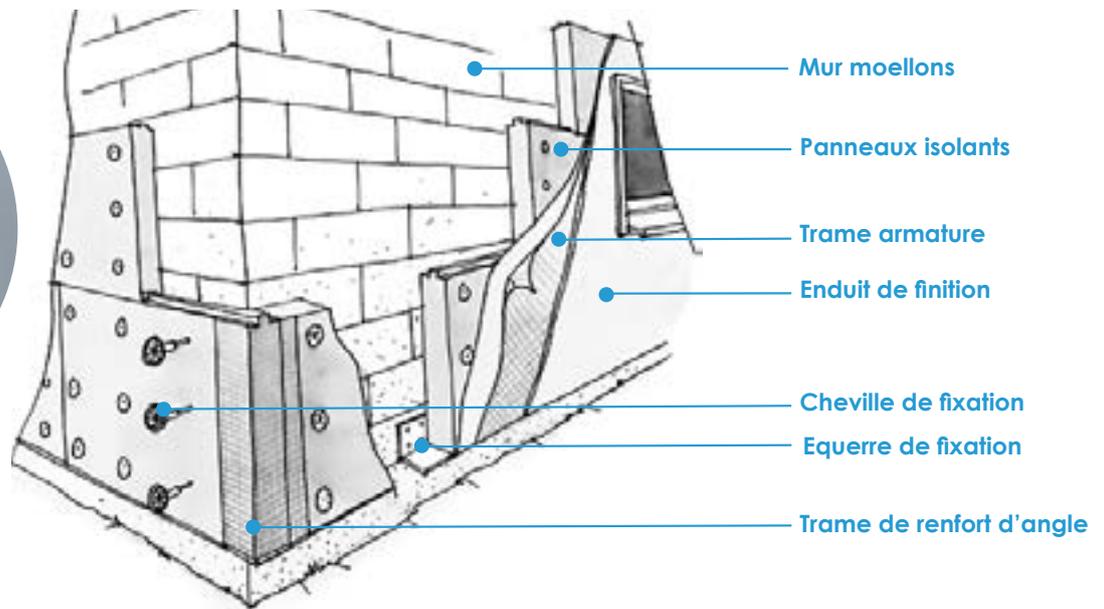


Illustration © Ecolodève

### ITE sous bardage rapporté

La technique consiste à fixer avec des équerres une ossature bois à la paroi existante. Des panneaux isolants sont insérés entre les montants de l'ossature. L'ensemble est protégé des intempéries à l'aide d'un pare-pluie et d'un bardage rapporté.

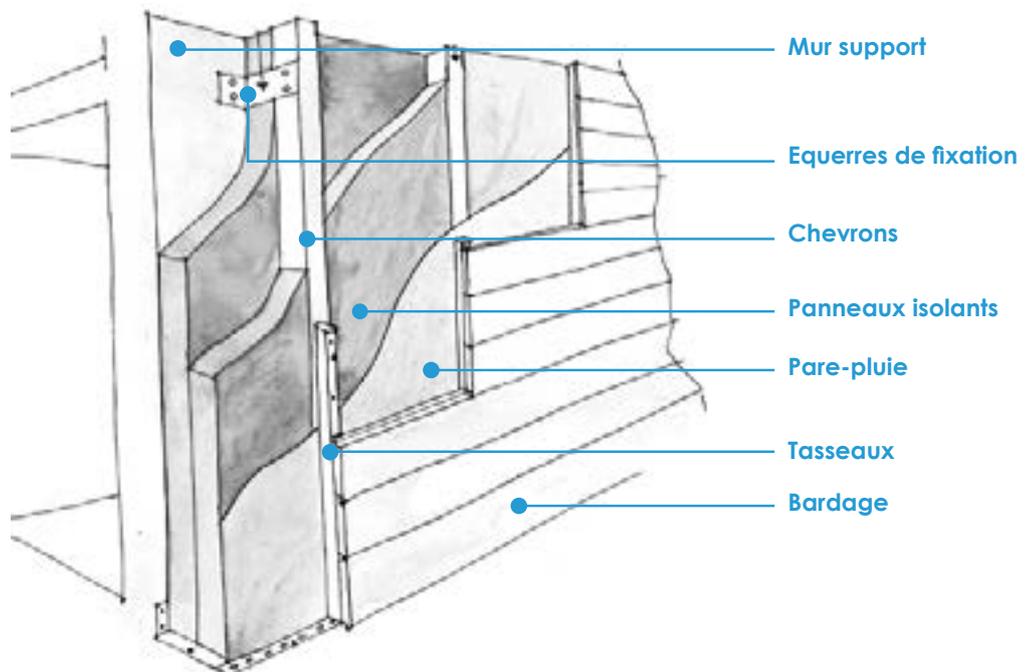


Illustration © Ecolodève



## ITE - Les techniques de pose

### ITE projetée chaux- chanvre

Cette technique consiste à projeter un mélange homogène de chaux-chanvre sur une ossature bois qui sert de structure porteuse. Le mur à isoler doit être débarrassé de tout revêtement ancien, friable ou empêchant l'adhésion. Effectué à une température comprise entre 5 °C et 30 °C, l'enduit d'isolation extérieur au mortier de chanvre commence à 20 cm au dessus du sol. L'application se fait manuellement ou mécaniquement en une seule couche constituée d'une ou plusieurs passes frais sur frais (de 2 à 4 cm) sur toute la surface de travail. Un enduit de finition chaux/sable assure la couche de protection.

© Poitou-chanvre

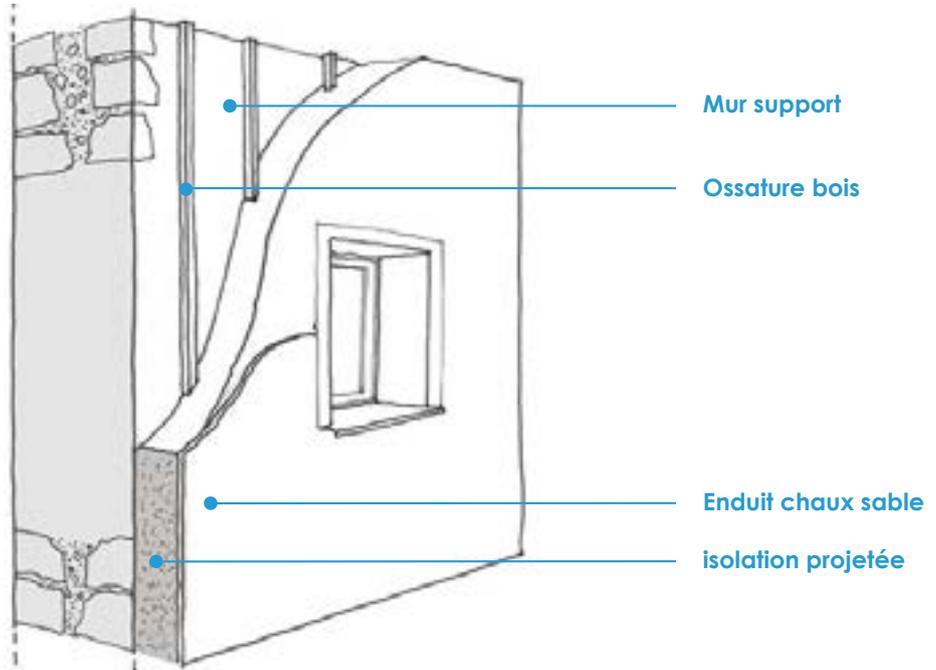


Illustration © Ecolodève

### ITE à l'aide de blocs chaux chanvre

La technique consiste à poser contre la façade et à joints croisés, des blocs compressés de chanvre liés entre eux à la chaux. Des attaches (1 pce tous les 2m<sup>2</sup>) assurent les liaisons avec le mur existant. Un enduit de finition chaux/sable assure la couche de protection.

© Isochemp

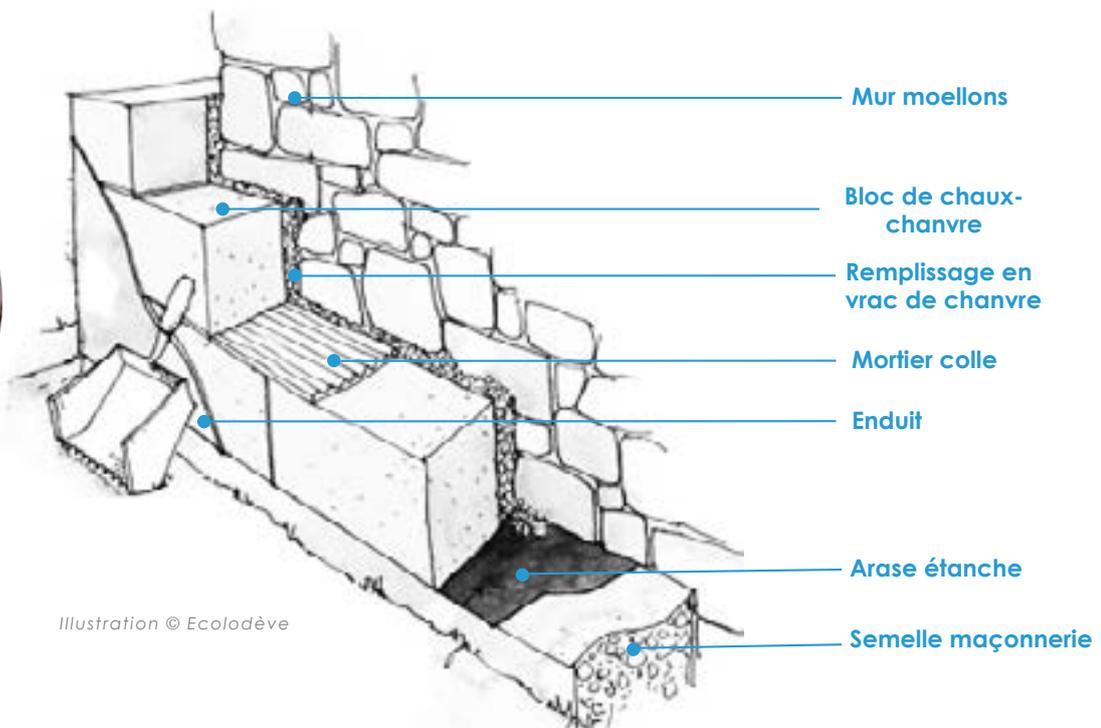


Illustration © Ecolodève



## Les interfaces complémentaires



### La coordination des travaux

**La pose d'une ITE, réalisée généralement par un façadier peut nécessiter des interventions en amont ou en aval.**

Veiller à la bonne coordination des corps de métiers et à la réception sans réserve avant de débiter les travaux suivants :

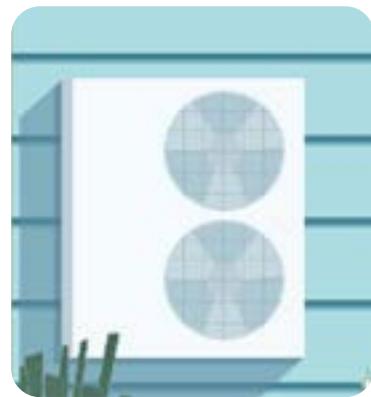
#### En amont :

- Terrassement : déplacement des évacuations des eaux pluviales, réalisation de fouilles pour l'isolation enterrée.
- Prolongements ou reprise de toiture, déposes de constructions en appentis (charpentier-zingueur)
- Travaux de reprise de maçonnerie (ouvertures de baies, reprise de murs, extension...)
- Remplacement des menuiseries (menuisiers)
- Dépose et/ou déplacement de l'alimentation électrique, des réseaux d'eau (potable et assainissement), etc.

#### En aval :

- Pose de volets, stores, vérandas
- Pose de luminaires, antennes, etc.

La présence d'un échafaudage est l'occasion d'effectuer d'éventuels travaux de zinguerie ou d'isolation de toiture.



L'isolation thermique des murs permet de réduire significativement les besoins énergétiques du bâtiment.

Tous les travaux portant sur l'isolation, le remplacement des menuiseries existantes et la ventilation devront être réalisés avant le dimensionnement du futur système de chauffage.



### Exemples de réalisations



ITE en panneaux de fibre de bois



ITE en polystyrène expansé



ITE en ballot de paille



Le choix de l'isolant doit se faire suivant la technique de mise en œuvre choisie. Au-delà de sa performance thermique élevée ( $R \geq 3,7 \text{ m}^2/\text{K.W}$ ), on veillera à sa compatibilité avec la nature et la composition du mur, notamment quant à la problématique des transferts d'humidité.

D'autre part, si l'on veut rester cohérent dans la démarche de limitation des gaz à effet de serre, il faudra s'intéresser au bilan carbone des matériaux et à l'énergie grise nécessaire pour les produire. Tous les isolants synthétiques et les isolants minéraux présentent un mauvais bilan à cet égard.



# L'isolation par l'intérieur



## Les précautions de mise en oeuvre

### Assurer l'étanchéité à la pluie des enduits sur les murs exposés et des détails de construction

- Détecter et traiter absolument les remontées capillaires avant d'isoler. Si les solutions appliquées ne stoppent pas complètement le phénomène, prendre conseil auprès de professionnels qualifiés pour choisir le type d'isolation adapté (Rénov'act propose un outil d'aide à la décision pour ce public)
- Assurer un renouvellement permanent de l'air intérieur (utiliser une ventilation mécanique)
- En cas de mur comportant une part significative de terre, se limiter à des solutions mettant en œuvre des isolants capillaires (panneaux de silicate de calcium ou à base de perlite expansée, ouate de cellulose en projection humide)
- En cas de présence d'éléments en bois ou en métal, prendre conseil auprès de professionnels.

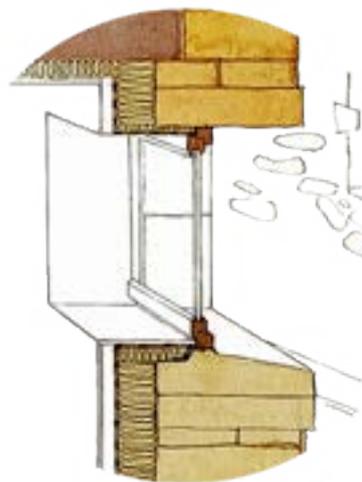
### Pare-vapeur, frein-vapeur et membranes hygrovariables

Pour éviter les condensations au sein des parois, il existe des produits qui régulent les flux de vapeur. Ils sont caractérisés par leur résistance au passage de la vapeur d'eau avec deux unités de mesure :

**Le Mu ( $\mu$ )** caractérise le matériau en lui-même ; plus le coefficient est élevée et plus le matériau résiste à la diffusion de la vapeur d'eau. Il sera considéré comme «fermé» à la vapeur d'eau.

**Le Sd**, plus utile en pratique, correspond au  $\mu$  multiplié par l'épaisseur du matériau en place. La valeur Sd est exprimée en mètres ; plus elle est élevée plus le matériau résistera à la diffusion de la vapeur d'eau. Inversement plus la valeur est faible et plus il sera considéré comme «ouvert» à la vapeur d'eau.

- Les pare-vapeurs correspondent au choix d'éviter totalement la pénétration de la vapeur dans la paroi. L'inconvénient est qu'ils l'empêchent aussi d'en sortir si nécessaire ! Ils exigent une pose parfaite, ce qui est difficile à garantir en rénovation. ( $Sd > 10$  m)
- Les freins-vapeur ont des Sd plus faibles, aux alentours de 5 à 10 m. Ils permettent aux structures de «respirer» tout en limitant les risques de condensation.
- Les freins-vapeur hygrovariables présentent des valeurs Sd variables en fonction des situations, se refermant en situation hivernale, protégeant ainsi la paroi puis s'ouvrant en été, ce qui permet aux parois de sécher (exemple :  $0.25$  m  $< Sd < 25$  m). C'est la solution qui paraît offrir la meilleure protection, notamment sur murs anciens.



**Ne pas isoler un mur présentant des signes d'humidité avant d'avoir identifié les causes, procédé aux interventions adaptées et constaté la disparition du problème.**



## Les matériaux biosourcés recommandés

### Laine de bois - chanvre



Le panneau de laine est appelé ainsi car il est souple, ou semi-rigide. Composé de bois recyclé, ces panneaux font de 30 à 55 kg/m<sup>3</sup>. Ils s'adaptent bien aux irrégularités et sont très utilisés pour isoler murs et toit entre chevrons ou en caisson.

### Bloc de chanvre et chaux



Le bloc de chanvre et chaux est un matériaux de construction bio-sourcé . Il est constitué de chenevotte et de liants hydrauliques naturels. La chenevotte est obtenue par défibrage de la paille de chanvre.



## ITI - Les techniques de pose



### ITI sous ossature métallique

Mise en oeuvre d'un doublage isolant sous ossature métallique avec parement en plaque de plâtre. Sur un mur support potentiellement humide, une lame d'air (> 2cm) peut être aménagée entre le mur et l'isolant pour maintenir l'équilibre hydrique du mur.

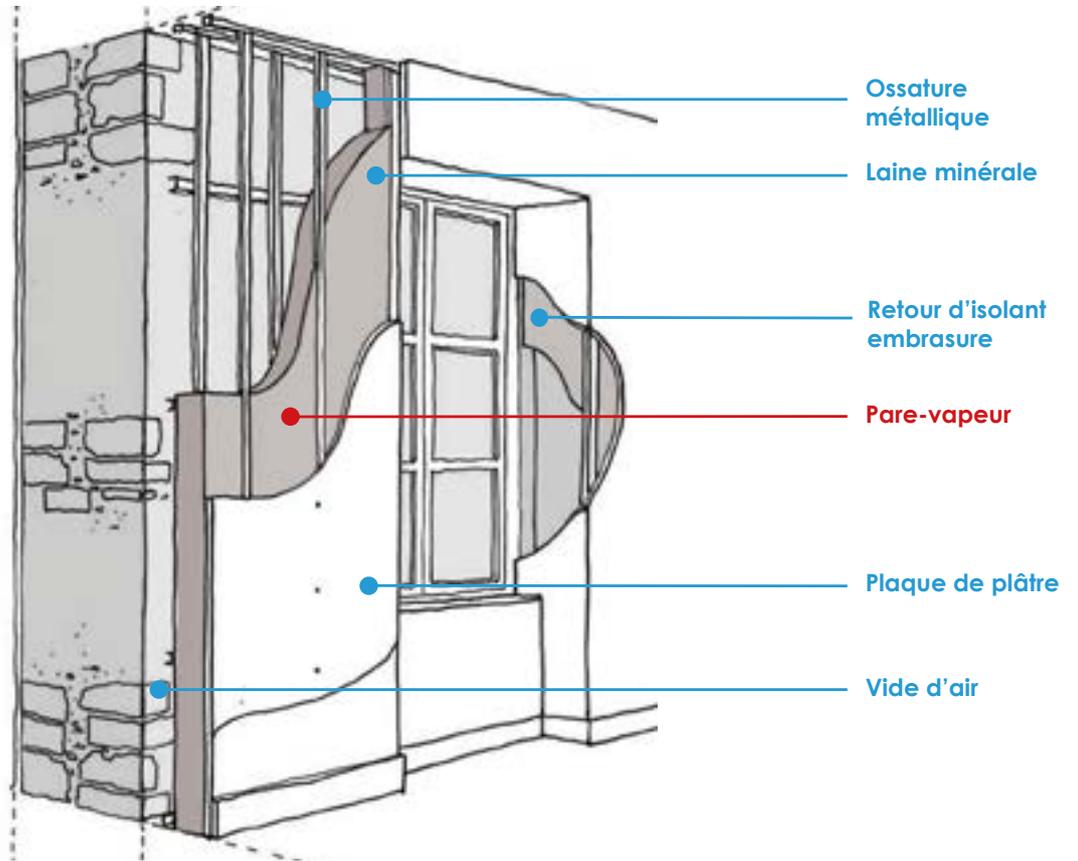


Illustration © Ajena

© Isohemp

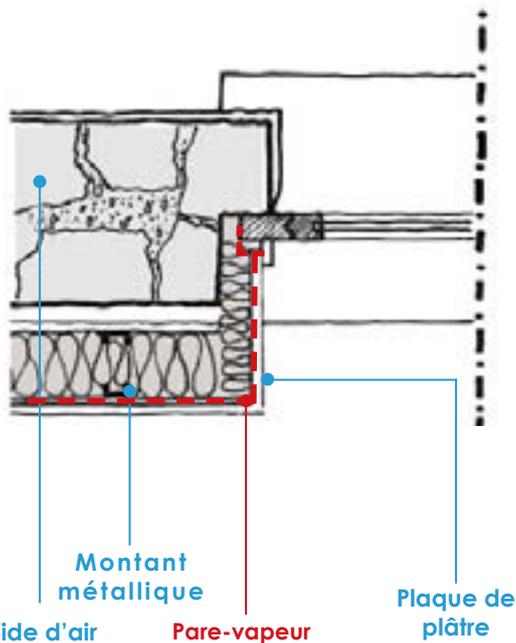


Illustration © Ajena

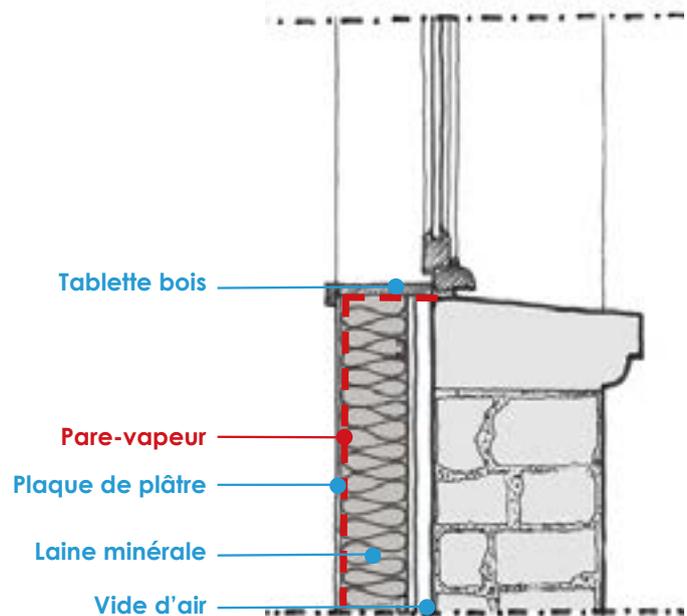


Illustration © Ajena



# ITI - Les techniques de pose



## ITI sur ossature bois

Mise en oeuvre d'un doublage isolant en laine organique sur montants bois, avec membrane d'étanchéité régulant la vapeur d'eau (pare ou frein-vapeur). Finition en plaques de fibres-gypse.

Illustration © Ajena

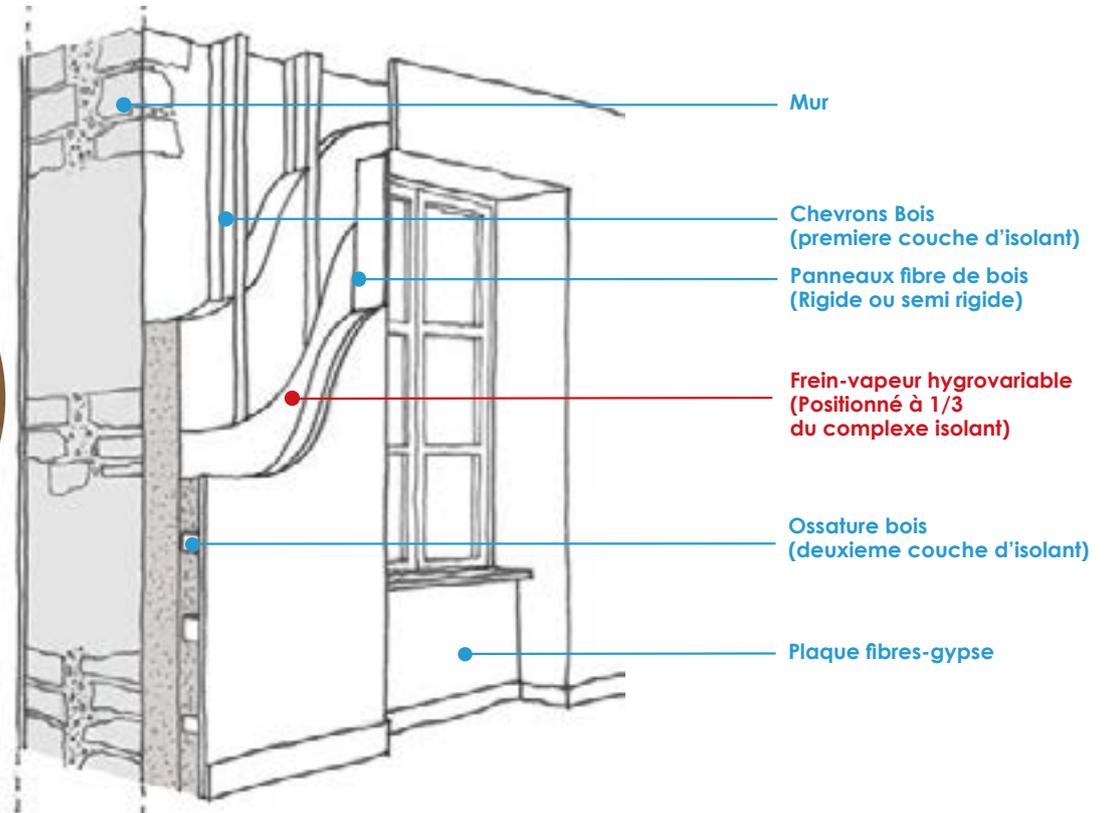


Illustration © Ajena

Illustration © Ajena

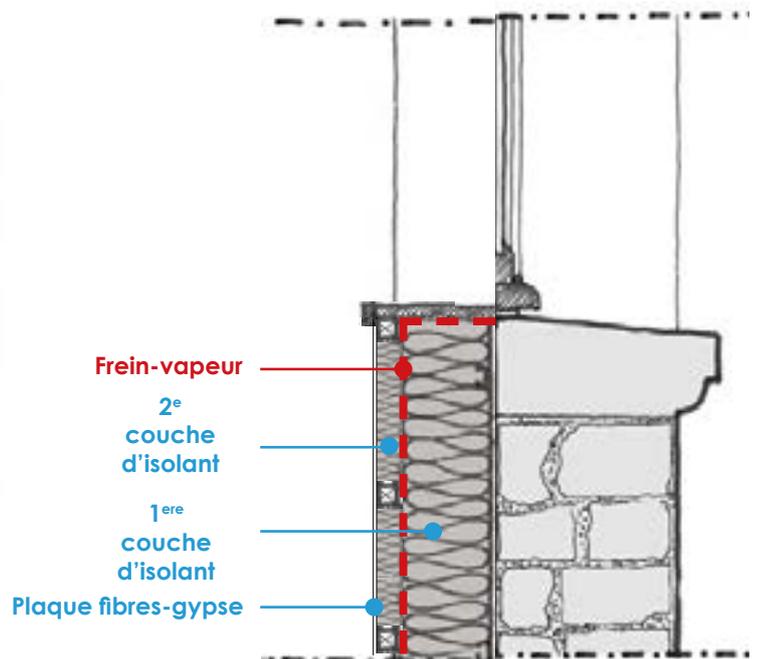
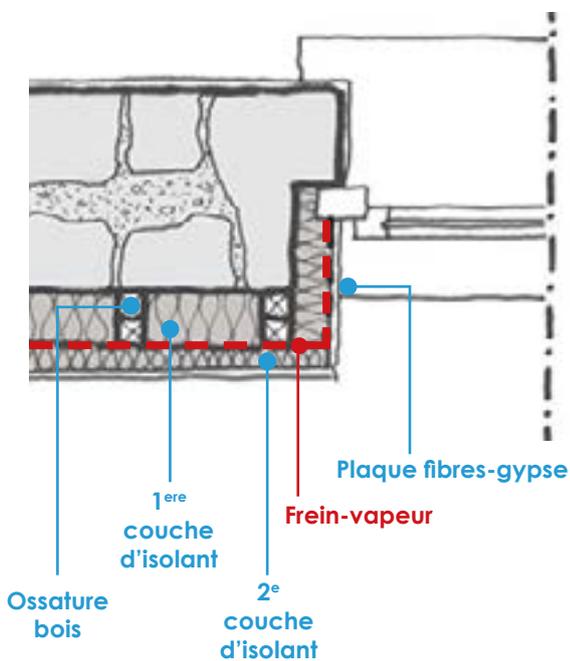


Illustration © Ajena



## Les interfaces complémentaires



### La coordination des travaux

**La pose d'une ITI, réalisée généralement par un plaquiste peut nécessiter des interventions en amont ou en aval.**

Les murs comportent souvent des réseaux électriques et fluides : prises électriques, interrupteurs, appliques mais aussi radiateurs et conduits de chauffage ou d'eau. Il sera peut-être nécessaire de faire intervenir un plombier et/ou un électricien pour procéder au déplacement de ces éléments.

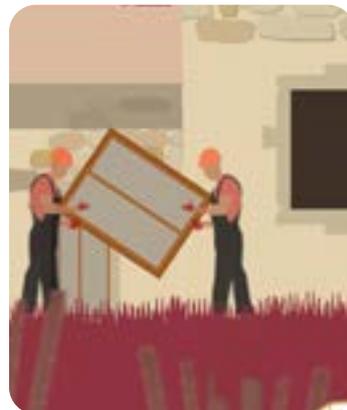
Le remplacement des menuiseries si nécessaire doit se faire impérativement avant les travaux d'isolation des murs afin de garantir l'étanchéité à l'air de l'ensemble.

La pose d'un par-vapeur continu, la reprise d'étanchéité des menuiseries ou des enduits de jointage des pierres constituant le mur peuvent rendre le logement plus étanche et moins sujet aux entrées d'air non maîtrisées.

Alors, pour garantir une qualité de l'air intérieur suffisante et évacuer l'humidité, il est indispensable de recourir à un système de ventilation mécanique qui assurera un renouvellement d'air maîtrisé.



**La coordination des interventions des lots menuiserie, ventilation et isolation est déterminante pour obtenir une rénovation de qualité et durable.**



### Exemples de réalisations



*ITI entre ossature métallique en panneaux de laine de coton*



*ITI entre ossature bois en panneaux de fibre de bois*



*ITI à l'aide d'un doublage isolant collé sur le support*



## La correction thermique

### Les enduits correcteurs

La correction thermique consiste à appliquer ou projeter un enduit léger sur la face intérieure des murs. Même si elle ne peut égaler les performances obtenues par des techniques d'isolation courantes, elle procure de nombreux avantages. Elle permet de réduire l'effet de paroi froide, de conserver l'inertie des murs et de diminuer les risques de condensation. Cette technique, principalement destinée aux bâtiments anciens, est utilisée lorsqu'il est impossible d'isoler par l'extérieur ou lorsque l'on souhaite préserver l'esthétique d'origine.

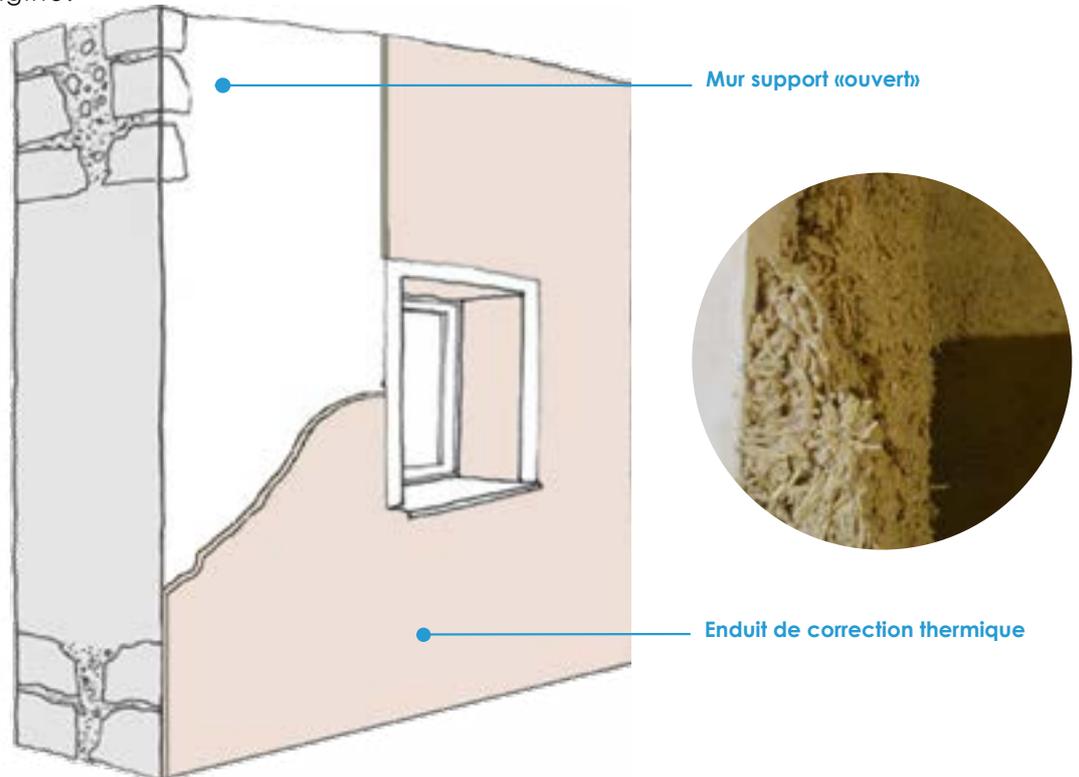


Illustration © Cave30

### Technique d'application

Il convient en premier lieu de s'assurer que le mur soit bien ouvert à la vapeur d'eau (absence d'enduit ciment, de parements ou de matériaux étanches). Le support doit être rugueux pour faciliter l'accroche. L'application de l'enduit s'effectue en plusieurs passes de 2 à 3 cm, en laissant sécher quelques jours entre les deux passes. Le rendu final est obtenu soit en travaillant la dernière passe ou en appliquant un enduit de finition.

Il existe de nombreuses compositions d'enduits correcteurs, mais toutes n'offrent pas les mêmes performances thermiques pour une épaisseur équivalente :



**Enduit à base de chaux-chanvre**  
Mélange de chaux hydraulique ou aérienne avec des fibres de chanvre.  
Lambda : Environ 0,06 - 0,10 W/m·K.



**Enduit à base de terre crue-fibres**  
Mélange de terre crue avec des fibres naturelles (paille, chanvre).  
Lambda : Environ 0,08 - 0,10 W/m·K.



**Enduit à base de chaux-liège**  
Mélange de chaux et de granulés de liège.  
Lambda : Environ 0,05 - 0,07 W/m·K.



**Enduit à base de chaux-perlite-argile**  
Mélange de chaux et argile avec des agrégats de perlite expansée.  
Lambda : Environ 0,06 - 0,07 W/m·K.



Le choix de l'enduit s'effectue en fonction des besoins spécifiques du projet, des propriétés thermiques souhaitées, et de l'impact environnemental des matériaux utilisés. Le lambda est un facteur clé pour déterminer leur efficacité en tant qu'isolant thermique : plus le lambda est faible, meilleure est la capacité isolante du matériau.



## Combien ça coûte?



@suthisak



### Quel investissement

#### L'isolation thermique extérieure (ITE)

Les coûts varient selon :

- Le type d'isolation extérieure (enduite, sous bardage...)
- Les matériaux utilisés (polystyrène ou fibre de bois, bardage bois ou composite, etc.)
- La difficulté d'accès au chantier, la hauteur de la construction
- La complexité de la façade, le nombre d'ouvertures, de points singuliers, etc.
- La surface totale

Une isolation extérieure polystyrène + enduit revient en moyenne à 120 €HT/m<sup>2</sup>, les moyennes basses et hautes constatées allant de 90 à 150 €HT/m<sup>2</sup>. Le coût des isolations sous bardage dépend beaucoup du type de revêtement prévu : à partir de 160 €HT/m<sup>2</sup>

#### L'isolation thermique intérieure (ITI)

Les travaux d'isolation thermique par l'intérieur, coûtent moins cher que par l'extérieur avec un tarif moyen de 60 €/m<sup>2</sup>. Attention toutefois aux coûts annexes qui risquent de fortement impacter le prix final : préparation du chantier, déplacement de radiateurs, de réseaux, réfection de l'électricité, peintures, etc.

Les coûts varient selon :

- Les matériaux isolants utilisés;
- La difficulté d'accès au chantier,
- La hauteur sous plafond;
- La complexité des volumes, le nombre d'ouvertures, de points singuliers, etc.
- La surface totale.

#### La correction thermique

L'application d'un enduit de correction thermique coûte de 80 à 120 €/m<sup>2</sup>. Le prix peut varier en fonction de la complexité du chantier, de la préparation du support et de la surface à traitée et des coûts annexes (radiateurs, réseaux, électricité...).

### Les aides financières

**En rénovation**, l'isolation thermique des murs extérieurs donne droit à une prime CEE (certificats d'économie d'énergie), délivrée par des entreprises que l'on appelle des «obligés».

Renseignez-vous auprès de votre artisan ou d'un conseiller énergie de votre région pour connaître les modalités d'obtention.

Pour les particuliers, une aide financière de l'état peut être mobilisée, son montant est déterminé en fonction d'un certain nombre de critères (date de construction, revenus du ménage, statut d'occupation...).

Pour en savoir plus, connectez-vous sur :

<https://france-renov.gouv.fr/>

Pour bénéficier de ces aides, l'installation doit être réalisée par un professionnel **qualifié RGE**.



### Les critères d'éligibilité

L'obtention de primes et des aides financières est conditionné par le respect d'un certain nombre de critères :

Fourniture d'un devis non signé comportant à minima les indications suivantes :

- Date de visite technique préalable
- La surface isolée
- La référence de l'isolant
- L'épaisseur
- La résistance thermique certifiée
- Distinction de la fourniture et pose
- Qualification RGE du professionnel réalisant les travaux.

#### Respect des critères de performances minimales :

La résistance thermique R de l'isolation installée (la résistance thermique de l'isolation existante n'étant pas, le cas échéant, prise en compte) est supérieure ou égale à **3,7 m<sup>2</sup>.K/W**.

La résistance thermique est évaluée selon la norme NF EN 12664, la norme NF EN 12667 ou la norme NF EN 12939 pour les isolants non réfléchissants et selon la norme NF EN 16012+A1 pour les isolants réfléchissants.



## L'impact global



### L'impact environnemental

**Un autre critère de sélection, qui prend toute son importance aujourd'hui, est l'impact environnemental des produits, qui se mesure à l'aide de leur analyse de cycle de vie.**

Les résultats de ces analyses sont publiés dans des **Fiches de Déclaration Environnementales et Sanitaires (FDES)**.

Elles permettent de comparer les performances environnementales des isolants de manière objective. Elles fournissent des informations sur chaque étape de la vie des produits, de l'extraction des matières premières qui entrent dans leur composition, à l'énergie et l'eau consommées pour les produire, à la génération de déchets et aux évitements de CO2 permis grâce à leur utilisation.



### Durée de vie et recyclage

**Le recyclage est un acte essentiel pour la préservation de l'environnement et l'économie circulaire.**

Les isolants thermiques n'échappent pas à la règle et le sujet de leur recyclage est au cœur des préoccupations collectives.

Extrêmement prégnant en construction comme en rénovation, le recyclage doit entrer dans la réflexion des projets afin de valoriser au maximum chaque matériau tout au long de son cycle de vie.

La durée de vie conventionnelle des matériaux d'isolation des murs est de **30 ans**.

Les isolants dégradés ou en fin de vie doivent être déposés et remis dans les points de collecte mis en place par les filières de recyclage.

### L'impact socio-économique

**En plus de l'impact direct sur le bâti, l'isolation des bâtiments peut avoir un impact sociétal non négligeable. A la fois un moyen de résilience face à la crise énergétique, l'isolation a un impact sur l'économie locale, la santé, la préservation des savoir-faire, la sauvegarde du patrimoine.**

#### L'économie

L'isolation thermique des bâtiments peut avoir un impact économique significatif au niveau local. L'efficacité énergétique permet de moins consommer, moins polluer et diminue notre dépendance aux énergies fossiles importées. Cela libère des ressources financières qui restent dans l'économie locale, stimulant ainsi la croissance sur le territoire.

#### La santé

L'isolation et l'efficacité énergétique dans son ensemble participe à l'amélioration du confort thermique, acoustique et protège les plus fragiles.

#### Le savoir-faire

Les artisans spécialisés dans les techniques d'isolation écologiques et durables trouvent de nouvelles opportunités. Ce savoir-faire apporte un effet levier sur l'emploi et l'économie locale.

#### La préservation du patrimoine

La rénovation énergétique contribue aussi à sauvegarder et valoriser le patrimoine architectural et culturel. Cette démarche apporte de l'attractivité au patrimoine local et stimule l'économie touristique.



## GLOSSAIRE

**Bâti ancien** : La notion de « bâti ancien » fait référence à tous les bâtiments construits avant 1948 avec des matériaux et des techniques traditionnels.

**Bâti moderne** : Le bâti moderne fait référence au bâti construit après 1948 et se caractérise par l'emploi de matériaux étanches et rigides comme le béton ou les matériaux issus de la pétrochimie (résine)...

**Biosourcé** : Un isolant biosourcé est un matériau isolant d'origine végétale, animale ou recyclée, fabriqué à partir de ressources renouvelables. L'isolant biosourcé contribue à la réduction de l'empreinte carbone. Il est plus respectueux de l'environnement par rapport aux isolants traditionnels à base de produits pétrochimiques.

**Conductivité thermique  $\lambda$  (lambda) (W/m.°K)** : Cette valeur définit le flux de chaleur traversant 1 mètre de matière pour un degré d'écart. C'est donc la capacité d'un matériau à transmettre la chaleur par conduction, c'est-à-dire au sein des matériaux. Plus le lambda est faible et plus le matériau est isolant.

**Confort thermique** : 4 paramètres interviennent dans le confort thermique : la température de l'air, la température moyenne des parois, la vitesse de l'air, l'humidité relative de l'air. L'influence de l'humidité est moins évidente ; elle ne se manifeste nettement que si elle devient très élevée ou si la température de l'air est importante.

**Flux thermique** : Le flux thermique est la quantité de chaleur transférée par unité de temps à travers une surface donnée. Il s'exprime généralement en watts (W).

**Densité** : La densité caractérise la masse d'un matériau par rapport à son volume. Elle se mesure en kg par m<sup>3</sup>. Plus un matériau est dense (béton, pierre), plus sa capacité thermique est élevée : il absorbe, stocke et réémet de la chaleur progressivement.

**Déperditions thermiques** : Ce sont les pertes de chaleur entre un bâtiment et l'extérieur. Il existe trois types de déperditions : par les parois : les murs, les sols, les toitures, les menuiseries (déperditions surfaciques); par les ponts thermiques (déperditions linéiques) ; par le renouvellement d'air (déperditions aérauliques).

**Déphasage thermique** : Le déphasage est le décalage entre le moment où un matériau est soumis à une source de chaleur et le moment où il restitue la chaleur de l'autre côté du matériau. Le déphasage thermique est très utile en été pour retarder la pénétration de l'énergie solaire dans le bâtiment. Pour être efficace, il doit être d'au moins 10h.

**Diffusivité thermique  $a$  [m<sup>2</sup>/s]** : La diffusivité thermique traduit la vitesse de réponse d'un matériau pour transmettre une variation de température. Plus la diffusivité thermique d'un matériau est faible, et plus celui-ci se réchauffe lentement.

**Effusivité thermique,  $b$  (J/ (°K.m<sup>2</sup>. s)** : Aussi appelée, chaleur subjective. L'effusivité thermique d'un matériau caractérise la capacité d'un matériau à échanger de la chaleur lors de sa mise en contact avec un autre matériau. Si l'effusivité est élevée, un matériau absorbe rapidement beaucoup d'énergie sans se réchauffer notablement en surface (métal, pierre, carrelage). A l'inverse, le bois ou les matériaux isolants ont des valeurs faibles d'effusivité.

**Étanchéité à l'air** : La perméabilité à l'air d'un bâtiment se traduit par sa sensibilité vis-à-vis des fuites d'air provenant des défauts d'étanchéité de son enveloppe. C'est un test d'infiltrométrie (ou test de perméabilité à l'air) qui permet de déterminer la valeur du débit de fuite.

**Flux** : Le flux thermique  $\Phi$  \Phi – ou flux de chaleur – est la puissance qui traverse une surface au cours d'un transfert thermique, c'est-à-dire l'énergie thermique transférée  $Q$   $Q$  – ou quantité de chaleur – par unité de temps. Il s'exprime en watt (W).

**Inertie thermique** : L'inertie d'un matériau définit son aptitude à stocker et à restituer de l'énergie dans le temps. Elle dépend de leur conductivité, de leur capacité thermique, ainsi que de leur masse volumique.

**Isolant thermique** : Matériau permettant de ralentir les échanges thermiques entre deux environnements ayant des températures différentes.

**Perspérance** : Une paroi perspirante est une paroi dite « ouverte ». Elle favorise l'évacuation de l'humidité sous forme liquide (capillarité) ou sous forme de vapeur (perméabilité à la vapeur d'eau).

**Résistance thermique** : La résistance thermique est aussi trouvée sous le nom de R. Elle est en corrélation avec la conductivité thermique mais également avec l'épaisseur d'un matériau isolant. La résistance thermique est la capacité du matériau à résister aux variations de chaleur, c'est-à-dire au chaud comme au froid. Elle est indiquée en m<sup>2</sup>.K/W (mètre carré-kelvins par watt).

Il existe aujourd'hui de nombreuses solutions techniques pour limiter notre impact sur l'environnement, réduire les consommations énergétiques et améliorer le confort thermique des bâtiments.

En rénovation ou en construction, de nombreuses questions se posent sur le choix énergétique et l'intérêt de chacune de ces propositions.

Pour vous éclairer dans vos choix, le CAUE 30 a élaboré une série de fiches techniques qui détaillent les points clé à connaître avant toute décision.



## Fiches complémentaires



FT06



- FT01 L'isolation thermique des murs
- FT02 L'isolation thermique des toitures
- FT03 L'isolation thermique des planchers
- FT04 Les menuiseries extérieures et occultations
- FT05 Les matériaux biosourcés
- FT06 La pompe à chaleur air/eau
- FT07 La pompe à chaleur géothermique
- FT08 Les chaudières et poêles à granulés de bois
- FT09 Les pompes à chaleur hybrides
- FT10 L'optimisation des systèmes de chauffage
- FT11 Le chauffe-eau thermodynamique
- FT12 La production solaire thermique
- FT13 La ventilation mécanique
- FT14 Les puits climatiques
- FT15 La production solaire photovoltaïque individuelle
- FT16 Le confort thermique
- FT17 Le guide des gestes verts

## Références

AJENA  
ECOLODEVE  
ADEME  
AQC  
CSTB  
AFNOR

