

# GUIDE DES MATERIAUX ISOLANTS



# UN SERVICE GRATUIT NEUTRE ET INDEPENDANT

## Le Réseau des Espaces Info Energie en Auvergne

Il s'appuie sur 7 structures locales existantes au sein desquelles **une douzaine de conseillers techniques informent gratuitement, concrètement et en toute objectivité le public sur :**

- La maîtrise des consommations d'énergie : isolation, ventilation, régulation, chauffage et eau chaude sanitaire...
- Le recours aux énergies renouvelables : solaire thermique, photovoltaïque, bois énergie, géothermie...

**Mais aussi sur :**

- La qualité dans la construction : systèmes constructifs, choix des matériaux...
- Les aides financières existantes : subventions, déductions fiscales...

### Ses spécialistes

- Accueillent dans leurs locaux avec ou sans rendez-vous, traitent les demandes par téléphone, courriel ou correspondance.
- Apportent des conseils personnalisés dans des cas simples et orientent vers les organismes et professionnels compétents pour les études approfondies.
- Fournissent des brochures et des guides pratiques adaptés aux besoins

**Ils sont également présents sur le terrain, participent à des foires et salons et organisent des manifestations (conférences, visites de sites...)**

En auvergne, le réseau est soutenu par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), le conseil régional et le conseil général de chaque département qui apportent aux sept structures porteuses d'un espace info énergie une aide financière, technique et logistique.

**Une chartre garantit la gratuité, la neutralité et l'indépendance des services proposés.**

**Espace INFO→ENERGIE**  
C.A.U.E. de la Haute-Loire  
16 rue Jean Solvain  
43000 LE PUY EN VELAY

Tél. 04 71 07 41 78 ou 0 800 503 893  
Fax : 04 71 02 31 42

Courriel : [eie43@orange.fr](mailto:eie43@orange.fr)  
Site Internet : [www.eie43.fr](http://www.eie43.fr)



Conseil  
Architecture  
Urbanisme  
Environnement  
[www.caue43.fr](http://www.caue43.fr)



# SOMMAIRE

## → Fondamentaux de la thermique 4

- La capacité thermique
- La résistance thermique
- Le coefficient de transmission surfacique
- La masse volumique ou la densité
- La conductivité thermique

## → La réglementation thermique 5

## → Les isolants Bio-sourcés 5

## → Les critères qualité et réglementaires 6

- Classes de résistance au Feu : Euroclasses
- Le marquage CE : La conformité Européenne
- Certificat essais thermiques : ACERMI
- Avis technique CSTB
- Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire

## → Tableau récapitulatif des propriétés physiques des matériaux 7

## → Matériaux isolant d'origine animale 8

- La laine de mouton
- La plume de canard

## → Matériaux isolant issus du recyclage 10

- Le textile recyclé Métisse
- La ouate de cellulose

## → Matériaux isolant d'origine végétale 11

Les isolants issus de l'agriculture

- Le lin
- La chènevotte
- Le chanvre
- Les briques et béton de chanvre

Les isolants à base de bois

- Les fibragglos
- Liège expansé noir
- Fibre de bois

## → Matériaux isolant d'origine minérale 19

Les isolants minéraux

- La perlite expansée
- La vermiculite expansée
- L'argile expansée
- La pouzzolane

Les laines minérales

- La laine de roche
- La laine de verre

Les Monomurs

- Monomurs brique de terre cuite
- Monomurs de béton cellulaire
- Monomurs de pierre ponce

## → Matériaux isolant d'origine synthétique 22

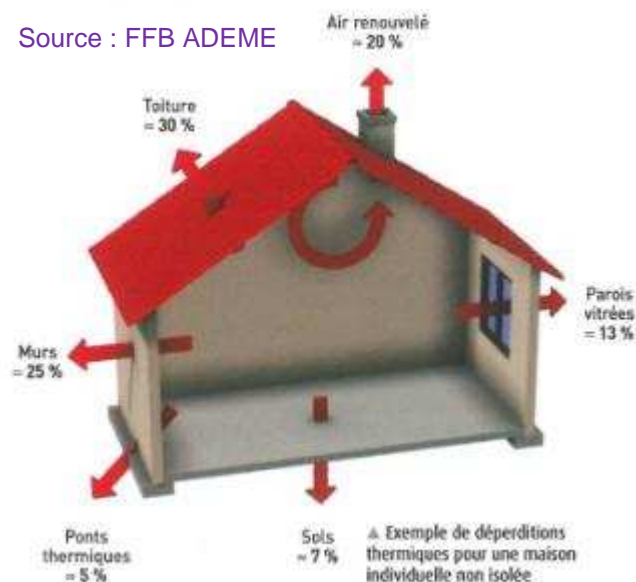
- Le polystyrène extrudé
- Le polystyrène expansé
- Les polyuréthanes
- Les aérogels

## → Indication de prix pour des travaux d'isolation 31

## → Source bibliographique 31

## → Remerciements 32

Source : FFB ADEME



# FONDAMENTAUX DE LA THERMIQUE

## → La conductivité thermique ( $\lambda$ exprimée en $W/m \cdot ^\circ C$ )

Cette valeur définit le **flux de chaleur traversant** 1 mètre de matière. C'est la **capacité d'un matériau à transmettre ou à retenir la chaleur**. Elle permet de comparer la **capacité à isoler**, de plusieurs matériaux de même épaisseur soumis à 1 degré d'écart entre ses 2 faces.

Des tests sont effectués en laboratoires pour déterminer cette valeur puis un certificat ACERMI est délivré au fabricant qui en fait la demande. En France la demande de certificat est une démarche volontaire de la part des fabricants, cela s'inscrit dans une démarche de qualité.

**Plus la conductivité thermique est faible, plus le matériau est isolant**

## → La résistance thermique (R exprimée en $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )

La résistance thermique définit la capacité d'un **matériau à isoler pour une épaisseur donnée**. Cette valeur est dans la réglementation thermique actuelle, utilisée pour garantir des performances minimales.

Pour le calcul de cette valeur, la méthode est simple, il faut diviser l'épaisseur du matériau (en mètre) par le coefficient de conductivité thermique  $\lambda$  (Elle est donnée par le certificat ACERMI ou la fiche technique du fabricant).

**Plus la résistance thermique est élevée, plus la paroi est isolante**

## → Le coefficient de transmission surfacique (U exprimée en $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

Il est utilisé pour caractériser **une paroi dans sa globalité avec l'ensemble des matériaux qui la compose**. Il représente le flux de chaleur qui traverse  $1m^2$  de paroi pour une différence de température de  $1^\circ C$  entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment. Il s'agit simplement de l'inverse de la résistance thermique R.

**Plus le coefficient de transmission surfacique est faible plus la paroi est isolante**

## → La masse volumique ou la densité ( $\rho$ exprimée en $Kg/m^3$ )

Cette valeur permet de connaître la masse d'un matériau par unité de volume.

Cette notion permet d'évaluer le comportement d'un matériau face à la propagation de chaleur, car plus cette valeur est élevée plus le matériau sera capable d'emmagasiner la chaleur et donc de la retenir.

Par ailleurs cette information permet d'adapter un matériau à un choix d'application. Pour garantir la durabilité d'un complexe d'isolation en accroche verticale ou en extérieur, il est préférable de choisir un isolant à haute densité pour une meilleure stabilité. .

## → La capacité thermique (C exprimée en $kWh/m^3 \cdot ^\circ C$ )

Elle représente la capacité du matériau à stocker la chaleur, autrement dit, de sa capacité d'inertie. Elle contribue au confort d'été en atténuant les variations de chaleur extérieure et en permettant un lissage de la température intérieure

## → Le déphasage (exprimé en heures)

Le déphasage **exprime le temps que va mettre le flux de chaleur pour traverser une paroi**. Ce paramètre de confort et de performance thermique est issu du principe de **l'habitat bioclimatique** ou du **mas provençal**. Il permet en été de ralentir la chaleur dans le mur de l'extérieur vers l'intérieur et le contraire en hiver.

## → La diffusion de vapeur d'eau ( $\mu$ sans unité et Sd exprimée en mètre équivalent lame d'air)

Le coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau  $\mu$  définit la **perméabilité d'un matériau à la vapeur d'eau**.  
**Plus le  $\mu$  est élevé, plus la résistance au passage de la vapeur d'eau est élevée.**

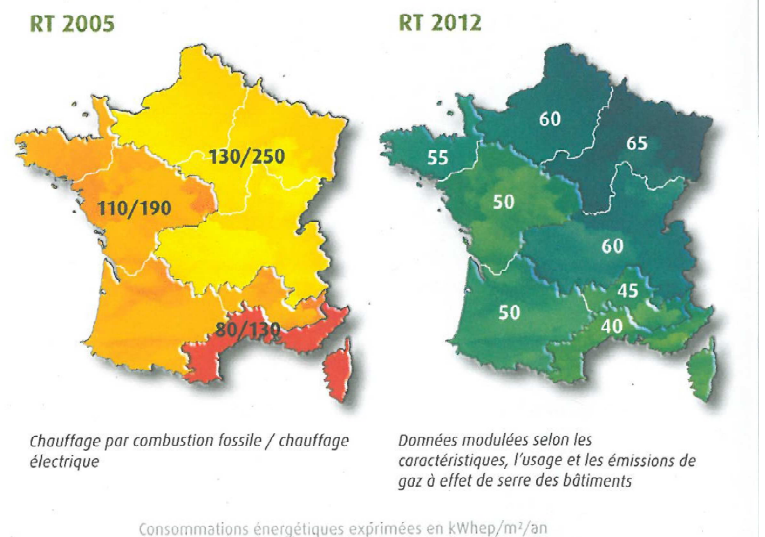
La résistance à la vapeur d'eau Sd est exprimée par la formule  $Sd = \mu \times \text{épaisseur}$ . Un pare vapeur à un  $Sd > 18m$ .  
**Plus la résistance Sd est élevée, plus le matériau sera imperméable au passage de la vapeur d'eau.**

## LA REGLEMENTATION THERMIQUE (source : [www.qualitenr.org](http://www.qualitenr.org))

Le décret de la nouvelle réglementation thermique (RT 2012) a été publié au journal officiel du 27 octobre 2010 afin de succéder à la RT 2005, qui était obligatoire depuis 2006. Applicable pour toute construction neuve, elle entrera en vigueur à compter du 28 octobre 2011 pour les bâtiments tertiaires et du 1<sup>er</sup> janvier 2013 pour le secteur résidentiel.

Comme pour la précédente version, cette réglementation a pour objectif de limiter la consommation énergétique des bâtiments elle s'articule autour de trois grands axes :

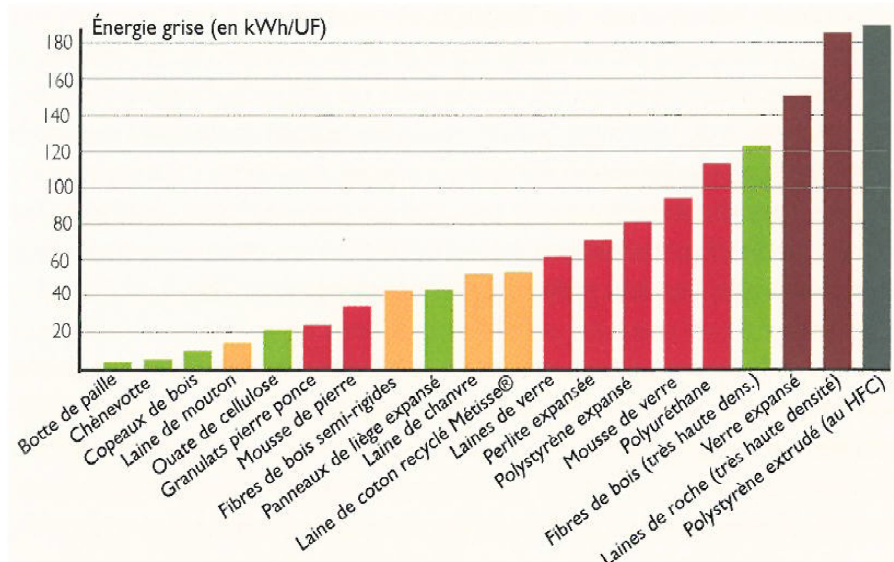
- L'efficacité énergétique du bâti avec le besoin bioclimatique (Bbio) : l'objectif est de valoriser la conception du bâtiment avant de savoir quels seront les systèmes qui l'équiperont (chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire, photovoltaïque...)
- La consommation énergétique du bâtiment avec la consommation maximale d'énergie primaire (Cmax) : l'objectif est que toutes les constructions neuves présentent une consommation d'énergie primaire inférieure à 50 kWh ep/m<sup>2</sup>/an, en moyenne. Cinq usages sont pris en compte pour ce calcul : le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, le refroidissement, l'éclairage et les systèmes auxiliaires (ventilateurs, pompes).
- La température intérieure conventionnelle (Tic) avec diverses obligations comme le traitement des ponts thermiques (fuites de chaleur) et de la perméabilité à l'air.



## LES ISOLANTS BIO-SOURCES (source : [www.lemoniteur.fr](http://www.lemoniteur.fr))

Les isolants dits « bio-sourcés » sont des produits à base de fibres végétales, de produits d'origine animale ou de produits issus du recyclage de papier ou de vêtements. Ils se présentent soit en vrac, soit sous forme de rouleaux ou de panneaux. Leurs développements répondent aux objectifs de maintien de la biodiversité, de réduction des déchets, de protection de l'environnement, fixés par les lois Grenelle 1 et 2. Leurs niveaux d'énergie grise, qui correspondent à la somme de l'énergie dépensée tout au long de leur cycle de vie (de la fabrication au recyclage) sont annoncés comme plus faible que ceux des isolants traditionnels.

**Source :**  
L'isolation thermique écologique aux éditions terre vivante de Jean Pierre Oliva et Samuel Courgey



# LES CRITERES QUALITE ET REGLEMENTAIRES

## → Classes de résistance au Feu (Les EUROCLASSES)



La réaction au feu d'un matériau exprime son aptitude à s'enflammer, à contribuer au démarrage et à la propagation d'un incendie. On détermine la réaction au feu des matériaux de construction, d'isolation, de produits de décoration etc ... par des essais qui consistent à soumettre les produits à des sollicitations thermiques. On évalue ainsi leur comportement au feu par rapport à des critères de performance qui portent sur leur inflammabilité.

Euroclasses (réaction au feu)					
Classes	Contribution énergétique à la propagation d'un incendie	Classification complémentaire			
		Production de fumée		Chute de gouttelettes et particules enflammées	
A1	Incombustible	-	-	-	-
A2	Pratiquement incombustible	S1	Faible production de fumée	d0	Pas de gouttelettes/particules enflammées
B	Résiste à une attaque prolongée des flammes et d'un objet isolé ardent tout en limitant la propagation de la flamme	S2	Production moyenne de fumée	d1	Gouttelettes/particules enflammées persistant moins de 10 secondes
C	Résiste à une attaque brève de flammes en limitant la propagation de la flamme et d'un objet isolé ardent				
D	Résiste à une attaque brève de petites flammes en limitant la propagation de la flamme et d'un objet isolé ardent	S3	Production importante de fumée	d2	Gouttelettes/particules enflammées persistant plus de 10 secondes
E	Résiste à une attaque brève de petites flammes en limitant la propagation de la flamme				
F	Aucune performance déterminée				

## → Le marquage CE : La conformité Européenne



Ce marquage atteste que le produit mis sur le marché est conforme à sa norme européenne et à la directive des produits de construction (89/106/CE). Il peut circuler librement dans la zone de libre échange européenne puisqu'il est présumé conforme. Le marquage CE est obligatoire depuis mars 2003 pour la mise sur le marché des produits isolants qui répondent à une norme européenne et il est facultatif pour les autres produits isolants.

## → Certificat essais thermiques (ACERMI)



Toutes les caractéristiques déclarées sont certifiées : la résistance thermique avec la conductivité thermique, le comportement à l'eau, le comportement mécanique et, selon les cas, la réaction au feu. Pour choisir le produit isolant selon son application dans l'ouvrage, la certification ACERMI définit les niveaux de caractéristiques (normes européennes ou classement ISOLE).

## → Avis technique CSTB (A-tech)



Un avis technique est un document attestant de l'expertise de manière neutre et impartiale par un groupe d'experts, sur l'emploi d'un produit ou d'un système destiné à la construction. L'avis technique atteste les performances techniques et réglementaires du produit ou système. Sans être obligatoire, un avis technique reste un gage de qualité à l'égard du produit qui dispose ainsi d'une vérification de ses performances.

## → Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES)



Les Fiches de Déclarations Environnementales et Sanitaires permettent par une étude détaillée (selon la norme NF P01-010) de réaliser un bilan environnemental des matériaux de construction pouvant être utilisés dans un projet. Ceci dans le but de minimiser les impacts sur l'environnement et la santé.

# TABLEAU RECAPITULATIF DES PROPRIETES PHYSIQUES DES MATERIAUX

Tableau de synthèse des matériaux d'isolation	Paramètres physiques statiques (voir définitions page 4)			Comportement à l'humidité (voir page 4)	Comportement au feu EN 13501-1 (voir tableau page 6)	Valeurs de calculs thermiques réglementaires et simulations thermiques dynamiques											
	Densité ou masse volumique (kg/m³)	Chaleur spécifique c (J/kg.K)	Conductivité thermique λ (W/m.K)			NF EUROCLASSE			RT 2005			BBC			Soi R = 4 m².KW	Déphasage en heures	
						λ	ρ	μ	Mur R = 2,8 m².KW	Toiture R = 5 m².KW	Déphasage en heures	Epaisseur en cm	Mur R = 7,5 m².KW	Toiture R = 2,8 m².KW			Déphasage en heures
Les laines minérales	27	1030	0,035	6	M0, M1	A1, F	17,50	3,6	9,80	2,0	26,25	5,4	15,75	3,2			
	35	1030	0,038	12	M0, M1	A1, F	15,00	4,3	10,64	2,4	28,50	6,4	17,0	3,8			
Matériaux isolants d'origine synthétique	150	1030	0,04		M0, M1	A1, F					11,20	5,1					
	30	1400	0,03	120	E		15,00	4,1	8,40	2,3	22,50	6,1	13,50	5,7	12,00	3,3	
	20	1450	0,032	70	E		16,00	3,5	8,96	2,0	24,00	5,3	14,40	3,2	12,80	2,8	
	34	1450	0,029	150	M2	C-S3-d0	14,50	4,3	8,12	2,4	21,75	6,5	13,05	3,9	11,60	3,5	
	70	1400	0,012	100	F		6,00	3,9	3,36	2,2	9,00	5,9	5,40	3,5	15,36	10,1	
Monomères	740	1000	0,12	13	M0	A			33,60	16,2			54,00	30,8			
	400	900	0,07	3	M0	A			18,60	10,2			31,50	18,4			
	700	1000	0,133	15	M0	A			37,24	19,6			69,95	31,8			
Matériaux isolants issus de l'agriculture	30	1500	0,037	<2	M4	E	16,50	4,7	10,36	2,6	27,75	7,0	16,85	4,2			
	100	1400	0,045	2	M1	B	22,50	9,1	12,60	5,1	33,75	13,7	20,25	8,2	18,00	7,3	
	150	1950	0,06	900	M1	B			16,00	8,5					24,00	12,2	
	105	1944	0,052	<2	M4	E	26,00	11,8	14,56	6,6	39,00	17,8	23,40	10,7	20,80	9,5	
	40	1600	0,041	<2	M4	E	20,50	9,2	11,49	3,5	30,75	9,4	18,45	5,6			
	300	1700	0,07	6	M1	F			19,60	12,2			31,50	19,5			
Matériaux isolants à base de bois	420	1700	0,1	8	F		50,00	50,7	26,00	17,2	75,00	46,1	45,00	27,6	40,00	24,6	
	350	2000	0,09	10	M1	B	45,00	28,8			25,20	16,2	43,3		36,00	23,1	
	125	1560	0,04	10	M1	B	20,00	10,2	11,20	5,7	30,00	15,2	18,00	9,1	16,00	8,1	
	50	2100	0,038	5	M4	E	16,00	7,3	10,64	4,1	28,50	10,9	17,0	6,5			
Matériaux isolants issus du recyclage	190	2100	0,049	5	M4	E	24,50	16,1	13,72	9,0	36,75	24,1	22,05	14,5	19,60	12,9	
	25	1400	0,039	2,2	M4	E-S1-d0	16,50	4,2	10,92	2,4	23,25	6,4	17,55	3,8			
	50	2000	0,038	2	M1	B-S2-d0	16,00	7,1	10,64	4,0	28,50	10,6	17,0	6,4	15,20	5,7	
Matériaux isolants d'origine animale	16	1720	0,035	1	M4	D-S3-d0	17,50	3,6	9,80	2,0	28,25	5,4	15,75	3,2			
	20	1600	0,035	1,46	M4	E	17,50	3,8	9,80	2,2	26,25	5,8	15,75	3,5			
Matériaux isolants minéraux	70	900	0,06	2	M0	A	30,00	7,1	16,80	4,0	45,00	10,6	27,00	6,4	24,00	5,7	
	90	900	0,062	<4	M0	A	31,00	8,1	17,36	4,6	46,50	12,2	27,90	7,3	24,80	6,5	
	850	850	0,15	<4	M0	F	75,00	37,8	42,00	21,2	112,50	56,8	67,50	34,1	60,00	30,3	

## **LA LAINE DE MOUTON « MATERIAU ISOLANT D'ORIGINE ANIMALE »**

La laine de mouton est lavée pour éliminer le suint et les impuretés, puis y sont ajoutés des additifs antimites et des fibres de texturation pour constituer les produits finis d'isolation.

Malgré les compromis faits pour la conservation et la texturation de la fibre, la laine de mouton reste un très bon isolant écologique.

On peut la trouver en rouleau ou en panneau utilisé pour une isolation rapportée entre ossature, ou encore en vrac sous forme d'écheveaux pour le remplissage des cavités.

### **Propriétés physiques du matériau**

LA CONDUCTIVITE THERMIQUE PEUT VARIER DE 0.035 A 0.042 W/M.°C  
LA MASSE VOLUMIQUE DU MATERIAU PEUT VARIER DE 13 A 35 KG/M<sup>3</sup>

LA CHALEUR SPECIFIQUE DU MATERIAU PEUT VARIER DE 1000 A 1800 J/KG.°C  
LE COEFFICIENT DE DIFFUSION A LA VAPEUR D'EAU PEUT VARIER DE 1 A 2

### **Mise en œuvre et coût du matériau**

COUT ≈ 10 A 20 € LE M<sup>2</sup>  
(EPAISSEUR 10 CM)

EPAISSEUR MURS : RT 2005= 10 A 14 CM ET BBC = 17 A 23 CM  
EPAISSEUR TOITURE : RT 2005 = 17 A 23 CM ET BBC = 25 A 30 CM

### **Références techniques (sur certains produits) :**

**CSTB**  
le futur en construction

Avis technique pour certains produits

## **Avantages :**

*Bon pouvoir hygroscopique.*

*Ne nécessite pas la pose d'un frein-vapeur.*

*La laine peut absorber jusqu'à 33% de son poids en eau.*

*Bon affaiblissement acoustique en tant que ressort.*

*Sans effet négatif sur la santé.*

*Pas de dégagement de flamme ni de gaz toxique en cas d'incendie.*

*Insensible aux rongeurs.*

*Utiliser en écheveau pour le calfeutrement des petits espaces.*

## **Inconvénients :**

*Faible contribution au confort d'été.*

*Sensible au Feu, nécessite un parement coupe feu.*

*EUROclasse D-s3, d0 ou M1*

*Matériau putrescible en cas de forte humidité, idéal pour y nidifier.*

*Nécessite un traitement antimite*



## **LA PLUME DE CANARD « MATERIAU ISOLANT D'ORIGINE ANIMALE »**

L'isolant pour le bâtiment à base de plume de canard est une innovation permettant de valoriser des déchets d'abattoirs.

Les isolants sont fabriqués à partir de 70% de plume de canard, de 10% de laine de mouton pour une meilleure élasticité et de 20% de fibre textile pour la stabilité.

La laine est recouverte d'un voile en polyester micro perforé sur une face pour une meilleure stabilité lors de la pose.

La plume de canard est très perméable à la vapeur d'eau, elles peuvent emmagasiner jusqu'à 70% de leur poids en eau et retrouver leur qualité après séchage.

### **Propriétés physiques du matériau**

LA CONDUCTIVITE THERMIQUE PEUT VARIER DE 0.033 A 0.042 W/M.°C  
LA MASSE VOLUMIQUE DU MATERIAU PEUT VARIER DE 20 A 34 KG/M<sup>3</sup>

LA CHALEUR SPECIFIQUE DU MATERIAU EST DE 1600 J/KG.°C  
LE COEFFICIENT DE DIFFUSION A LA VAPEUR D'EAU EST DE 1.46

### **Mise en œuvre et coût du matériau**

COÛT ≈ 5 A 20 € LE M<sup>2</sup>  
(EPAISSEUR 10 CM)

EPAISSEUR EN TOITURE : RT 2005 : 16 A 21 CM BBC : 23 A 30 CM

### **Références techniques (sur certains produits) :**

**CSTB**  
le futur en construction

**FDES**

Fiches de Déclaration  
Environnementale et  
Sanitaire

## **Avantages :**

*Très Bon pouvoir hygroscopique.*

*La plume peut absorber jusqu'à 70% de son poids en eau.*

*Bon affaiblissement acoustique en tant que ressort.*

*Sans effet négatif sur la santé.*

*Pas de dégagement de gaz toxique en cas d'incendie.*

*Insensible aux rongeurs.*

*La laine est recouverte d'un voile en polyester sur une face pour le confort de pose.*

## **Inconvénients :**

*Coût moyen.*

*Tassement en isolation verticale si mauvaise accroche.*

*Faible contribution au confort d'été.*

*Nécessite un parement coupe feu EUROclasse E ou F ou M4*

*Idéale pour la nidification des petits animaux.*

## **METISSE « MATERIAU ISOLANT ISSU DU RECYCLAGE DES TISSUS »**

La collecte des textiles usagés en France par les associations permettent le développement d'une filière de transformation des tissus usagés en isolants assurés par une structure associative d'insertion : le RELAIS

Après un tri selon les matières, les tissus sont découpés, hachés et défibrés puis mélangés dans des proportions constantes de coton, laine et acrylique.

Les fibres sont ensuite thermo liées avec du polyester pour former des rouleaux ou panneaux semi rigides de densité variable.

### **Propriétés physiques du matériau**

LA CONDUCTIVITE THERMIQUE VARIE DE 0.035 A 0.045 W/M.°C  
LA MASSE VOLUMIQUE DU MATERIAU PEUT VARIER DE 18 A 75 KG/M<sup>3</sup>

LA CHALEUR SPECIFIQUE DU MATERIAU PEUT VARIER DE 1200 A 1400 J/KG.°C  
LE COEFFICIENT DE DIFFUSION A LA VAPEUR D'EAU VARIE ENTRE 2 ET 3

### **Mise en œuvre et coût du matériau**

COUT ≈ 11 € LE M<sup>2</sup>  
(EPAISSEUR 10 CM)

Epaisseur Murs : RT 2005= 11 à 14 cm et BBC = 18 à 23 cm  
Epaisseur en Toiture : RT 2005 : 18 à 23 cm et BBC : 26 à 32 cm

### **Références techniques (sur certains produits) :**



**FDES**

Fiches de Déclaration  
Environnementale et  
Sanitaire

Avis technique expérimental  
Avis technique en cours

### **Avantages :**

*Matériau insensible aux rongeurs, incinérable en valorisation chaleur.*

*Perméable à la vapeur d'eau nécessite la pose d'un frein-vapeur.*

*Sans effet négatif sur la santé.*

*Pas de dégagement de gaz toxique en cas d'incendie.*

*Bon isolant acoustique (bruits aérien).*

*Épouse la forme des irrégularités lors d'une pose à plat dans les combles*

### **Inconvénients :**

*Sensible au feu EUROclasse E-S1,d0 ou M4 nécessite un parement coupe feu.*

*Perte de 10% si le matériau est humide.*

*Faible contribution au confort d'été.*

*Stable en isolation verticale si accroche adaptée.*

## LA OUATE DE CELLULOSE « MATERIAU ISOLANT ISSU DU RECYCLAGE »

La ouate de cellulose est issue du recyclage du papier, principalement à partir de journaux neufs invendus et des coupes de papier neuf d'imprimerie.

Le papier est d'abord broyé et défibré en flocons, puis stabilisé par incorporations de divers agents (sel de bore,...) pour résister au feu et aux moisissures, variables selon les fabricants.

La cellulose est un matériau d'origine industriel qui présente le meilleur rapport impact environnemental / coût, surtout pour les gros chantiers qui amortissent mieux le coût de l'intervention d'un applicateur spécialisé.

### Propriétés physiques du matériau

Produit	Ouate projetée à sec	Ouate insufflée ou projetée humide	Panneau semi-rigide	Ouate en granulés	Panneau haute densité
Densité $\rho$ en Kg/m <sup>3</sup>	25 à 35	40 à 65	70	500	260
Conductivité thermique $\lambda$ en W/m.°C	0.038 à 0.044	0.038 à 0.044	0.039 à 0.042	0.069	0.053
Chaleur spécifique C en J/Kg.K	2000				
Coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau $\mu$	2				

### Mise en œuvre et coût du matériau

COÛT  $\approx$  20 € LE M<sup>2</sup>  
(EPAISSEUR 30 CM)

Épaisseur Murs : RT 2005 = 12 à 16 cm et BBC = 20 à 26 cm  
Épaisseur en Toiture : RT 2005 : 20 à 26 cm et BBC : 26 à 37 cm

### Références techniques (sur certains produits) :

 **CSTB**  
le futur en construction Avis technique pour certains produits

### Avantages :

*Matériau non consommable par les rongeurs, recyclable ou réutilisable.*

*Matériau peu sensible au feu EUROclasse B-s2, d0 ou M1.*

*Pas de propagation de flamme ni de gaz toxique en cas d'incendie.*

*Bon isolant acoustique bruits d'impact.*

*Bon isolant acoustique en tant que ressort.*

*Bonne qualité hygroscopique et peut retenir 15% de son poids en eau.*

*Bonne contribution au confort d'été.*

*Nécessite la pose d'un parement frein-vapeur.*

*Bon bilan environnemental pour la ouate en vrac.*

### Inconvénients :

*Contient des produits ignifuges et dégage des particules volatiles lors de la pose.*

*Coût moyen parmi les matériaux issus du recyclage.*

*Matériau capillaire et hydrophile.*

## **LE LIN « MATERIAU ISOLANT ISSU DE L'AGRICULTURE »**

Les produits d'isolation issus du lin sont fabriqués à partir des fibres courtes de la plante, qui ne sont pas utilisées dans l'industrie du textile.

La culture du Lin est principalement issue du nord de la France et notamment en Normandie et représente une valorisation économique pour les agriculteurs.

Les produits finaux texturés peuvent se présenter sous différentes formes : en vrac, en rouleaux, en panneau semi-rigide ou rigide pour les cloisons, en feutre comme isolant acoustique, ou en paille pour le béton de Lin.

### **Propriétés physiques du matériau**

LA CONDUCTIVITE THERMIQUE PEUT VARIER DE 0.037 A 0.040 W/M.°C  
LA MASSE VOLUMIQUE DU MATERIAU PEUT VARIER DE 20 A 25 KG/M<sup>3</sup>

LA CHALEUR SPECIFIQUE DU MATERIAU PEUT VARIER DE 1300 A 1700 J/KG.°C  
LE COEFFICIENT DE DIFFUSION A LA VAPEUR VARIE ENTRE 1 ET 2

### **Mise œuvre et coût du matériau**

COUT ≈ 13 A 15 € LE M<sup>2</sup>  
(EPAISSEUR 10 CM)

Epaisseur Murs : RT 2005= 11 cm et BBC = 18 cm  
Epaisseur en Toiture : RT 2005 : 24 cm et BBC : 27 cm

### **Références techniques (sur certains produits) :**

**CSTB**  
le futur en construction

### **Avantages :**

*Bon pouvoir hygroscopique.*

*Bon affaiblissement acoustique.*

*Sans effet négatif sur la santé.*

*Pas de dégagement de gaz toxique en cas d'incendie.*

*Insensible aux rongeurs.*

### **Inconvénients :**

*Coût moyen.*

*Tassement en isolation verticale.*

*Faible contribution au confort.*

*Sensible au feu, nécessite un parement coupe feu.*

*Matériau sensible au feu EUROclasse E ou M4*

## **LA CHENEVOTTE « MATERIAU ISOLANT ISSUE DE L'AGRICULTURE »**

La chènevotte ou « anas de chanvre » à été longtemps considérée comme un sous produit des industries du textile et de la papeterie.

Traditionnellement affectée à la litière animale pour ses capacités absorbante ou à la jardinerie pour sa difficile putrescibilité, la chènevotte est utilisée comme isolant en vrac ou granulat pour béton allégés depuis les années 1990.

Elle peut être utilisée sèche ou en conglomérats humide pour le remplissage de caisson ou pour l'isolation des combles. Elle peut également être utilisée dans la préparation d'enduit isolant de finition.

### **Propriétés physiques du matériau**

LA CONDUCTIVITE THERMIQUE PEUT VARIER DE 0.048 A 0.06 W/m.°C  
LA DENSITE DU MATERIAU VARIE DE 90 A 115 KG/M<sup>3</sup>

LA CHALEUR SPECIFIQUE DU MATERIAU EST DE 1950 J/KG.°C  
LE COEFFICIENT DE DIFFUSION A LA VAPEUR D'EAU VARIE ENTRE 1 ET 2

### **Mise en œuvre et coût du matériau**

Coût ≈ 19 € les 200L

Epaisseur Murs : RT 2005= 14 à 18 cm et BBC = 24 à 30 cm  
Epaisseur en Toiture : RT 2005 : 24 à 30 cm et BBC : 34 à 42 cm

### **Références techniques (sur certains produits) :**

### **Avantages :**

*Matériau renouvelable, recyclable, non consommable par les rongeurs et peu dégradable.*

*Bonne durabilité et stabilité si mise en œuvre et densité suffisantes.*

*Sans effet négatif sur la santé.*

*Pas de dégagement de gaz toxique en cas d'incendie.*

*Bon isolant acoustique (bruits aérien).*

*Très bonne qualité hygroscopique.*

### **Inconvénients :**

*Sensible au feu, nécessite un parement coupe feu EUROclasse E ou M4.*

*Matériau putrescible en cas d'humidité prolongée.*

## **LE CHANVRE « MATERIAU ISOLANT ISSU DE L'AGRICULTURE »**

Le chanvre « cannabis sativa », plante annuelle cultivée chez nous nous depuis les celtes donne deux types de fibres : longue pour les tissus, cordage, papeterie et les isolants en panneaux et rouleaux et courte pour la chènevotte.

Les panneaux ou rouleaux d'isolant texturés sont destinés à l'isolation rapportée entre ossatures et sont éventuellement en composition avec d'autres matières : chanvre/lin ou chanvre/coton...

Il existe également des panneaux de feutre pour sous couche phonique.

### **Propriétés physiques du matériau**

LA CONDUCTIVITE THERMIQUE PEUT VARIER DE 0.039 A 0.046 W/M.°C  
LA DENSITE DU MATERIAU VARIE DE 25 A 40 KG/M<sup>3</sup>

LA CHALEUR SPECIFIQUE DU MATERIAU VARIE DE 1300 A 1800 J/KG.°C  
LE COEFFICIENT DE DIFFUSION A LA VAPEUR D'EAU VARIE ENTRE 1 ET 2

### **Mise en œuvre et coût du matériau**

COÛT ≈ 11 A 15 € LE M<sup>2</sup>  
(EPAISSEUR 10 CM)

Epaisseur Murs : RT 2005= 12 à 13 cm et BBC = 19 à 21 cm  
Epaisseur en Toiture : RT 2005 : 19 à 20 cm et BBC : 20 à 27 cm

### **Références techniques (sur certains produits) :**

**CSTB**  
le futur en construction



**FDES**  
Fiches de Déclaration  
Environnementale et  
Sanitaire

### **Avantages :**

*Matériau renouvelable et recyclable.*

*Non consommable par les rongeurs et peu dégradable.*

*Bonne durabilité et stabilité si mise en œuvre et densité suffisante.*

*Sans effet négatif sur la santé.*

*Pas de dégagement de gaz toxique en cas d'incendie.*

*Bon isolant acoustique pour les bruits aériens.*

*Bonne qualité hygroscopique.*

### **Inconvénients :**

*Sensible au feu, nécessite un parement coupe feu EUROclasse E ou M4.*

*Matériau putrescible en cas d'humidité prolongée.*

## LE BETON DE CHANVRE « MATERIAU ISOLANT ISSU DE L'AGRICULTURE »

Le béton de chanvre est constitué d'un mélange à base de chènevotte, d'un liant généralement de la chaux formulée et d'eau. Le dosage en liant est très variable et dépend de l'usage qui en est fait : blocs préfabriqués, conglomerats banchés ou projetés à la machine, enduits isolants.

Aujourd'hui, l'expérience et les recherches scientifiques aboutissent à une bonne connaissance du comportement des mélanges dont les plus légers peuvent être considérés comme des isolants à part entière.

### Propriétés physiques du matériau

Produit	Brique de chanvre	Mélange « toit »	Mélange « mur »	Mélange « sol »	Mélange « enduit »
Densité $\rho$ en Kg/m <sup>3</sup>	300	250	420	500	800
Conductivité thermique $\lambda$ en W/m.°C	0.07	0.06	0.10	0.10	0.17
Chaleur spécifique C en J/Kg.K	1000 à 2000				
Coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau $\mu$	6	7	8	9	10

### Mise en œuvre et coût du matériau

### Références techniques (sur certains produits) :

## Avantages :

*Matériau non consommable par les rongeurs et difficilement dégradable.*

*Sans effet négatif sur la santé.*

*Peu sensible au feu en fonction de la proportion de liant.*

*Bon isolant acoustique (bruits aérien).*

*Bonne qualité hygroscopique et excellente inertie (confort d'été).*

*Bon bilan environnemental si toutefois les liants sont écologiques.*

*EUROclasse F ou M1*

## Inconvénients :

*Nécessite une préparation et une mise en œuvre spécifiques.*

*Matériau putrescible en cas d'humidité prolongée.*



## **LE LIEGE EXPANSE « MATERIAU ISOLANT D'ORIGINE VEGETALE »**

Le produit fini est obtenu par la transformation de l'écorce du chêne liège par un traitement thermique qui consiste à dilater et à agglomérer ses granules, ce qui en fait un matériau les plus denses en microbulles d'air isolantes.

Il existe également du liège blanc issu du recyclage de l'industrie des bouchons nécessitant l'adjonction d'une colle à base de polyuréthane.

On le trouve sous divers conditionnements : en vrac pour l'isolation en remplissage de caisson ou insufflation, en granules pour béton isolant allégés ou en panneaux sous dalles, chapes, murs et sous toiture.

### **Propriétés physiques du matériau**

LA CONDUCTIVITE THERMIQUE PEUT VARIER DE 0.032 A 0.045 W/M.°C  
LA DENSITE DU MATERIAU VARIE DE 100 A 130 KG/M<sup>3</sup>

LA CHALEUR SPECIFIQUE DU MATERIAU EST DE 1560 A 2000 J/KG.°C  
LE COEFFICIENT DE DIFFUSION A LA VAPEUR D'EAU VARIE ENTRE 5 ET 10

### **Mise en œuvre et coût du matériau**

COÛT ≈ 34 € LE M<sup>2</sup>  
(EPAISSEUR 10 CM)

Epaisseur Murs et Sol : RT 2005= 10 cm et BBC = 14 cm  
Epaisseur en Toiture : RT 2005 : 22 cm et BBC : 30 cm

### **Références techniques (sur certains produits) :**



### **Avantages :**

*Matériau imputrescible, Insensible aux rongeurs et recyclable.*

*Sans effet négatif sur la santé.*

*Pas de dégagement de flamme ni de gaz toxique EUROclasse B ou M1.*

*Bonne résistance aux bruits d'impacts.*

*Aucunes remontées capillaires, résistant à la vapeur d'eau.*

*Bonne résistance à la compression.*

### **Inconvénients :**

*Coût élevé.*

*Matériau renouvelable mais de faible disponibilité.*



## LA FIBRE DE BOIS « MATERIAU ISOLANT D'ORIGINE VEGETALE »

Les fibres de bois sont obtenues par défibrage de chutes de bois résineux. Elles peuvent être utilisées en vrac ou transformées sous forme de panneaux. Pour ce faire une pâte épaisse est formée par adjonction d'eau et d'adjuvants.

Un autre procédé consiste à chauffer à haute température sans l'ajout d'adjuvant, la lignine du bois étant le principal agglomérant.

Les fibres sont traitées avec du sulfate d'ammonium ou du sel de bore.

### Propriétés physiques du matériau

Produit	Fibre de bois en vrac	Panneau semi-rigide faible densité	Panneau rigide moyenne densité	Panneau rigide haute densité
Densité $\rho$ en Kg/m <sup>3</sup>	38 à 45	35 à 50	60 à 120	140 à 280
Conductivité thermique $\lambda$ en W/m.°C	0.038 à 0.042	0.038 à 0.042	0.038 à 0.042	0.038 à 0.055
Chaleur spécifique C en J/Kg.K	1600 à 2300	1600 à 2300	1600 à 2300	1600 à 2300
Coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau $\mu$	1 à 2	1 à 2	3 à 5	3 à 5

### Mise en œuvre et coût du matériau

Coût en € au m <sup>2</sup> ep de 100mm	-	11	11 à 14	26 à 37
---	---	----	---------	---------

Épaisseur Murs : RT 2005= 12 à 16 cm et BBC = 20 à 26 cm  
Épaisseur en Toiture : RT 2005 : 20 à 26 cm et BBC : 26 à 37 cm

### Références techniques (sur certains produits) :



### Avantages :

*Matériau non consommable par les rongeurs.*

*Matériau difficilement inflammable EUROclasse E ou M4.*

*Pas de propagation de flamme ni de gaz toxique en cas d'incendie.*

*Bon isolant acoustique en tant que ressort (bruits aériens) et isolation phonique des sols (bruits d'impacts).*

*Ouvert à la vapeur d'eau, bon régulateur hygroscopique.*

*Bonne contribution au confort d'été.*

*Bonne stabilité dans le temps si la densité est adaptée.*

*Bon bilan Carbone pour les hautes densités.*

### Inconvénients :

*Contient des produits ignifuges et des adjuvants.*

*Energie grise élevée.*

*Coût moyen parmi les matériaux d'origine naturelle.*

*Matériau putrescible en cas d'humidité persistante.*

*Nécessite la pose d'un parement frein-vapeur.*

## LES BOTTES DE PAILLE « MATERIAU ISOLANT D'ORIGINE VEGETALE »

Utilisées dans les bâtiments ruraux depuis le 19<sup>ème</sup> siècle, la paille des céréales (blé, seigle, riz...) devient peu à peu un isolant à part entière, elle fait souvent l'objet de projet en auto construction mais aujourd'hui très peu d'entreprises existes.

Conditionnées en petites bottes de moyenne densité, elles permettent d'isoler les murs, les toitures et les planchers.

L'utilisation de bottes de paille de haute densité permet de construire des murs autoporteurs.

IL existe également des panneaux de paille hautement compressés utilisé pour le cloisonnage intérieur qui permettent d'obtenir une qualité acoustique supérieure au complexe de plaques de plâtre.

### Propriétés physiques du matériau

Produit	Botte de paille moyenne densité (flux transversal au sens des fibres)	Botte de paille moyenne densité (flux dans le sens des fibres)	Botte de paille haute densité	Panneaux de paille compressée
Densité $\rho$ en Kg/m <sup>3</sup>	90 à 110		150 à 250	300 à 420
Conductivité thermique $\lambda$ en W/m.°C	0.04 à 0.05	0.06 à 0.075	0.06 à 0.08	0.08 à 0.102
Chaleur spécifique C en J/Kg.K	1400 à 2000			
Coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau $\mu$	1 à 2			13

### Mise en œuvre et coût du matériau

Cout en € à la botte	1 à 3	-
----------------------	-------	---

Epaisseur Murs : RT 2005= 12 à 16 cm et BBC = 20 à 26 cm

Epaisseur en Toiture : RT 2005 : 20 à 26 cm et BBC : 26 à 37 cm

### Avantages :

*Sensible à moyennement sensible au feu selon la densité EUROclasse B ou M1.*

*Nécessite un parement coupe feu.*

*Coût faible parmi les matériaux d'origine naturelle.*

*Perméable à la vapeur d'eau, capillaire, hygroscopique.*

*Très bonne contribution au confort d'été.*

*Non consommable par les rongeurs, peu dégradable.*

*Très bonne stabilité et stabilité si mise en œuvre adaptée.*

*Performances acoustiques de moyenne à bonne selon la densité.*

*Excellent bilan carbone et très faible énergie grise.*

*Matière première renouvelable et de grande disponibilité.*

*Revalorisation en humus.*

### Inconvénients :

*Contient des produits désherbants ou pesticides si issue agriculture chimique.*

*Matériau putrescible en cas d'humidité persistante.*

*Teneur en formaldéhyde des colles utilisées dans les panneaux de paille compressés.*

## **LES FIBRAGGLOS « MATERIAU ISOLANT D'ORIGINE VEGETALE ET MINERALE »**

Les fibragglos sont des panneaux fabriqués à partir de fines lanières de bois résineux, minéralisés puis enrobés selon les fabrications, de ciment, de chaux hydraulique, de plâtre ou de magnésie.

Les panneaux sont de différentes épaisseurs (de 15 à 100 mm) et leurs faces peuvent recevoir un enduit s'ils sont utilisés comme isolation extérieure sur mur à ossature bois ou rester apparentes et surfacées pour offrir un effet décoratif et acoustique.

Ils peuvent également être installés en sous face de dalle ou en fond de coffrage, ou en parements intérieurs.

### **Propriétés physiques du matériau**

LA CONDUCTIVITE THERMIQUE PEUT VARIER DE 0.08 A 0.10 W/M.°C  
LA DENSITE DU MATERIAU VARIE DE 250 A 450 KG/M<sup>3</sup>

LA CHALEUR SPECIFIQUE DU MATERIAU VARIE DE 1700 A 2300 J/KG.°C  
LE COEFFICIENT DE DIFFUSION A LA VAPEUR D'EAU PEUT VARIER ENTE 5 ET 20

### **Mise en œuvre et coût du matériau**

COÛT ≈ 15 A 25 € LE M<sup>2</sup>  
(EPAISSEUR 10 CM)

### **Références techniques (sur certains produits) :**



## **Avantages :**

*Non consommable par les rongeurs, très difficilement dégradable.*

*Sans effet négatif sur la santé, précaution à prendre en phase chantier.*

*Difficilement inflammable, ne propage pas la flamme ni de gaz toxique EUROclasse B ou M1*

*Bonne stabilité dans le temps*

*Ouvert à la diffusion de vapeur d'eau.*

*Performance acoustique intéressante du fait de la surface caverneuse qui évite la réverbération des sons.*

*Bon bilan carbone.*

## **Inconvénients :**

*Putrescible en cas d'humidité persistante.*

*Energie grise modérée.*

*Coût de fabrication et pollution dues aux liants.*

*Filières de recyclage inexistantes.*

## **LA PERLITE EXPANSEE « MATERIAU ISOLANT D'ORIGINE MINERALE »**

La perlite expansée est fabriquée à partir d'une roche volcanique siliceuse de la famille des rhyolites perlitiques. Chauffée à 1200°C, l'eau est liée chimiquement au minerai est libérée et cette vapeur d'eau expande la matière jusqu'à 15 fois son volume initial.

Se présente sous la forme de granules en vrac de 2 à 8 mm pour ravaillage à sec, pour remplissage de cavités « étroites entre parois, pour bétons allégés, mortier et enduits isolants.

Elle peut également se présenter en panneaux ou éléments de construction préfabriqués avec liant à base de bitume ou fibres de verre pour toiture terrasse.

### **Propriétés physiques du matériau**

LA CONDUCTIVITE THERMIQUE PEUT VARIER DE 0.065 A 0.095 W/M.°C  
LA DENSITE DU MATERIAU VARIE DE 70 A 240 KG/M<sup>3</sup>

LA CHALEUR SPECIFIQUE DU MATERIAU VARIE DE 900 A 1000 J/KG.°C  
LE COEFFICIENT DE DIFFUSION A LA VAPEUR D'EAU VARIE ENTRE 1 ET 5

### **Mise en œuvre et coût du matériau**

COÛT ≈ 15 €  
(SAC DE 100 LITRES)

Epaisseur Murs et Sol : RT 2005= 20 cm et BBC = 26 cm  
Epaisseur en Toiture terrasse : RT 2005 : 32 cm et BBC : 45 cm

### **Références techniques (sur certains produits) :**



### **Avantages :**

*Matériau imputrescible, non dégradé par les rongeurs.*

*La perlite utilisée pure est inerte et ne présente aucune émanation.*

*Incombustible EUROclasse A ou M0*

*Très bonne durabilité, stabilité dimensionnelle et résistance à la compression.*

*Matière brute hydrophile, perméable à la vapeur d'eau, la perlite peut absorber jusqu'à 300% de son poids.*

*Facilement réutilisable sous sa forme en vrac, sinon concassage pour réemploi en remblai.*

### **Inconvénients :**

*Ressources non renouvelables mais abondantes.*

*Mauvais bilan carbone et énergie grise élevée.*

*En cas d'incendie, les formulations avec bitume peuvent dégager du sulfure d'hydrogène hautement toxique.*

## **LA VERMICULITE « MATERIAU ISOLANT D'ORIGINE MINERALE »**

La vermiculite est issue d'une roche proche du mica, le silicate de magnésie, présentant la propriété de s'expanser et de s'exfolier sous l'effet de la chaleur et de la vapeur d'eau (900 à 1000°C), qui augmentent considérablement son volume (on parle de vermiculite exfoliée).

Elle se présente sous forme de granules de dimensions diverses pour ravaillage à sec, pour remplissage de cavités entre paroi, pour la réalisation de béton allégés et d'enduits isolants ainsi qu'en garnissage coupe feu pour porte et cheminées...

### **Propriétés physiques du matériau**

LA CONDUCTIVITE THERMIQUE PEUT VARIER DE 0.046 A 0.080 W/M.°C  
LA DENSITE DU MATERIAU VARIE DE 60 A 160 KG/M<sup>3</sup>

LA CHALEUR SPECIFIQUE DU MATERIAU VARIE DE 800 A 1000 J/KG.°C  
LE COEFFICIENT DE DIFFUSION A LA VAPEUR D'EAU VARIE ENTRE 3 ET 4

### **Mise en œuvre et coût du matériau**

COÛT ≈ 10 A 15 € LE M<sup>2</sup>  
(EPAISSEUR DE 10 CM)

Epaisseur Murs et Sol : RT 2005= 20 cm et BBC= 26 cm  
Epaisseur en Toiture terrasse : RT 2005 : 32 cm et BBC : 45 cm

### **Références techniques (sur certains produits) :**



### **Avantages :**

*Matériau imputrescible, non dégradé par les rongeurs.*

*La vermiculite utilisée pure est inerte et ne présente aucune émanation.*

*Incombustible EUROCLASSE A ou M0.*

*Très bonne durabilité, stabilité dimensionnelle et résistance à la compression.*

*Matière brute très hydrophile, perméable à la vapeur d'eau.*

*Facilement réutilisable sous sa forme en vrac, sinon concassage pour réemploi en remblai.*

### **Inconvénients :**

*Ressources non renouvelables, abondantes, mais lointaines (Afrique du sud, Chine Etats-Unis).*

*Mauvais bilan carbone et énergie grise élevée.*

*En cas d'incendie, les formulations avec bitume peuvent dégager du sulfure d'hydrogène hautement toxique.*

*Enrobage fréquent au bitume, au silicone ou à la paraffine pour le protéger de l'humidité.*

## LA POUZZOLANE « MATERIAU ISOLANT D'ORIGINE MINERALE »

La pouzzolane est un granulat rougeâtre à brun. Son nom vient de la ville Pozzuoli, proche de Naples, où les romains l'exploitaient déjà comme adjuvant à la chaux pour augmenter son hydraulité. Plusieurs carrières sont en exploitation dans le massif central.

La pouzzolane est couramment utilisée en jardinerie, en assainissement, en adjuvant à la chaux dans les travaux routiers et dans le bâtiment pour des couches drainantes (particulièrement sous les toitures végétales).

Comme matériau isolant on l'utilise parfois en béton allégé et dans l'isolation des sols sur terre plein.

### Propriétés physiques du matériau

LA CONDUCTIVITE THERMIQUE PEUT VARIER DE 0.1 A 0.2 W/M.°C

LA DENSITE DU MATERIAU VARIE DE 650 A 1000 KG/M<sup>3</sup>

LA CAPACITE THERMIQUE DU MATERIAU VARIE DE 800 A 1000 J/KG.°C

LE COEFFICIENT DE DIFFUSION A LA VAPEUR D'EAU VARIE ENTRE 2 ET 4

### Mise en œuvre et coût du matériau

COUT ≈ € LE M<sup>2</sup>  
(SAC DE 100 LITRE)

Epaisseur Sol : RT 2005= 30 cm et BBC = 50 cm

### Références techniques (sur certains produits) :

### Avantages :

*Matériau imputrescible, non dégradé par les rongeurs.*

*La vermiculite utilisée pure est inerte et ne présente aucune émanation.*

*Incombustible EUROCLASSE A ou M0.*

*Très bonne durabilité, stabilité dimensionnelle et résistance à la compression.*

*Matière brute très hydrophile, perméable à la vapeur d'eau.*

*Facilement réutilisable sous sa forme en vrac, sinon concassage pour réemploi en remblai.*

### Inconvénients :

*Ressources non renouvelables, et limitées.*

*Mauvais bilan carbone et énergie grise moyenne.*

*La pouzzolane très capillaire voit son lambda dégradé d'environ 20% en présence d'eau.*

## **BETON CELLULAIRE « MATERIAU ISOLANT D'ORIGINE MINERALE »**

L'isolation répartie consiste à construire un bâtiment avec un matériau qui est à la fois porteur et isolant.

Le béton cellulaire est composé (64%) de sable blanc très pur, contenant 95% de silice, (15%) de chaux, (20%) de ciment, (1%) de gypse, (0.05%) de poudre aluminium).

Il s'agit d'une roche alvéolaire, légère, aux propriétés isolantes et hygro-régulantes.

De plus il apporte une bonne inertie thermique au bâtiment, le déphasage obtenu grâce à l'inertie du matériau est de plus de 13 heures pour une épaisseur de 30 cm, ce qui permet de retarder et d'amortir le flux de chaleur entrant en été et sortant en hiver.

### **Propriétés physiques du matériau**

LA CONDUCTIVITE THERMIQUE PEUT VARIER DE 0.08 A 0.29 W/M.°C  
LA DENSITE DU MATERIAU VARIE DE 350 A 825 KG/M<sup>3</sup>

LA CHALEUR SPECIFIQUE DU MATERIAU PEUT VARIER DE 800 A 1000 J/KG.°C  
LE COEFFICIENT DE DIFFUSION A LA VAPEUR D'EAU VARIE ENTRE 5 ET 10

### **Mise en œuvre et coût du matériau**

COUT ≈ 20 A 45 €  
(LE M<sup>2</sup> SELON EPAISSEUR)

Epaisseur Murs : RT 2005= 30 cm et BBC = 50 cm

### **Références techniques (sur certains produits) :**



### **Avantages :**

*Matériau imputrescible, non dégradé par les rongeurs et les insectes.*

*Le béton cellulaire est inerte et ne présente aucune émanation de Composés Organiques Volatils (COV).*

*Incombustible et ininflammable, excellent coupe feu EUROclasse A ou M0.*

*Très bonne durabilité, stabilité dimensionnelle et résistance à la compression.*

*Matière brute hydrophile, perméable à la vapeur d'eau, il peut absorber jusqu'à 5% de son poids.*

*Excellent affaiblissement acoustique de 49 Db pour 30cm d'épaisseur.*

*Facilement réutilisable en remblai, recyclable à 100%.*

### **Inconvénients :**

*Ressources naturelles non renouvelables mais abondantes.*

*Coût plus élevé que les éléments de maçonnerie traditionnels.*

## **PIERRE PONCE « MATERIAU ISOLANT D'ORIGINE MINERALE »**

L'isolation répartie consiste à construire un bâtiment avec un matériau qui est à la fois porteur et isolant.

La pierre ponce est une roche volcanique de grande porosité (85% d'air) et de faible densité. Ses nombreux pores et cellules fermées lui confèrent un pouvoir isolant élevé.

Les blocs de pierre ponce sont composés de 92% de pierre ponce et de 8% de clinker.

Cet élément est destiné à la réalisation de murs porteurs et sont montés à joints de mortier colle fabriqué sur chantier à partir de granulats de pierre ponce fournis par le fabricant de blocs.

### **Propriétés physiques du matériau**

LA CONDUCTIVITE THERMIQUE PEUT VARIER DE 0.09 A 0.12 W/M.°C

LA DENSITE DU MATERIAU VARIE DE 450 A 700 KG/M<sup>3</sup>

LA CHALEUR SPECIFIQUE DU MATERIAU VARIE DE 1000 A 1200 J/KG.°C

LE COEFFICIENT DE DIFFUSION A LA VAPEUR D'EAU VARIE ENTRE 10 ET 15

### **Mise en œuvre et coût du matériau**

COUT ≈ 40 €

(LE M<sup>2</sup>)

Epaisseur Murs : RT 2005= 30 cm et BBC = 50 cm

### **Références techniques (sur certains produits) :**



**FDES**

Fiches de Déclaration  
Environnementale et  
Sanitaire

### **Avantages :**

*Matériau imputrescible, non dégradé par les rongeurs et les insectes.*

*La pierre ponce est inerte et ne présente aucune émanation de Composés Organiques Volatils (COV).*

*Incombustible et ininflammable, excellent coupe feu EUROclasse A ou M0.*

*Très bonne durabilité, stabilité dimensionnelle et résistance à la compression.*

*Matériau de faible capillarité, perméable à la vapeur d'eau, il peut absorber jusqu'à 3% de son poids.*

*Excellent affaiblissement acoustique au delà de la réglementation 35dB.*

*Facilement réutilisable en remblai, recyclable à 100%.*

*Contribution au confort d'été excellent : inertie de 12 à 15.h*

### **Inconvénients :**

*Ressources naturelles non renouvelables mais abondantes.*

*Coût plus élevé que les éléments de maçonnerie traditionnels.*



## **TERRE CUITE « MATERIAU ISOLANT D'ORIGINE MINERALE »**

L'isolation répartie consiste à construire un bâtiment avec un matériau qui est à la fois porteur et isolant.

Depuis environ 6000 ans, l'argile est présente dans la construction, composée d'un mélange d'argile et de terre séchée au soleil : on l'appelait l'adobe.

Cependant la terre cuite est composé d'argile séchée au soleil pendant un an qui sera mélangée à de l'eau, du sable et de la sciure de bois, le mélange obtenu sera broyé, humidifié, moulé et cuit.

les produits finis, utilisés encore aujourd'hui, restent les mulots (briques pleines) pour leur fonction décorative mais aussi les blocs à alvéoles verticale multiple ou Monomurs terre cuite. Certains Monomurs voient actuellement leurs alvéoles remplies de matériau isolant, cela à pour effet d'améliorer leur performance.

### **Propriétés physiques du matériau**

LA CONDUCTIVITE THERMIQUE PEUT VARIER DE 0.12 A 0.18 W/M.°C  
LA DENSITE DU MATERIAU VARIE DE 650 A 850 KG/M<sup>3</sup>

LA CHALEUR SPECIFIQUE DU MATERIAU VARIE DE 850 A 1200 J/KG.°C  
LE COEFFICIENT DE DIFFUSION A LA VAPEUR D'EAU VARIE ENTRE 5 ET 13

### **Mise en œuvre et coût du matériau**

COÛT ≈ 50 €  
(LE M<sup>2</sup>)

Epaisseur Murs : RT 2005= 30 cm et BBC = 50 cm

### **Références techniques (sur certains produits) :**



**FDES**

Fiches de Déclaration  
Environnementale et  
Sanitaire

### **Avantages :**

*Matériau imputrescible, non dégradé par les rongeurs et les insectes.*

*La brique de terre cuite est inerte et ne présente aucune émanation de Composés Organiques Volatils (COV).*

*Incombustible et ininflammable, excellent coupe feu EUROclasse A ou MO.*

*Très bonne durabilité, stabilité dimensionnelle et résistance à la compression.*

*Excellent affaiblissement acoustique. (Bruits aériens).*

*Mise en œuvre de la maçonnerie à joints minces simple et rapide et nécessite beaucoup moins d'eau que le mortier traditionnel.*

*Matière brute hydrophile, perméable à la vapeur d'eau.*

*Facilement réutilisable en remblai, recyclable à 100%.*

*Contribue au confort d'été par un bon déphasage de 10 à 12 h.*

### **Inconvénients :**

*L'énergie nécessaire à la fabrication est relativement élevée.*

*Ressources naturelles non renouvelables mais abondantes.*

*Coût plus élevé que les éléments de maçonnerie traditionnels.*

## LA LAINE MINERALE « MATERIAU ISOLANT D'ORIGINE MINERALE »

Les laines de verre et de roche sont les isolants conventionnels les plus utilisés dans le bâtiment.

La laine de roche est obtenue à partir de la fusion de roche volcanique (basalte) de fondant et de coke industrielle. Une pâte est alors obtenue, fibrée et encollée par des liants chimique (résine phénoliques) avant d'être stabilisé par chauffage en étuve.

La laine de verre est obtenue par un procédé industriel similaire, mais à partir de la fusion de sable siliceux et /ou de verre recyclé.

### Propriétés physiques du matériau

Produit	Laine de verre	Laine de roche
Densité $\rho$ en Kg/m <sup>3</sup>	10 à 150	15 à 200
Conductivité thermique $\lambda$ en W/m.°C	0.032 à 0.042	0.034 à 0.044
Capacité thermique en Wh/m <sup>3</sup> .°C	3 à 27	6 à 34
Coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau $\mu$	6.47	12.83

### Mise en œuvre et coût du matériau

Coût en € au m <sup>2</sup> (épaisseur de 100mm)	3 à 8	5 à 10
---	-------	--------

EPAISSEUR MURS : RT 2005= 10 A 14 CM ET BBC = 17 A 23 CM  
EPAISSEUR TOITURE : RT 2005 = 17 A 23 CM ET BBC = 25 A 30 CM

### Références techniques (sur certains produits) :



**FDES**

Fiches de Déclaration  
Environnementale et  
Sanitaire

### Avantages :

*Très perméable à la vapeur d'eau  
mais non capillaire.*

*Non putrescible ne favorisant pas  
le développement de moisissures.*

*Moyen à bon affaiblissement  
acoustique en tant que ressort.*

*Non combustible MO ou M1,  
EUROCLASSE A1, A2.*

*Ressources non renouvelables  
mais abondantes.*

*Très bon pouvoir isolant.*

### Inconvénients :

*Facilement dégradable par les  
rongeurs pour les faibles densités.*

*Nécessite la présence d'un pare-  
vapeur ou frein-vapeur continu.*

*Non hygroscopique.*

*Mauvaise stabilité dans le temps :  
tassement ou décrochage pour les  
faibles densités.*

*Contribution médiocre au confort  
d'été sauf pour les hautes densités.*

*Les fibres sont irritantes pour la  
peau, les yeux, les voies  
respiratoires et peuvent  
provoquer lésions, rougeurs et  
démangeaisons.*

*Mauvais bilan carbone et énergie  
grise élevée.*

## LE POLYSTYRENE EXPANSE « MATERIAU ISOLANT D'ORIGINE SYNTHETIQUE »

Ces isolants sont produits par l'industrie du pétrole, le plus souvent à partir d'un ou de plusieurs dérivés du processus de raffinage. Issu du naphta, le polystyrène expansé est obtenu par polymérisation des billes de styrène qui en sont issues avec de l'eau et du gaz pentane.

Vu son déplorable bilan environnemental, l'utilisation du polystyrène n'est pas compatible avec une approche écologique de la construction.

Il se conditionne sous forme de billes pour l'insufflation, dans les béton et enduits Légers ou éléments de maçonnerie allégés. Le domaine d'emploi le plus fréquent est les panneaux avec une plaque de plâtre comme doublage intérieur ou comme poutrelles/hourdis.

Il existe aussi un PSE graphité de couleur grise et de  $\lambda = 0.032 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$  utilisé pour l'isolation par l'extérieur, sa mise en œuvre doit être de la sorte à le protéger des ultraviolets.

### Propriétés physiques du matériau

LA CONDUCTIVITE THERMIQUE PEUT VARIER DE 0,028 A 0,038 W/m.°C  
LA DENSITE DU MATERIAU VARIE DE 10 A 30 KG/M<sup>3</sup>

LA CHALEUR SPECIFIQUE DU MATERIAU EST DE 1450 J/KG.°C  
LE COEFFICIENT DE DIFFUSION A LA VAPEUR VARIE ENTRE 20 ET 100

### Mise en œuvre et coût du matériau

COUT  $\approx 9,30 \text{ € LE M}^2$   
(EPAISSEUR DE 100MM)

Epaisseur Mur : RT 2005= 10 cm et BBC = 16 cm  
Epaisseur Toiture : RT 2005 = 16 cm et BBC = 23 cm

### Références techniques (sur certains produits) :



**FDES**

Fiches de Déclaration  
Environnementale et  
Sanitaire

## Avantages :

*Matériau non altérable en présence d'eau.*

*Matériau peu perspirant, non hygroscopique, non capillaire.*

*Très bonne durabilité, stabilité dimensionnelle et résistance à la compression.*

*Utilisable noyé sous chape liquide ou en parties enterrés.*

*Mise en œuvre aisée et maîtrisée.*

*Très bon isolant thermique.*

## Inconvénients :

*Bilan carbone très mauvais et énergie grise élevée.*

*Dégagement de pentane (pollution de l'ozone).*

*Matière première limitée pétrole.*

*Difficilement recyclable.*

*Mauvaise performance phonique.*

*Facilement dégradable par les rongeurs.*

*Sensible au feu EUROCLASSE E, dégagement de gaz toxique en cas de coupe à chaud et risque grave en cas d'incendie.*

## LE POLYSTYRENE EXTRUDE « MATERIAU ISOLANT D'ORIGINE SYNTHETIQUE »

Ces isolants sont produits par l'industrie du pétrole, le plus souvent à partir d'un ou de plusieurs dérivés du processus de raffinage.

Issu du naphta, le polystyrène extrudé est obtenu après polymérisation du styrène par extrusion sous pression d'une pâte de fusion grâce à un gaz lourd.

Vu son déplorable bilan environnemental, l'utilisation du polystyrène n'est pas compatible avec une approche écologique de la construction.

La résistance mécanique du polystyrène extrudé destine ce matériau à des utilisations techniques comme l'isolation enterrée, sous forte charge, sous dalle ou en toiture terrasse.

### Propriétés physiques du matériau

LA CONDUCTIVITE THERMIQUE PEUT VARIER DE 0,029 A 0,035W/M.°C  
LA DENSITE DU MATERIAU VARIE DE 25 A 45 KG/M<sup>3</sup>

LA CHALEUR SPECIFIQUE DU MATERIAU VARIE DE 1300 A 1500 J/KG.°C  
LE COEFFICIENT DE DIFFUSION A LA VAPEUR D'EAU VARIE ENTRE 80 ET 200

### Mise en œuvre et coût du matériau

COÛT ≈ 10 A 20 € LE M<sup>2</sup>  
(EPAISSEUR DE 100MM)

Epaisseur Sol : RT 2005= 6,3 cm et BBC = 10 cm  
Epaisseur Toiture : RT 2005 = 15 cm et BBC = 20 cm

### Références techniques (sur certains produits) :



**FDES**

Fiches de Déclaration  
Environnementale et  
Sanitaire

## Avantages :

*Matériau non altérable en présence d'eau.*

*Matériau très peu perspirant, non hygroscopique, non capillaire.*

*Très bonne durabilité, stabilité dimensionnelle et résistance à la compression.*

*Utilisable noyé sous chape liquide ou en parties enterrés.*

## Inconvénients :

*Bilan carbone très mauvais et énergie grise élevée.  
Dégagement de pentane (pollution de l'ozone).*

*Matière première limitée pétrole.*

*Difficilement recyclable*

*Mauvaise performance phonique.*

*Dégradable par les rongeurs.*

*Sensible au feu EUROCLASSE E.*

*Dégagement de gaz toxique en cas de coupe à chaud et risques graves en cas d'incendie.*

## LES POLYURETHANES « MATERIAU ISOLANT D'ORIGINE SYNTHETIQUE »

Les mousses de polyuréthanes sont obtenues par catalyse et expansion à partir d'un mélange d'isocyanate, de polyol, et d'un gaz expanseur (CO<sub>2</sub>) avec ajout de stabilisant et d'ignifugeants.

On obtient des mousses dures à cellules fermées, peu compressibles et très bon pouvoir isolant.

Vu son déplorable bilan environnemental, l'utilisation du polyuréthane n'est pas compatible avec une approche écologique de la construction.

Le polyuréthane est souvent employé pour la réalisation des coques isolantes des ballons d'eau chaude sanitaire. On trouve également des bombes aérosols pour réaliser des calfeutrements et des flocages par machines.

### Propriétés physiques du matériau

LA CONDUCTIVITE THERMIQUE PEUT VARIER DE 0,024 A 0,03 W/M.°C

LA DENSITE DU MATERIAU VARIE DE 25 A 50 KG/M<sup>3</sup>

LA CHALEUR SPECIFIQUE DU MATERIAU VARIE DE 1300 A 1500 J/KG.°C

LE COEFFICIENT DE DIFFUSION A LA VAPEUR D'EAU VARIE ENTRE 30 ET 200

### Mise en œuvre et coût du matériau

COUT ≈ 20 € LE M<sup>2</sup>  
(EPAISSEUR DE 100MM)

Epaisseur Sol et Murs : RT 2005= 8 cm et BBC = 12 cm

Epaisseur Toiture : RT 2005 = 12 cm et BBC = 17 cm

### Références techniques (sur certains produits) :



**FDES**

Fiches de Déclaration  
Environnementale et  
Sanitaire

### Avantages :

*Matériau insensible à l'eau.*

*Matériau peu à très peu perspirant, non hygroscopique, non capillaire.*

*Utilisable noyé sous chape liquide ou en parties enterrés.*

*Permet de se passer d'une dalle de ragréage.*

*Moulage en éléments spéciaux type coque de ballon.*

### Inconvénients :

*Bilan carbone très mauvais et énergie grise très élevée.*

*Matière première limitée pétrole*

*Difficilement recyclable.*

*Mauvaise performance phonique.*

*Dégradable par les rongeurs.*

*Sensible au feu EUROCLASSE C-S3-d0 ou M2 dégagement de gaz hautement toxique en cas d'incendie.*

## **LES AEROGELS « MATERIAU ISOLANT D'ORIGINE INDUSTRIELLE »**

Mis au point en 1931 par un chimiste Américain, le procédé de fabrication à été développé par la NASA pour l'isolation des satellites. Il consiste à extraire l'eau d'un gel de silice et à la remplacer par de l'air.

Il est Composé d'air à 99.8% contenu dans de minuscules alvéoles de verre de l'ordre de 2 nanomètres qui empêche tout mouvement des molécules d'azote et d'oxygène de l'air.

Il se présente sous la forme de matelas de textile mince commercialisé en rouleau de 5 à 10mm d'épaisseur et sont idéaux pour la rénovation.

Ils peuvent se fixer verticalement par vissage sur panneau OSB, sur dalle existante, en traitement des ponts thermiques des huisseries et présentés en vrac, ils peuvent servir en remplissage de petites cavités.

### **Propriétés physiques du matériau**

LA CONDUCTIVITE THERMIQUE PEUT VARIER DE 0,011 A 0,013 W/M.°C  
LA DENSITE DU MATERIAU VARIE DE 60 A 80 KG /M<sup>3</sup>

LA CHALEUR SPECIFIQUE DU MATERIAU VARIE DE 1300 A 1500 J/KG.°C  
LE COEFFICIENT DE DIFFUSION A LA VAPEUR D'EAU VARIE ENTRE 80 ET 200

### **Mise en œuvre et coût du matériau**

COÛT ≈ 1800 € LE KG

EPAISSEUR SOL ET MURS : RT 2005 = 3,5 CM ET BBC = 6 CM  
EPAISSEUR TOITURE : RT 2005 = 6 CM ET BBC = 9 CM

### **Références techniques (sur certains produits) :**

## **Avantages :**

*Matériau imputrescible,  
imperméable à l'eau et  
perméable à la vapeur d'eau.*

*Sans effet négatif sur la santé.*

*Pas de dégagement de flamme  
ni de gaz toxique en cas  
d'incendie.*

*Bonne isolant thermique et  
acoustique.*

*Très bonne résistance à la  
compression.*

## **Inconvénients :**

*Coût élevé*

*Sensible au feu EUROclasse E  
nécessite un parement coupe  
feu.*

## INDICATION DE PRIX POUR DES TRAVAUX D'ISOLATION

Ci-dessous, des fourchettes de prix pour des travaux d'isolation (le coût des travaux dépend fortement du choix des matériaux isolants mis en œuvre ainsi que de la technique constructive employée).

- **Isolation des planchers sur terre plein ou vide sanitaire** de 10 à 50 € TTC
- **Isolations des murs intérieurs** de 50 à 80 € TTC
- **Isolations des murs extérieurs** de 80 à 200 € TTC
- **Isolations des planchers hauts ou des combles** de 5 à 50 € TTC

L'isolation par l'intérieur peut se faire derrière un parement de type plaque de plâtre ou doublage en brique de terre crue ou cuite, béton cellulaire, etc...

L'isolation par l'extérieur peut se faire derrière un bardage rapporté en bois, bakélite, gré cérame, ardoise, etc... ou simplement par enduit hydraulique épais rigidifié par une armature de type treillis de fibre de verre soudé.

L'isolation des combles peut s'effectuer manuellement par la pose de panneaux, de rouleaux ou par remplissage de caisson... mais elle peut également être effectuée par soufflage en machine, plus efficace mais plus onéreux.

## SOURCE BIBLIOGRAPHIQUE

L'ensemble de ces ouvrages et bien d'autres encore sont disponibles pour prêt à L'espace Info Energie.

- ***l'Isolation Thermique Ecologique*** aux éditions Terre vivante : Jean Pierre Oliva, Samuel Courgey
- ***Le Grand Livre de l'Isolation*** aux éditions EYROLLES : Thierry Gallauziaux, David Fedullo
- ***La Rénovation Ecologique*** aux éditions Terre Vivante de Pierre Lévy.
- ***Guide Bâtiment Basse Consommation (BBC) en Rénovation*** : éditions Effinergie
- ***Magazines Habitat Naturel*** : *Tout sur l'Isolation neuf et rénovation, Maisons Performantes neuf et rénovation, Guide du chauffage au bois, Guide de l'éco-rénovation*
- **Texte de référence de la RT 2005 et de la RT 2012 :**
  - *Décret n°2006-592 du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions.*
  - *Arrêté du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.*
  - *Arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants.*
  - *Décret n°2010-1269 du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions.*
  - *Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.*

## REMERCIEMENTS

L'ESPACE INFO ENERGIE REMERCIE LES ENTREPRISES SUIVANTES POUR L'AIDE APPOURTE A LA REALISATION DU STAND DE LA FOIRE EXPOSITION DU PUY EN VELAY

ALDES	04 73 90 48 67	20, boulevard Juliot Curie 69694 Vénissieux
AVENIR RENOVATION BRIVADOISE	04 71 74 85 38	Z.A 43100 Vieille-Brioude
BARTHOU BIO	04 71 66 40 44	Lieu dit Barthou 43620 St Pal de Mons
BATIR	04 71 77 49 88	Le Chausse 43380 Chilhac
BÂTIS BIO	04 71 56 34 94	Lieu dit Bel air 43200 Yssingaux
CPG	04 71 09 67 04	15 BD Marechal Fayol 43000 Le Puy en Velay
EFISOL	03 86 63 29 00	14 à 24 rue des agglomérés 92024 Nanterre
INOVA-TERRE	04 71 50 96 27	43100 Vieille Brioude
ISOVER	01 40 99 24 17	1, rue Gardénat Lapostol 92282 Suresnes cedex
LE COMPTOIR VERT	06 84 31 46 87	RD 103 Durianne 43700 Le Monteil
MARC DEFIX	06 30 11 46 28	Fespecle 43270 Vernassal
POINT P	04 71 05 47 76	ZI de Corsac 43700 Brives Charensac
ROCKWOOL	06 07 59 99 78	111, rue du Château des Rentiers 75013 Paris
MENUISERIE SAVEL	04 71 59 02 02	ZA lavée 43200 Yssingaux

**POUR EN SAVOIR PLUS**

**Espace INFO→ENERGIE**  
C.A.U.E. de la Haute-Loire  
16 rue Jean Solvain  
43000 LE PUY EN VELAY

Tél. 04 71 07 41 78 ou 0 800 503 893

Fax : 04 71 02 31 42

Courriel : [eie43@orange.fr](mailto:eie43@orange.fr)

Site Internet : [www.eie43.fr](http://www.eie43.fr)