

# L'isolation thermique écologique

Conception, matériaux, mise en œuvre  
nouvelle édition

Disponible le 14 mars 2023

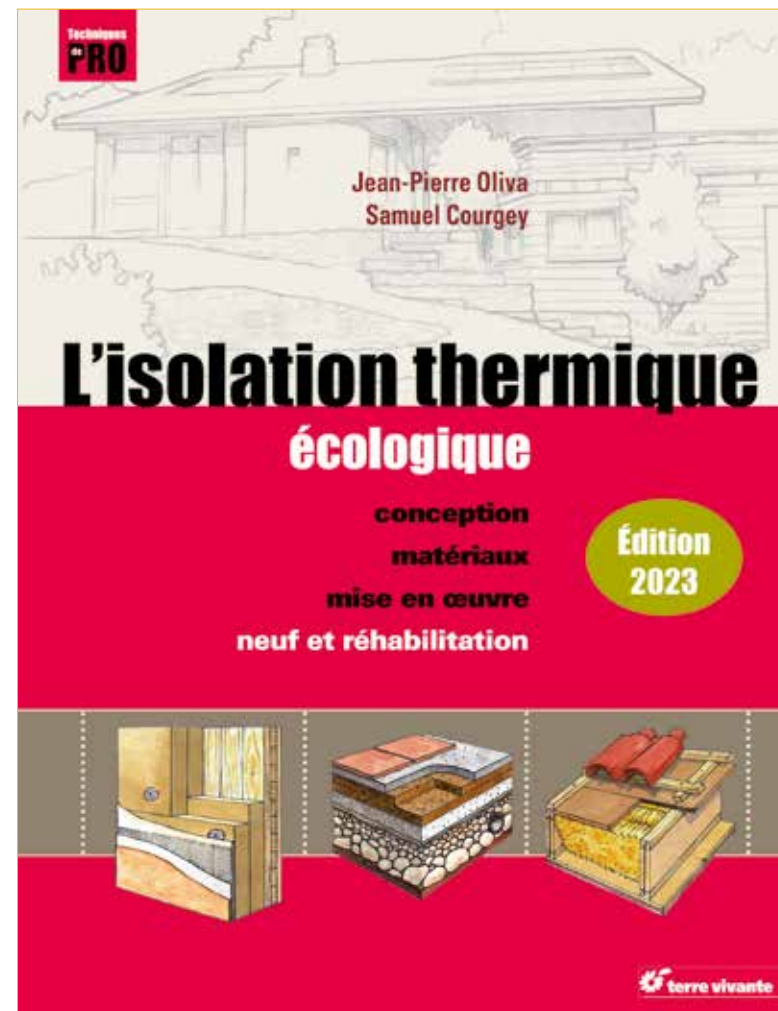
Publiée en 2001 et remise à jour en 2010, *L'isolation thermique écologique* s'est imposée comme **LA référence sur le sujet avec 100 000 exemplaires vendus**.

Cette nouvelle édition 2023 très attendue conforte la pertinence des matériaux proposés et des techniques appliquées, en accord avec les réglementations thermiques – notamment la **RE 2020 (qui valorise les matériaux à bon bilan carbone)** – et l'**entrée en vigueur de la loi Climat et résilience (qui interdit notamment la location des logements les plus énergivores)**.

Elle apporte **un éclairage nouveau sur certains phénomènes aujourd'hui mieux compris et expliqués, comme le risque de condensation dans les parois ou la problématique du confort d'été**.

Une lecture indispensable avant tout projet de construction ou de rénovation, qui fournit tous les outils pratiques pour répondre aux objectifs les plus exigeants de **réduction de consommation d'énergie**, propose **les matériaux les plus écologiques** avec pour chacun les techniques de mise en œuvre, et privilégie **les systèmes les plus durables**.

Ce livre est écrit par deux auteurs pionniers de l'architecture écologique ; il s'adresse aux professionnels et particuliers avertis, **avec de nombreux schémas techniques et photos**.



256 pages – 39 € – coll. Techniques de pro  
En librairies, magasins spécialisés et sur [www.terrevivante.org](http://www.terrevivante.org)



### **Jean-Pierre Oliva**

Jean-Pierre Oliva était consultant et formateur en architecture écologique, bioclimatique et en écoconstruction. Il a exercé tour à tour les professions de menuisier, constructeur de bâtiments à ossature bois, distributeur de matériaux écologiques et maître d'oeuvre. Il a été pionnier dans le domaine de l'architecture écologique dès les années 1980. Il a écrit la première édition de cet ouvrage en 2001 et co-écrit la deuxième en 2010. Jean-Pierre Oliva est décédé en 2014.

### **Samuel Courgey**

Après quinze années de travail sur chantiers ou en bureau d'études, Samuel Courgey est devenu référent sur la performance énergétique et l'approche environnementale. Formateur, expert, il est salarié d'Arcanne, association créée en 1997 pour faire de la veille technique et de la vulgarisation/formation, dans le but de participer à la fiabilisation de l'éco-construction. Lobbyiste, il est entre autres co-fondateur du collectif Effinergie et de la dynamique BBC en France.



Outre l'écriture en tandem d'ouvrages techniques, Jean-Pierre Oliva et Samuel Courgey ont régulièrement travaillé ensemble sur des projets alternatifs visant à valoriser l'utilisation des fibres végétales comme matériaux de construction, ainsi qu'avec Bruno Jarno sur les thématiques liées à l'humidité, l'inertie et les écobilans. Jean-Pierre Oliva et Samuel Courgey sont tous deux membres fondateurs du Réseau Ecobâtir.

## Préface & Introduction

### I – Les principes d'une bonne isolation

#### Les facteurs du bien être thermique

#### Pourquoi isoler ?

#### Les isolants

- Le fonctionnement des isolants
- Le coefficient lambda et le R pour exprimer la performance
- Le coefficient « U » pour exprimer la performance d'une paroi

#### Qu'est-ce qu'une isolation écologique ?

- Une isolation efficace
- Une isolation durable
- Une isolation pour des bâtiments sûrs et sains
- Choix de matériaux à faibles impacts environnementaux

### II – Les matériaux d'isolation

#### Les isolants synthétiques

- Le polystyrène expansé
- Le polystyrène extrudé
- Les polyuréthanes

#### Les isolants minéraux

- Les laines minérales
- Le verre cellulaire
- La mousse de verre
- Le verre expansé
- La perlite expansée
- La vermiculite expansée
- L'argile expansée
- La pierre ponce et la pouzzolane
- La mousse minérale

#### Les isolants végétaux

- Les isolants à base de bois
- Les isolants issus de l'agriculture

#### Les isolants issus du recyclage

#### Les isolants d'origine animale

#### Les isolants spéciaux à faible épaisseur

### III – Techniques de mise en œuvre

#### L'isolation des murs extérieurs

- Les murs maçonnés à isolation répartie
- Les murs isolés par l'extérieur
- Les murs isolés par l'intérieur
- La correction thermique des murs maçonnés
- Les murs « bois » et « ossature bois »
- Le cas spécifique des murs sud

#### L'isolation des sols

- Les sols sur terre-plein
- Les planchers sur espaces non chauffés
- Les planchers entre étages chauffés

#### L'isolation des toitures

- Toitures n'intégrant pas l'isolant
- Les rampants isolés par-dessus
- Isoler les rampants par-dessous
- Les toitures-terrasses

#### L'isolation des baies vitrées

- Les différents éléments des baies
- Les fenêtres isolantes
- Les liaisons des menuiseries avec le gros œuvre
- Quelques critères de conception
- Amélioration des baies existantes en réhabilitation
- Les doubles fenêtres

### Annexes

- Principales grandeurs et unités
- Caractéristiques des matériaux
- Réglementations, normes, DTU, certifications, avis d'experts, aptitude à l'usage, assurabilité
- Approche économique
- Utilisation de matériaux non référencés
- Bibliographie et sites internet
- Glossaire
- Index



LES PRINCIPES D'UNE BONNE ISOLATION



Avant de choisir un isolant sur le seul critère du prix, il faut entre autres se poser la question de sa densité (afin qu'il ne s'affaisse pas) et de son aptitude à une pose utilisant un système de fixations limitant les ponts thermiques intégrés. Ici, chevilles plastiques pour fixation de panneaux isolants rigides. Outre la réduction des déperditions dues à l'acier, celles-ci ont été mises au point pour éviter l'« effet léopard » sur les façades, dû aux points de condensation sur les isolations par l'extérieur. Photo J.-P. Oliva.

Autres ponts thermiques

Outre les ponts thermiques précédemment étudiés, des ponts thermiques plus localisés peuvent être créés par des mises en œuvre non adaptées :  
– traversées de l'isolant par les réseaux (électricité, arrivées d'eau, évacuation...);  
– pose discontinue de l'isolant ;  
– tassement de l'isolant...  
→ Pour éviter ces faiblesses thermiques, une planification des détails avant chantier (réseaux de distribution...) et un choix de matériaux adaptés s'imposent, mais c'est le soin apporté à la mise en œuvre sur chantier qui sera déterminant<sup>40</sup>.

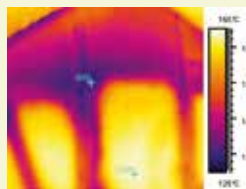


Thermographie infrarouge

Tout corps d'une température supérieure au zéro absolu\* (-273,15 °C) émet des ondes électromagnétiques, qui, grâce à une caméra thermique, peuvent être captées sur une image. En été ou en hiver, lorsque le différentiel de température entre intérieur et extérieur est important, on peut, en visualisant la température des parois d'un bâtiment, repérer ses faiblesses thermiques (ponts thermiques, inétanchéités à l'air, tassement d'isolants...). Ces mesures, utiles pour le professionnel qui désire valider la qualité de ses prestations, permettent également, dans l'existant, de définir les priorités d'intervention et de repérer des problèmes d'humidité à l'intérieur des parois.



Visualisation par l'extérieur du pont thermique du seuil de porte, des panneaux bois des portes-fenêtres et des joints au pourtour des vitrages. Doc. Recherche « Montholier », FFB/ADEME.



Visualisation par l'intérieur de l'affaissement de laine minérale dans cloisons Placostyl®. Doc. Recherche « Montholier », FFB/ADEME.

40. Les livres ou magazines de bricolage comme les conseils « à la volée » sont parfois « légers ». Mieux vaut se référer aux documentations techniques des fabricants ou, mieux encore, aux documents de référence\* qui permettent d'éviter la plupart des erreurs de mise en œuvre. (Voir également annexe p. 246).

41. Une confusion est souvent faite entre « étanchéité » (ou imperméabilité) à l'air d'une part et « perméabilité à la vapeur d'eau » d'autre part. S'il convient, comme nous le voyons ici, de limiter au maximum les passages d'air parasites, nous verrons p. 68 que cela ne consiste pas forcément à transformer nos habitats en « bouteilles thermos ».

42. Il faut ajouter à cela la perte de rendement si la ventilation est de type « double flux avec récupération de chaleur ». Car l'air entrant par les fuites ne profite pas des calories que l'échangeur récupère sur l'air sortant.

QU'EST-CE QU'UNE ISOLATION ÉCOLOGIQUE ?



Du calcul du U intégrant les ponts thermiques... à l'étude thermique du bâtiment

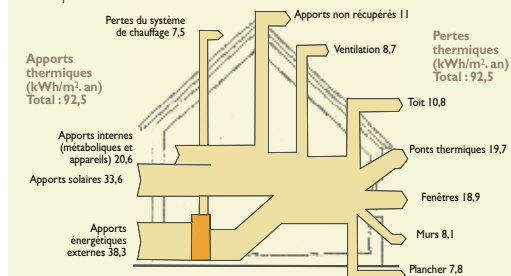
Pour calculer le coefficient de déperdition thermique réel d'une paroi (intégrant les ponts thermiques), il faut rajouter au calcul simplifié présenté p. 28 l'incidence de tel poteau d'ossature, telle suspente métallique, tel coffre de volet roulant, telle jonction avec la dalle... Le calcul devient vite alors affaire de thermicien, avec des grandeurs à intégrer qui dépendront de l'outil utilisé (méthodes simplifiées, logiciels plus ou moins élaborés).

Notons néanmoins quelques repères :

- Pour les ponts thermiques intégrés (PTI) ponctuels : on calcule le U de 1 m<sup>2</sup> de paroi sans pont thermique, on y additionne ensuite le nombre « n » de ponts (par m<sup>2</sup>) multiplié par leur intensité (χ) :  $U = U + n_1 \cdot \chi_1 + n_2 \cdot \chi_2 \dots$
- Pour les PTI linéaires, plusieurs solutions, la plus simple étant :  
– on calcule le U de 1 m<sup>2</sup> de paroi sans pont thermique, on y additionne ensuite le nombre de mètres de ponts par m<sup>2</sup> multiplié par le ψ de chacun :  $U = U + n_1 \cdot \psi_1 + n_2 \cdot \psi_2 \dots$
- Pour les ponts thermiques de liaison (PTL) : on multiplie le U du m<sup>2</sup> de paroi (qui comprend déjà l'incidence des PTI) par sa surface (S) et l'on y additionne :  
– les déperditions des PTL linéaires (ψ) multiplié par leur longueur (l) ;  
– les déperditions des PTL ponctuels (χ) multiplié par leur nombre (n).  
Cela donne au final :  $U = U \cdot S + \psi_1 \cdot l_1 + \psi_2 \cdot l_2 \dots + n_1 \cdot \chi_1 + n_2 \cdot \chi_2 \dots$

Pour connaître les déperditions sur une année de l'enveloppe du bâtiment, on additionne les déperditions de l'ensemble des parois que l'on multiplie ensuite par les degrés jours unifiés du lieu, puis par 0,024 (voir encadré p. 29).

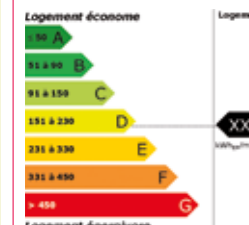
Si le principe est simple, la multiplication du nombre de parois et de leurs ponts thermiques respectifs impose un calcul assez important. De plus, ce n'est qu'après addition à ce résultat des déperditions dues aux renouvellements d'air et des pertes du système de chauffage, et déduction des apports solaires et des apports internes que ce calcul aboutira au « bilan thermique » du bâtiment. C'est ce travail que réalisent, de manière plus ou moins succincte<sup>43</sup>, les thermiciens lors de l'étude thermique.



Comme dans tout bilan, la figuration d'une étude thermique par un diagramme de Sankey permet de visualiser ses principaux enseignements, notamment de repérer les postes les plus déperditifs et donc les priorités à donner : Isoler la toiture ? Changer les fenêtres ? Installer une ventilation ?...



Si on ne peut envisager à court terme de remplacer le cuivre des fils électriques, pourquoi utiliser cette matière dont les ressources sont extrêmement limitées et qui est 7,6 fois plus conductrice que le polyéthylène pour réaliser les installations d'eau et de chauffage ? (Voir tableau p. 26.) Tube en PE-HD pour la distribution d'eau potable. Photo J.-P. Oliva.



Le résultat final d'une étude thermique peut également être visualisé par l'étiquette énergie. C'est d'ailleurs le but du DPE, sorte d'étude thermique simplifiée.

43. Une étude thermique pour la conformité du bâtiment avec la réglementation peut être relativement rapide et simplifiée. Ce n'est pas le cas avec une étude « thermique dynamique » qui accompagne le concepteur dans l'optimisation des projets bioclimatiques (ajustement de l'orientation, de la dimension des baies, du choix de la technique constructive, des matériaux, des épaisseurs d'isolants...).



LES MATÉRIAUX D'ISOLATION RAPPORTÉE



Les fibres de bois

Les fibres fines de bois sont obtenues par débrage de chutes de bois résineux. Elles peuvent être utilisées à ce stade en vrac mais sont le plus souvent transformées sous forme de panneaux. Pour ce faire, une pâte épaisse est formée par adjonction d'eau puis, après ajout d'adjuvants, coulée, laminée et séchée entre 120 et 200 °C. Un autre procédé, mais à haute température, permet de n'utiliser que très peu d'adjuvant, voire aucun, la lignine du bois étant le principal agglomérant. Pour les produits les moins denses souvent nommés « laines de bois<sup>14</sup> », il existe un procédé de façonnage à sec, mais qui, lui, réclame plus d'adjuvants.

Présentations / Domaines d'utilisation

**Les fibres de bois en vrac**  
Les fibres sont traitées avec du sulfate d'ammonium et du sel de bore. Elles se mettent en œuvre manuellement pour des remplissages ponctuels, mais plus généralement par insufflation. Les caractéristiques et méthodes de pose sont très proches de celles de la ouate de cellulose (voir p. 121).

Les panneaux de fibres

Les panneaux isolants à base de fibres de bois se trouvent sous de nombreuses présentations pour répondre à des fonctions multiples.

<sup>14</sup> Selon les normes en vigueur (EN 13168 et EN 13171) et contrairement aux appellations usuelles, le terme « laine de bois » devrait être réservé aux panneaux que nous nommons « fibragglos ».



À gauche Fibres de bois en vrac. Photo J.-P. Oliva. Au milieu Panneau de fibres de bois. Doc. Steika. À droite Panneaux de fibres de bois (sarking\*). Doc. Gutex.

- Panneaux semi-rigides de fibres de bois à faible densité ( $\rho \approx 40 \text{ kg/m}^3$ ). Servant à l'isolation entre ossatures (fiches M08, M. 12, T05...), ils sont parfois utilisés en composition avec d'autres matières, par exemple chanvre/bois/textiles.
- Panneaux rigides de moyenne densité ( $\rho \approx 60$  à  $120 \text{ kg/m}^3$ ) pour remplissage entre ossatures, mais également pour couches d'isolation thermique et/ou phoniques contre les bruits d'impact sous chapes ou planchers (fiche P02).
- Panneaux haute densité, supports d'enduits, de chapes ou de toiture. Ces panneaux sont souvent composites avec en couche externe un panneau pare-pluie\* hydrophobe collé (fiches M04, T04...), D'autres panneaux composites comportent des couches de compressibilité décroissante pour pouvoir s'adapter aux supports irréguliers (voir p. 142 et 151).

de 18 à 30 mm, ces panneaux semi-isolants, très ouverts à la vapeur, sont rendus hydrophobes par des adjonctions de bitume, de paraffine ou de latex. Généralement bouvetés\*, ils assurent l'étanchéité à l'air côté extérieur (fiches M05, T03...).

- Enfin, d'autres fibres de bois plus ou moins rigides entrent en association avec des éléments structurels pour atténuer les ponts thermiques (fiche T03) ou phoniques, voire les supprimer.

Principales caractéristiques

Voir tableau ci-dessous.  
• Difficilement inflammable (M2 à M4, Euroclasse E). Ne propagent pas la flamme, transmettent peu la chaleur (voir p. 78), n'émettent pas de gaz toxiques

Produit	Fibre de bois en vrac	Panneau semi-rigide faible densité	Panneau rigide moyenne densité	Panneau rigide forte densité
Masse vol. ( $\rho$ ) en $\text{kg/m}^3$	38 à 45	35 à 50	60 à 120	140 à 280
Conductivité thermique ( $\lambda$ ) en $\text{W/mK}$	0,038 à 0,042	0,038 à 0,042	0,038 à 0,042	0,038 à 0,055
Chaleur spécifique (c) en $\text{J/kgK}$	1 600 à 2 300	1 600 à 2 300	1 600 à 2 300	1 600 à 2 300
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau ( $\mu$ )	1 à 2	1 à 2	3 à 5	3 à 5
Bilan par UF avec $\rho = 40^{\circ}\text{-}80^{\circ}\text{-}160^{\circ}\text{ kg/m}^3$ ; $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$				
Bilan $\text{CO}_2$ en $\text{kg CO}_2\text{eq}$	(1)	- 1,46*	- 9,58**	- 18,56***
Énergie grise en kWh	(1)	43*	61**	122***

(1) La fibre de bois en vrac n'étant pas renseignée dans la base de données de référence, nous pouvons juste extrapoler un meilleur bilan que les panneaux semi-rigides.

LES ISOLANTS VÉGÉTAUX



À gauche Coissons porteurs remplis de fibres de bois. Doc. Lignatur. À droite Panneaux pare-pluie. Doc. Pavatex.

spécifiques, sauf les produits adjuvants au bitume. Doivent être revêtus de parements incombustibles.

- Comportement à l'humidité : ouverts à la vapeur d'eau et bons régulateurs hygroscopiques. Putrescibles en cas d'humidité persistante.
- Non consommables par les rongeurs, difficilement dégradables si moyennes ou fortes densités.
- Bonne stabilité dans le temps, y compris sous charges si la densité est adaptée.
- Bonne contribution au confort d'été.
- Bonnes performances phoniques contre les bruits aériens et/ou les bruits d'impact selon la densité.

Impact sur l'environnement

- Bilan carbone de bon à excellent. Énergie grise corrélée principalement à la densité des produits : de moyenne à très élevée.
- Matière première renouvelable, valorisant de plus des coproduits. La ressource est largement excédentaire, même si localement une concurrence peut s'installer avec le bois-énergie\* (granules ou plaquettes).
- Pollutions principales : essentiellement celles des liants et adjuvants quand il y en a : bitume surtout, mais aussi fibres de texturation (polyesters...). Plusieurs fabricants substituent peu à peu à ces produits des adjuvants moins polluants (polyoléfines, paraffine...), voire naturels et biodégradables (féculé, amidon...).
- Réutilisable en fin de vie selon le type de pose. Sinon, valorisation en humus. Pour les présentations bitumées, dont le recyclage est difficile, la valorisation en énergie semble aujourd'hui la seule voie.

Impact sur la santé

Précautions à prendre en phase chantier; particulièrement pour les mises en œuvre en vrac et lors de la coupe des panneaux. Pas de nuisances connues excepté les gaz dégagés en cas d'incendie, particulièrement par les produits bitumés. Ceux-ci sont de toute façon à exclure à l'intérieur.

Appréciation

Si dans les matériaux « puits de carbone », les isolants en fibres de bois ont des concurrents dans leur présentation à faible densité, ils sont quasi incontournables dans les produits plus techniques (panneaux supports d'enduits, panneaux pare-pluie\*, compléments d'éléments structurels préfabriqués...). Ces matériaux denses nécessitant beaucoup d'énergie à la production, les fabricants travaillent à la mise au point de matériaux de plus en plus légers pour un emploi donné. C'est par exemple le cas pour les toitures avec de nouveaux panneaux faible densité utilisables en pose sarking\* (voir fiche T04).

Principaux fabricants

- www.isonat.com (Buitex®)
- www.sotextho.com (Fibris®)
- www.gutex.de/fr (Gutex®)
- www.homatherm.fr (Homatherm®)
- www.kronofrance.fr (Kronospan®)
- www.pavatex.fr (Pavatex®)
- www.hofatex.eu (Hofatex®)
- www.steico.de (Steico®)
- www.unger-diffutherm.com (Unger Diffutherm®)
- www.unalif.fr (Unalif®)
- www.lignatur.ch (Lignatur®)
- www.celit.de (Celit®)

Les fibragglos

Les fibragglos<sup>15</sup> sont des panneaux fabriqués à partir de fines lanières de bois résineux, minéralisées, puis enrobées, selon les fabrications, de ciment, de chaux hydraulique, de plâtre ou de magnésie.

Présentations / Domaines d'utilisation

Les panneaux sont de différentes épaisseurs (de 15 à 100 mm) et leurs faces peuvent recevoir un enduit, ou rester apparentes et surfacées pour offrir un effet décoratif et acoustique. Vu leur lambda très moyen, les panneaux de fibraglo ne sont pas considérés comme de véritables isolants, mais peuvent apporter des compléments à un système d'isolation :  
– en tant que supports d'enduits sur murs à ossature bois (fiches M12 et M14) ou isolations par l'extérieur (fiche M05). Dans cet usage, les panneaux doivent être d'une épaisseur minimale de 25 mm et issus d'une fabrication spéciale, préalablement séchés en usine pour éviter tout retrait ;  
– comme fonds de coffrages en sous-faces de dalles ou en parements intérieurs. Le fibraglo est alors destiné à rester apparent, principalement pour ses qualités acoustiques.

<sup>15</sup> Dont la dénomination officielle (ou plutôt normalisée) est « laine de bois », voir note p. 106.





LES TECHNIQUES DE MISE EN ŒUVRE

**Isolation sous bardage ventilé M05**

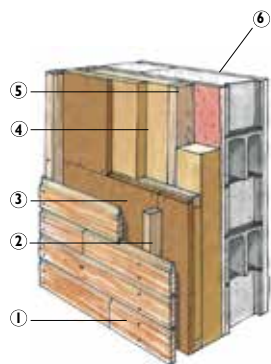
Doubleage de murs par la pose d'un isolant et d'un parement en bardage bois ou panneaux de vêtue. En construction neuve ou en réhabilitation.

**Exemple de base**

Fixation sur mur existant d'une double ossature bois dans laquelle est fixé un isolant semi-rigide. Cet ensemble, fermé par un panneau pare-pluie\*, est protégé par un bardage bois. La lame d'air ventilée, nécessaire à la durabilité du bardage, est en outre bénéfique pour le confort d'été.

**Caractéristiques thermiques et environnementales**

Coef. de déperdition thermique U (W/m²K) / R (m²K/W)	0,23 / 4,41
Pertes dues aux ponts thermiques intégrés	8 %
Capacité thermique intérieure quotidienne (Wh/m²K)	16 (forte)
Capacité thermique intérieure séquentielle (Wh/m²K)	55 (forte)
Déphasage (heures) / Atténuation du flux de chaleur (%)	11 h / 20 %
Épaisseur supplémentaire pour atteindre le niveau « passif »	9 cm
Bilan « CO <sub>2</sub> » du m <sup>2</sup> de paroi	-24 kg CO <sub>2</sub> eq
Bilan « énergie grise » du m <sup>2</sup> de paroi	42 kWh



- 1 Bardage bois (≈ 2 cm)
- 2 Lattes supports bardage (4 cm minimum)
- 3 Panneau par pluie en feutre de bois (≈ 2 cm)
- 4 Laine de chanvre (10 cm + 5 cm)
- 5 Ossature bois (10 cm + 5 cm)
- 6 Mur d'origine (ici agglomérés de ciment de 20 cm + 2 cm d'enduit à l'extérieur et 1 cm de plâtre à l'intérieur)



Plusieurs fabricants de tuiles terre cuite proposent des tuiles plates utilisables en vertical. L'énergie grise et le bilan carbone sont beaucoup plus élevés, mais la durabilité et le comportement au feu également. Doc. Koramic/Wienerberger.

**Mise en œuvre / Principaux points sensibles**

Outre les points spécifiques à l'ITE (voir p. 142) :

- Le panneau pare-pluie\* doit être très ouvert à la diffusion de vapeur d'eau. Sur l'exemple de base, les agglomérés enduits font office de frein de vapeur.
- Choix des isolants : toutes les laines végétales, ou de mouton, sous forme de nattes ou de panneaux semi-rigides conviennent, à condition qu'elles soient de densité et élasticité suffisante et/ou puissent être fixées mécaniquement (agrafes...) sur l'ossature bois afin d'écarter tout risque de tassement. Des panneaux rigides sont également utilisables, de même que des isolants en vrac, mais en s'assurant pour ceux-ci qu'aucun tassement n'est possible.

**Impacts sur la santé**

Voir p. 143.

**Bilan écologique**

- Ressources : entièrement renouvelables pour le complexe isolant et le bardage, à l'exception des fibres de polyester des laines de chanvre.
- Fabrication des matériaux : bon bilan d'ensemble (voir également chapitre 2).
- Durée de vie : très longue pour la maçonnerie et pour le complexe isolant si l'étanchéité à l'eau est assurée dans le temps (attention entre autres au vieillissement des joints des entourages de baies). On considère habituellement qu'un bardage bois doit être refait tous les 30 à 50 ans, selon l'essence choisie, le climat, l'orientation, et la technique de pose (voir encadré p. 171).
- Gestion des déchets : peu de déchets en phase chantier. En fin de vie, le bardage et l'ossature bois peuvent être valorisés en bois-énergie\*, l'isolant réutilisé, le mur, concassé et utilisé en remblai.

LES MURS ISOLÉS PAR L'EXTÉRIEUR



**Avis général**

Outre les avantages et limites spécifiques à l'ITE (voir p. 142) :

- Les résultats attendus de cette solution constructive seront au rendez-vous si la mise en œuvre présente tout le soin requis. Comme pour les ITE avec enduits, nous conseillons de la confier à des professionnels spécialisés qui établiront avant chantier des plans de détail des points spécifiques (haut et bas de murs, entourages des baies, etc.).
- Même si de nombreux bâtiments anciens ne peuvent accepter une telle « nouvelle peau » pour d'évidentes raisons esthétiques, la grande diversité des parements possibles (bardages bois, panneaux de bois, de fibre/ciment, terre cuite, enduit sur métal déployé...) est un atout esthétique pour de nombreux projets en réhabilitation.

**Variantes et options possibles**

**Mise en œuvre d'isolants en vrac**

Sur supports irréguliers, un isolant en vrac s'adapte mieux au mur existant. Étant également moins coûteux que les isolants texturés, il permet d'installer de beaucoup plus fortes épaisseurs d'isolation pour un même investissement (voir également variante fiche M04).



Une structure bois en échelle réduit au maximum les ponts thermiques, et un film géotextile tendu entre les montants de chaque échelle maintient le compartimentage des caissons nécessaire à l'insufflation de cellulose. (Élément U\*Psi de Lignotrend.) Doc. Lignotrend-Objectif Bois.



1. Fixation des montants bois et des précadres des menuiseries sur la façade avec platines métalliques.



2-3. Pose des panneaux pare-pluie\* et remplissage d'un conglomérat léger à base de roseaux.



4. Pose des lattes support de bardage en diagonale pour améliorer le tirage thermique de la lame d'air (région très chaude en été).



5. Paroi finie en lames de douglas posées verticalement pour améliorer le drainage et la durabilité.

**Isolation en roseaux broyés.**

Plusieurs isolants végétaux disponibles localement peuvent être employés en isolation par l'extérieur, à sec, ou en conglomérat avec un liant hydraulique. Voir fiche « Rafles de maïs et autres résidus agricoles » p. 118 et annexe p. 249. (Réhabilitation des locaux du Marais du Viguerat; architecte Atelier Ostraka; consultant Jean-Pierre Oliva.) Photos Atelier Ostraka.



LES TECHNIQUES DE MISE EN ŒUVRE

**Isolation par insufflation T06**

Lorsqu'une isolation par le dessus n'est pas possible, l'insufflation d'un matériau en vrac peut être une solution économique et écologiquement satisfaisante.

**Exemple de base**

Ouate de cellulose insufflée dans des coffres, entre pare-pluie\* rigide et frein de vapeur.

**Caractéristiques thermiques et environnementales**

Coef. de déperdition thermique U (W/m <sup>2</sup> K) / R (m <sup>2</sup> K/W)	0,12 / 8,25
Pertes dues aux ponts thermiques intégrés	14 %
Capacité thermique intérieure quotidienne (Wh/m <sup>2</sup> K)	6 (faible)
Capacité thermique intérieure séquentielle (Wh/m <sup>2</sup> K)	10 (faible)
Déphasage (heures) / Atténuation du flux de chaleur (%)	13 h / 24 %
Épaisseur supplémentaire pour atteindre le niveau « passif »	7 cm
Bilan « CO <sub>2</sub> » du m <sup>2</sup> de paroi	- 34 kg CO <sub>2</sub> eq
Bilan « énergie grise » du m <sup>2</sup> de paroi	167 kWh

**Mise en œuvre / Points sensibles**

- Bien que conseillé pour toutes les toitures comportant une isolation, un pare-pluie\* en panneau rigide est ici encore plus nécessaire afin de pouvoir supporter sans déformations la pression de l'insufflation. Si l'on ne refait pas la couverture, voir encadré fiche T05 pour la pose d'un nouveau panneau.
- Concernant le choix du frein de vapeur, la règle du 5 pour 1 est à respecter. En réhabilitation avec des sous-toitures d'origine fermées ou dont le comportement est inconnu, l'utilisation d'une membrane hygrovariable et/ou la réalisation d'un espace ventilé sur l'extérieur au dessus de l'isolant s'impose (voir encadré page suivante).
- Ajuster la continuité des joues de coffres, particulièrement au passage des pannes.
- Pour éviter tout tassement, la masse volumique de la cellulose doit être de 50 kg/m<sup>3</sup> minimum.
- La gestion des hauts de murs et la pose de la membrane d'étanchéité à l'air doivent être très soignées afin d'éviter tout pont thermique et inétanchéité à l'air.

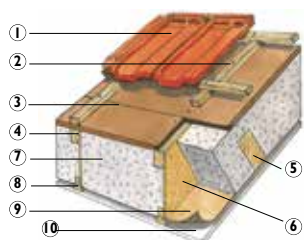
**Impacts sur la santé**

Voir p. 206.

La quantité de poussières se dégageant lors de l'insufflation de la cellulose additionnée à la toxicité par inhalation du sel de bore imposent le port d'un masque de type P2 et une forte aération des locaux (voir également p. 123).

**Bilan écologique**

La meilleure solution quand on isole par-dessous (voir avis et bilan fiche précédente).



- 1 Couverture en tuile, combris liteaux
- 2 Contre-lattage (4 cm au minimum)
- 3 Panneaux pare-pluie\* en feutre de bois (1,8 cm)
- 4 Chevrons\*
- 5 Panne
- 6 Joues des coffres en panneaux de bois type OSB\* + membrure\* en liteau
- 7 Ouate de cellulose insufflée (34 cm)
- 8 Liteaux support plafond
- 9 Membrane assurant l'étanchéité à l'air et la régulation de vapeur d'eau
- 10 Plaque de plâtre (12 mm)



L'insufflation sur membrane d'étanchéité à l'air/frein de vapeur est facilitée si le film est translucide. De plus il doit être très résistant à l'arrachement. Photo B. Joliet.

LES RAMPANTS ISOLÉS PAR-DESSOUS



**Avis général**

Outre son bon bilan environnemental, la cellulose insufflée permet d'installer de très fortes épaisseurs d'isolation (jusqu'au niveau du passif) avec peu de surcoûts et de poids. D'une manière générale, quand elle est posée par des entreprises, c'est une solution qui rivalise en coût avec les solutions conventionnelles, pour peu que le chantier ait une certaine taille. On a d'ailleurs souvent intérêt, pour les petits projets, à faire des économies d'échelle en isolant avec cette même technique également les murs et les sols, opérations qui se feront « dans la foulée », et réduiront les coûts : l'installation et le repliement du chantier (déplacement, machine...) ne se faisant alors qu'une seule fois.



Des chevrons\* évidés pour limiter les ponts thermiques mais munis d'une membrane tissée translucide assurant la séparation des caissons pour insufflation existent désormais sur le marché (voir également photo p. 147). Élément U\*Psi Lignotrend®. Doc. Lignotrend.



Moyennant une pose ajustée, des panneaux d'OSB\* peuvent remplacer la membrane pare-air\* et frein de vapeur tout en assurant le contreventement. Mais l'insufflation derrière des panneaux opaques suppose un bon repérage des éléments d'ossature pour s'assurer que tous les espaces seront parfaitement remplis. Photo Y. Dewael.



On peut également procéder par projection de cellulose humide. Dans ce cas la pose des plafonds doit n'être effectuée qu'après un parfait séchage de la matière. Doc. Entrepris S. Tinel, in La Maison écologique, n°51.

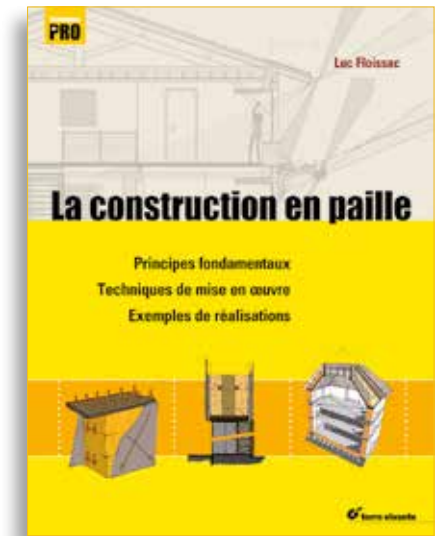
**Intervention sous complexe existant étanche à la vapeur d'eau**

Dans certains cas, la construction d'origine de la toiture ou bien une première réhabilitation a consisté à réaliser la couverture avec une mise en œuvre ne respectant pas le principe de la perspiration de la paroi, avec des plaques de sous-toiture de type fibrociment, Flexoutuile, Onduline, etc. ou avec des membranes elles aussi fermées à la vapeur (Mammouth®...).

Quand ces travaux sont de bonne qualité technique, la réfection de la couverture peut ne pas être à l'ordre du jour.

On se trouve également dans une situation similaire avec des toitures intégrant des panneaux non/ou insuffisamment ouverts à la vapeur à l'extérieur (de type CTBX\* ou OSB\*), et qui nécessitent pourtant un renfort d'isolation.

Pour faciliter l'extraction de la vapeur d'eau qui ne peut pas sortir par l'extérieur, mais également pour empêcher la vapeur d'eau de rentrer dans l'isolant en période froide, la pose d'une membrane hygrovariable sera préconisée, voire la réalisation d'un espace ventilé sur l'extérieur entre l'isolant et le matériau (ancien pare-pluie, panneau bois...) trop fermé à la vapeur. (Voir également § « Cas particulier de certaines parois existantes » p. 74.)





# Terre vivante

## Il y a 40 ans, nous semions la première graine d'écologie...

Créée en 1979 par un groupe d'ingénieurs et de passionnés, Terre vivante invite à préserver l'environnement au quotidien. En 1980, paraît le premier numéro du magazine **Les 4 Saisons - Jardin bio, permaculture et alternatives**, bimestriel 100 % bio, 100 % pratique. Il compte aujourd'hui 30 000 abonnés et est disponible en kiosque.

Puis **des livres** proposent des solutions concrètes et faciles à mettre en œuvre pour jardiner bio, manger sain, construire de façon écologique et se soigner au naturel. Aujourd'hui, le catalogue comprend plus de 300 ouvrages rédigés par des praticiens, des techniciens, des scientifiques, des journalistes spécialisés : tous les sujets sont traités et testés avec l'ambition de faire avancer l'écologie.

Depuis sa création, Terre vivante imprime ses livres, son magazine ainsi que tous ses documents en préservant au maximum l'environnement : papier recyclé ou certifié PEFC, avec des encres à base d'huiles végétales, chez des imprimeurs respectueux de l'environnement, dont 95 % localisés en France. D'autres démarches visent à limiter l'empreinte écologique de Terre vivante (bâtiments économes en énergie, chauffage au bois, lombricompostage, tri des déchets, promotion des vélos électriques, etc.).

En 1994, Terre vivante crée un **Centre écologique de 50 hectares** au pied du Vercors. Faisonnant d'idées et de créativité, les potagers et les jardins sont de véritables petits laboratoires participant au changement de notre société, pensés comme de petits écosystèmes : aucun produit chimique n'est utilisé, les eaux de pluie sont récupérées, l'accueil des animaux auxiliaires est largement favorisé. L'équipe de jardiniers fait bénéficier *Les 4 Saisons*, la maison d'édition et les visiteurs de son expérience. De mars à octobre, le Centre propose **des stages** pour mettre en application les techniques proposées dans les publications. Il accueille également les particuliers, les professionnels et les scolaires.

**Terre vivante est une coopérative (SCOP) employant 30 salariés.** Elle est donc largement engagée dans la mise en valeur de l'environnement et du développement durable. Sa mission principale est la transmission de savoir-faire pour une écologie positive et à la portée de tous.



 La SCOP en vidéo