

ADIL



- L A
D R O
M E -

information
énergie



Une isolation plus saine

Conseils & Fiches isolants

Octobre 2012

avec le concours du



éco
Énergies

1. Définitions.....	2
1.1. Capacité thermique	2
1.2. Chaleur spécifique	2
1.3. Diffusivité thermique	2
1.4. Perméance	2
1.5. Coefficient de résistance à la vapeur d'eau	2
1.6. Fein-vapeur ou pare-vapeur ?	2
2. La notion de confort thermique	3
2.1. Echanges thermiques	3
2.2. Température des parois.....	3
2.3. L'effusivité thermique	3
2.4. Température de l'air ou température du thermomètre ?	4
2.5. Hygrométrie de la pièce	4
3. humidité intérieure	5
3.1. Un air trop humide dans les logements.....	5
3.2. Les moisissures, causes de divers problèmes de santé	5
3.3. L'humidité augmente les émissions des produits de constructions	5
4. Construire et rénover avec cohérence.....	6
4.1. Démarche	6
4.2. Prescriptions	6
5. Performance des isolants	7
5.1. Pour l'hiver	7
5.2. Pour l'été	7
5.3. Eté, hiver : isolant et épaisseur	7
5.4. Durabilité et performances des isolants	8
5.5. Les mites et le lin.....	8
5.6. Efficacité en cas d'incendie	8
6. Préconisations	9
6.1. Murs maçonnés à isolation répartie	9
6.2. Murs maçonnés minces à isolation extérieure	9
6.3. Murs ossature bois remplis d'isolant	9
6.4. Murs bois massif	10
6.5. Rénovations : Spécificité des murs traditionnels	10
6.6. Exemple : Les enduits en ciment et le bâti ancien	11
6.7. Gestion des combles en espace tampon ou « toiture froide »	14
6.8. Toiture sur combles aménagées ou « toiture chaude »	14
Fiches techniques	15

1. Définitions

1.1 Capacité thermique

Capacité d'un matériau à emmagasiner la chaleur par rapport à son volume. Elle est définie par la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1°C la température de 1m³ de matériau. Elle dépend de trois paramètres: la conductivité thermique, la chaleur spécifique et la densité ou masse volumique du matériau.

Unité : **kJ/m³.°C**

1.2 Chaleur spécifique

C'est la capacité du matériau à emmagasiner la chaleur par rapport à son poids. Elle est définie par la quantité de chaleur à apporter à 1kg de matériau pour élever sa température de 1°C.

Unité : **J/kg.°C**

1.3 Diffusivité thermique

C'est l'aptitude d'un matériau à transmettre rapidement une variation de température. Elle croît avec la conductivité et décroît avec la capacité thermique. Plus la diffusivité est faible, plus le front de chaleur mettra du temps à traverser l'épaisseur du matériau.

Unité : **m²/h**

1.4 Perméance

La perméance est égale à la quantité de vapeur d'eau qui traverse un mètre carré en une heure avec un gradient de pression de 1 mmHg (*millimètre de mercure*). C'est le rapport du coefficient de perméabilité sur l'épaisseur du matériau : $P = \pi/e$. L'ACERMI détermine 5 catégories de perméance par ordre croissant :

E1 : $P > 2,25$ E2 : $0,045 > P > 2,25$ E3 : $0,113 > P > 0,045$ E4 : $0,113 > P > 0,0075$ E5 : $0,0075 > P$

Ce classement indique si l'isolant nécessite un frein vapeur selon l'endroit où il est placé. La perméance doit être croissante en allant de l'intérieur à l'extérieur du mur.

NB : Une zone très froide (cf. fiche isolant) est définie par une température de base inférieure à -15°C (NF p 52-312-2) ou par une altitude supérieure ou égale à 900m

Unité : **g /m².h.mm/Hg**

1.5 Coefficient de résistance à la vapeur d'eau¹

Dans le cas des fiches isolants, la règle dite « 5/1 », appelée « stratégie écologique », est appliquée. Si le coefficient de résistance à la vapeur d'eau « μ » de la paroi extérieure est cinq fois moins élevé que celui de la paroi intérieure, aucune barrière de vapeur n'est nécessaire si la paroi intérieure est parfaitement jointoyée. Il est cependant préférable d'opter pour un frein vapeur dont le μ est calculé en fonction des différents composants.

Sans unité

1.6 Frein-vapeur ou pare-vapeur ?¹

Stratégie écologique ou stratégie conventionnelle ? Voilà les deux différences fondamentales entre ces deux barrières contre la vapeur d'eau dans le bâti. Le pare-vapeur s'apparente le plus souvent à un film polyane, ce qui est totalement étanche à la vapeur d'eau. Mais cette étanchéité n'est que théorique : l'air étant un fluide, la suppression le fait confluer vers tous les défauts et toutes les discontinuités du pare-vapeur. Il en résulte une concentration de la vapeur d'eau et de la condensation dans certaines parties de la paroi : ponts thermiques, raccords entre les parois, ossatures primaires ou secondaires, passages des canalisations électriques, non-étanchéité entre les lés de pare-vapeur, etc.

Pour éviter ces désordres présents dans la majorité des bâtiments bien isolés faute d'une mise en œuvre correcte, il est préférable d'opter pour un frein-vapeur. Le frein-vapeur n'est pas totalement étanche à la vapeur d'eau et possède un coefficient de résistance à la vapeur d'eau calculé en fonction des différents composants de la paroi. Dans ce cas là il convient impérativement de choisir un isolant ou un système constructif moins sensible à la présence de vapeur d'eau.

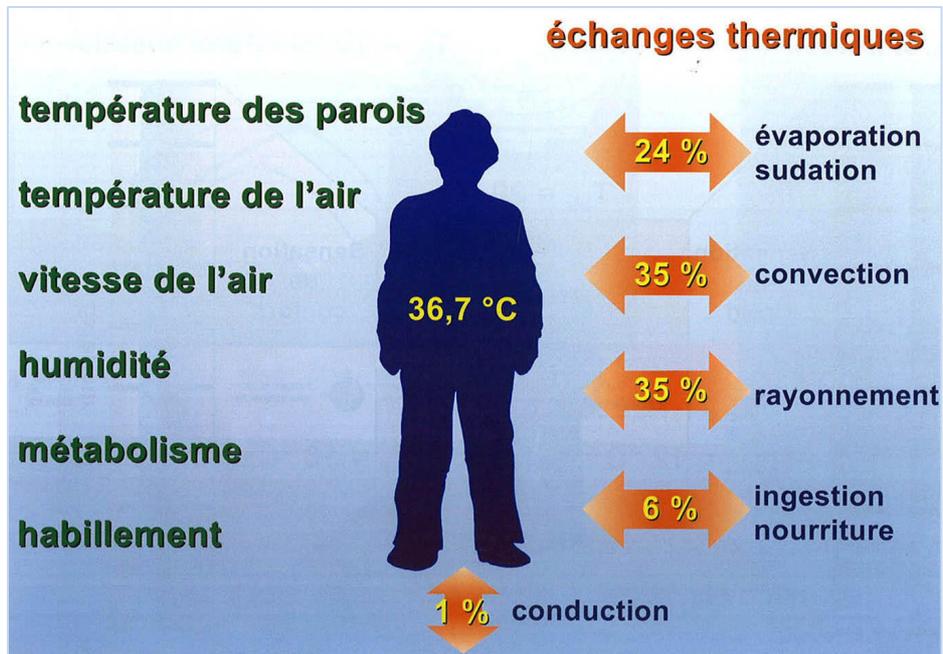
Une des familles de matériaux les plus sensibles à une mise en œuvre irréprochable est celle des laines minérales (baisse de la résistance thermique, etc.)

¹ Source : « L'isolation écologique ». Jean-Pierre Oliva, édition Terre Vivante

2. La notion de confort thermique

2.1 Echanges thermiques

Le confort thermique d'une habitation ne se résume pas simplement à la température lue sur le thermomètre ou le thermostat d'ambiance. Il est la résultante de facteurs mesurables ou non, et en particulier la sensibilité de chaque personne.



Source: "Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique", A. Liébard et A. De Herde, éd. Observ'ER

Compte-tenu la variété de facteurs, la notion de confort dépendra essentiellement de l'utilisation des locaux (logement, bureaux, ...) dans lesquels l'être humaine se trouve.

2.2 Température des parois

La température de surface d'une paroi influe sur le corps humain par rayonnement, à l'instar du rayonnement solaire. Cependant, un rayonnement peut être aussi bien froid que chaud. On parlera ici de l'effet de paroi froide. Cette sensation se produit essentiellement lorsque l'on se trouve à proximité d'un vitrage. Cette sensation est d'autant plus prononcée que la paroi est à la même température que l'extérieur, en hiver. Cet effet se ressent plus qu'il ne se mesure, et c'est un des facteurs qui fausse la lecture d'un thermomètre par rapport à son ressenti physiologique. Pour se protéger de l'effet de paroi froide, il existe diverses solutions dont la plus simple est de se tenir à distance de la paroi en question. Le mode d'échange de calories par rayonnement n'est effectif que sur les deux premiers mètres. Si la paroi n'a pas de complexe isolant, quelle est donc soumise à une importante variation de température pendant l'hiver, le simple fait de disposer un objet (canapé, meuble, etc.) devant cette paroi, permet de réduire voire couper complètement cette sensation de froid. Le choix des matériaux de finition peut aussi jouer un rôle prépondérant. Dans ce cas là on parlera d'effusivité thermique des matériaux ou "chaleur" des matériaux. C'est une chaleur totalement subjective.

2.3 L'effusivité thermique

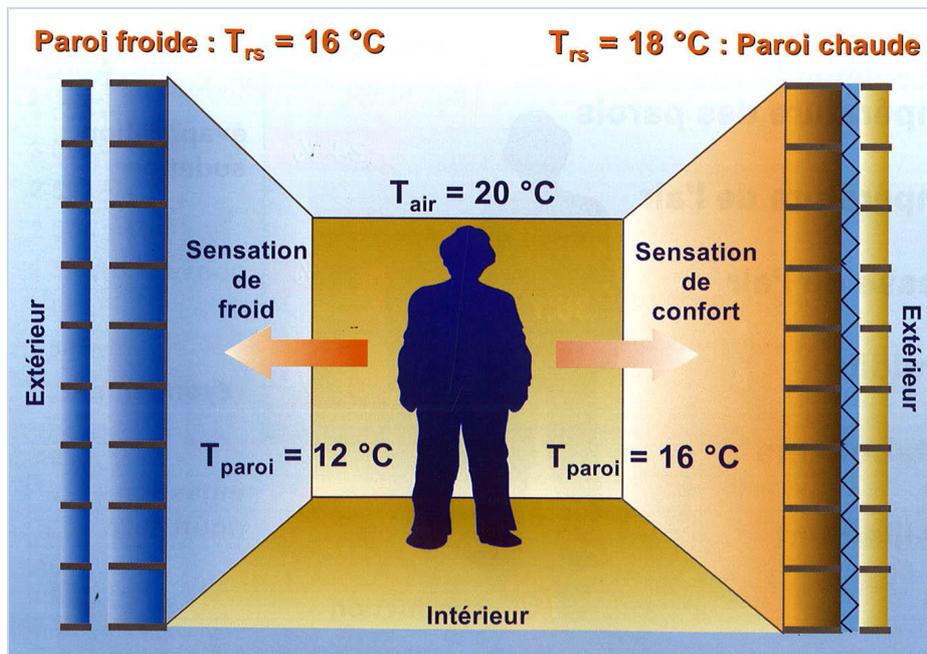
C'est la rapidité avec laquelle la température de surface d'un matériau se réchauffe. Cette valeur (E_f) s'exprime en $\text{kJ/m}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}$ (S = Capacité thermique). Les matériaux dits "chauds" ont une effusivité comprise entre 0 et 0.7. Le bois (épicéa, sapin, ...) a une effusivité moyenne entre 0.5 et 0.6. Lorsque la paroi possède une grande surface vitrée la pose de rideaux épais s'avère très efficace, comme complément des volets extérieurs, contre le rayonnement froid.

2.4 Température de l'air ou température du thermomètre

La température de l'air est souvent différente de la température ressentie. La température ressentie résulte de la température de l'air additionnée à la température des parois, divisée par deux. Si les parois sont plus froides que l'air, la température ressentie sera donc plus basse que celle affichée au thermomètre. Inversement, une paroi plus chaude augmentera la sensation de confort et permettra ainsi à l'utilisateur d'abaisser la température d'air de consigne, dans le cas d'un chauffage central par exemple. Des études ont cependant permis de déterminer des températures (ressenties) de confort malgré la très faible capacité du corps humain à se réguler naturellement, sans artifices. Pour une humidité relative comprise entre 40 et 70%:

- . Activité debout : 19°C
- . Activité physique: 16°C
- . Activité assise: 21°C
- . Sommeil, repos: 25°C

Attention, une température de 25°C pour le sommeil ne tient évidemment pas compte de l'habillement (draps et couette). Dans ce cas présent, la température de l'air peut tout à fait être de 16°C avec une bonne literie.



Source: "Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique", A. Liébard, A. De Herde, éd. Observ'ER

2.5 Hygrométrie de la pièce

L'humidité relative ou teneur en vapeur d'eau de l'air, favorise ou non les échanges thermiques entre l'air et le corps. La conductivité thermique, qui exprime la propriété des corps à transmettre la chaleur, se comporte comme la conductivité électrique dans un milieu humide, ce qui induit des échanges thermiques entre les corps d'autant plus élevés que l'air contient de la vapeur d'eau. Cela se traduit généralement par une sensation de froid et de "lourdeur" de l'air ambiant. En extérieur en plein soleil, une hygrométrie très basse ($< 30\%$) permet, pour certaines personnes, d'avoir une sensation de confort avec une température de l'air d'à peine 10°C . A l'inverse, à l'intérieur ou à l'extérieur sans soleil, une hygrométrie très élevée ($> 80\%$), peut occasionner une sensation d'inconfort avec une température d'air de 19°C . Le taux d'humidité relative doit toujours être compris entre 40 et 60%. Cette plage hygrométrique se retrouve sur tous les hygromètres électronique et mécanique, que l'on trouve dans le commerce. En-deçà de 40% d'humidité relative, le manque de vapeur d'eau contenu dans l'air se traduit par un dessèchement des muqueuses des voies respiratoires. Au-delà de 60% d'humidité relative, les échanges thermiques entre le corps et l'air ambiant s'accroissent, la transpiration corporelle et de plus en plus contrarié, ce qui diminue fortement la sensation de confort en se traduisant par une sensation de froid. L'excès d'évaporation de sueur rabaisse d'autant plus la température corporelle. C'est un phénomène fréquent dans des bâtiments mal aérés, lors de rassemblement de personnes. La régulation peut donc se faire par une ventilation mécanique comme c'est le cas dans toutes les nouvelles constructions, mais aussi de manière naturelle dans le cas d'une maison ou d'un appartement. Le simple fait d'ouvrir les fenêtres pendant 10min permet de renouveler l'air pendant quelques heures et de maintenir un certain confort, quand il y a des personnes présentes dans la pièce.

3. Humidité intérieure

3.1 Air trop humide dans les logements

L'humidité dans l'habitat a des origines diverses. Elle peut provenir de l'extérieur, c'est-à-dire du sol environnant, de l'air et du ruissellement des eaux. Les sources fréquentes de son augmentation dans les bâtiments résidentiels sont l'occupation humaine, en raison de la vapeur d'eau produite par la respiration et la transpiration, les activités domestiques et l'insuffisance de renouvellement d'air. Dans l'habitat, une humidité trop élevée favorise le développement des acariens, mais aussi d'autres bio-contaminants (bactéries, moisissures, virus, blattes). Elle augmente ainsi le risque de survenue de diverses affections respiratoires. Aujourd'hui, la fréquence des maladies allergiques et leur gravité posent un problème de santé publique. En deux décennies, le nombre d'asthmatiques a doublé et la mortalité due à l'asthme s'est accrue chez les 15-35 ans. Près de 20% de la population montre une hypersensibilité allergique. La campagne nationale de mesures réalisée en France de 2003 à 2006 par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur met l'accent sur le fait que l'humidité relative varie de 25,5% à 72,8% dans les pièces de sommeil et que 50% des logements ont, dans les matelas, des teneurs d'allergènes d'acariens supérieurs au seuil de sensibilisation (2µg par grammes de poussières). Comme le recommande l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA), maintenir une hygrométrie inférieure à 45% dans les chambres diminue la prolifération des acariens. Une baisse du taux d'humidité de 5% divise leur nombre par six. L'incidence de ce type d'allergie est plus grande dans les chambres exposées au nord et peu ensoleillées.

3.2 Les moisissures, causes de divers problèmes de santé

La contamination aérienne par les spores fongiques provoque des problèmes de santé de plus en plus inquiétants. Plusieurs composants interviennent, en particulier des protéines allergisantes. Le premier cas d'allergies respiratoire aux moisissures a été décrit au XVII^e siècle. Actuellement, la fréquence des maladies allergiques et infectieuses des voies respiratoires est multipliée par deux ou trois lors d'exposition à l'humidité et aux moisissures. L'inhalation de spores fongiques entraîne des pathologies très diverses: rhinite, bronchite, allergique, asthme, alvéolite allergique. Les moisissures contiennent aussi dans leur paroi des glucans, puissants agents inflammatoires qui sont à l'origine d'irritations des yeux, du nez, de la gorge, associées à la fatigue et à des maux de tête. Elles produisent enfin des mycotoxines aux possibles effets dermatotoxiques, immunotoxiques, ou cancérigènes. Leur inhalation peut provoquer des maladies très graves. Les trichothécènes produits par *Stachybotrys chartarum* (type de moisissure) ont été suspectées d'hémorragies pulmonaires mortelles chez de très jeunes enfants. Cette moisissure se développe particulièrement dans les bâtiments après des dégâts des eaux.

3.3 L'humidité augmente les émissions des produits de construction

La dégradation des matériaux par l'humidité génère des émissions qui peuvent durer très longtemps et affecter de manière importante la qualité de l'air intérieur. Une hygrométrie excessive augmente le dégazage de formaldéhydes des panneaux de bois collés et la dégradation des revêtements de sol PVC. Ces derniers libèrent alors dans les poussières des phtalates allergisantes, substances semi-volatiles auxquelles les enfants qui jouent par terre peuvent être exposés soit par contact cutané plus ou moins prolongé, soit par inhalation ou l'ingestion des poussières.

4. Construire et rénover avec cohérence

4.1 Démarche

Une démarche bioclimatique, c'est concevoir une architecture et une enveloppe en connivence avec son environnement géographique et climatique proche, et non par rapport à un modèle d'architecture standardisé qui ne répond qu'à la première nécessité de loger.

Ce guide traite des matériaux isolants, en tentant de donner le maximum d'informations sur les aspects techniques et environnementaux, afin d'apprécier au mieux l'élément « matériau » dans une démarche globale (Environnementale, sociale, économique). Même si on choisit un matériau qui minimise son impact environnemental et sanitaire, on ne peut considérer globalement sa démarche sans prendre en compte au préalable le lieu et la forme architecturale. Ses derniers sont d'autant plus contraignants dans le cas d'une rénovation, car ils vont avoir un impact très fort sur les trois autres axes de réflexion.

La problématique du lieu ne se résume pas simplement à l'orientation géographique de l'habitation. Elle prend en compte toutes les données météorologiques (ensoleillement, intempéries, températures, ...), géotechniques, urbanistique, etc. Dans le cas d'une rénovation elle doit aussi et surtout comprendre le fonctionnement de l'habitation existante, suivant que l'on se trouve à 1400 mètres d'altitude dans les Alpes, en Drôme provençale, ou dans un immeuble Haussmannien dans Paris.

4.2 Prescriptions

La France possède une surface de patrimoine bâti classé très importante. Réfléchir globalement c'est donné la possibilité aux propriétaires de ce patrimoine d'optimiser la facture énergétique de leur habitat, sans le modifier significativement du point de vue architecturale. Lorsque l'architecture d'un bâtiment interdit toutes interventions par l'extérieur, que la surface habitable est relativement modeste ou que la décoration intérieure ne peut être modifiée, il peut parfois être très difficile d'utiliser des matériaux isolants conventionnels ou alternatifs. L'épaisseur nécessaire pour garantir une performance minimum peu parfois réduire de façon conséquente les pièces de très petites surface (moins de 10m²), ou nécessiter d'important travaux de remise en état à l'identique.

Pour pallier à des problèmes de place le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) travail sur l'élaboration de matériaux isolants très fins, contenant une part de vide. Dans un espace sous vide la transmission de calories par convection et par conduction ne se fait plus. Seule le mode de transmission par rayonnement n'est effectif qu'en faible proportion, sachant qu'une simple paroi opaque permet de limiter de manière conséquente cet effet.

Ces nouveaux matériaux permettraient d'atteindre des caractéristiques thermiques intrinsèques bien supérieures aux meilleurs matériaux isolants du marché actuel, à épaisseurs équivalentes. Malgré des performances thermiques annoncées très intéressantes, ces nouveaux matériaux sont sujets à polémiques d'un point de vue environnemental. Ces matériaux sont issus de matières premières non renouvelables (pétrochimie essentiellement), ce qui pose problème concernant la disponibilité des sources, ainsi que de l'impact environnemental de la fabrication du matériau isolant.

il est donc indispensable de savoir juger de la pertinence de tel ou tel matériau isolant dans une rénovation ou une construction neuve. Ce n'est pas le matériau qui doit conditionner la qualité du travail, mais bien les compétences du prescripteur et la qualité de sa prescription.

5. Performances des isolants

5.1 Pour l'hiver

C'est la conductivité thermique de l'isolant qui va être déterminante. Plus la conductivité est faible, plus l'isolant est performant. C'est en jouant sur l'épaisseur que l'on déterminera la résistance thermique (R) de la paroi.

5.2 Pour l'été

Il faut choisir un matériau capable de créer un grand déphasage afin de limiter les surchauffes dans l'habitat. Le déphasage est le temps que va mettre la chaleur pour pénétrer à l'intérieur de l'habitat via les parois. Pour cela il faut choisir un isolant avec une forte capacité thermique. Dans les régions chaudes un complexe mur ou toiture ayant un déphasage d'environ 12h, suffit à tempérer l'intérieur du logement sans avoir recours à la climatisation. Avec un tel déphasage la chaleur n'arrive qu'en fin de journée dans l'habitat ce qui permet de refroidir plus rapidement les pièces pendant la nuit avec les fenêtres ouvertes.

5.3 Eté, hiver : isolants et épaisseur

isolants	Densité moyenne kg/m ³	Conductivité thermique moyenne en W/m.°C	Capacité thermique moyenne en Wh/m ³ .°C	Epaisseur hiver en cm (R = 7m ² /K.W)	Epaisseur été en cm ¹ (D = 12h)
Laine de bois	160	0,050	90	35	20
Laine de bois	55	0,040	31	28	31
Laine de bois	40	0,040	23	28	36
Ouate de cellulose (insufflée)	60	0,038	31	27	30
Ouate de cellulose (panneaux)	85	0,040	44	28	26
Paille de lavande broyée	110	0,055	50	39	29
Enduits "isolants"	800	0,150	3200	105	6
Paille compressé	379	0,102	148	71	23
Roseaux compressé	255	0,056	100	39	21
Chênevotte	90	0,055	48	39	29
Bloc de chanvre	300	0,075	1500	53	6
Liège expansé (vrac)	60	0,045	31	32	33
Perlite	80	0,050	22	35	41
Vermiculite	100	0,075	96	53	24
Polyuréthane rigide	30	0,030	12	21	43
Coton	20	0,040	6	28	71
Laine de mouton	10	0,035	5	25	73
Laines de verre	15	0,038	5	27	76
Laines de roche	40	0,040	34	28	30
Polystyrène	7	0,035	3	25	94
Fibres polyester	15	0,045	2	32	130
matériaux porteurs					
Brique alvéolaire monomur	750	0,125	210	88	21
Bois lourd (chêne, mélèze)	600	0,210	315	147	22
Bois léger (résineux, feuillus)	300	0,120	158	84	24
Béton cellulaire monomur	400	0,090	96	63	27
Paille	80	0,070	31	49	41
Bloc de ciment standard	850	0,900	238	630	53

¹ Calcul déphasage : « Logements à faibles besoins en énergie », p38, Olivier Silder

L'épaisseur d'isolant en hiver est donnée pour une résistance thermique équivalente de 7 m².K/W, et l'épaisseur en été est donnée pour un déphasage de 12 heures.

5.4 Durabilité des performances des isolants

Nul besoin d'une longue expérience dans le domaine de la réhabilitation pour deviner le mauvais état de la plupart des laines minérales de base, de faibles densités (<30kg/m³), au bout de quelques années. Les tassements des couches horizontales mais surtout l'affaissement des parties verticales, laissent deviner l'efficacité dans le temps de ces matériaux. La qualité thermique des parois doit également se soucier de durabilité des performances des systèmes de mises en œuvres. Cependant il reste très complexe de s'engager sur la durabilité des performances une fois ceux-ci mis en œuvre dans les conditions réelles de chantier, et soumis aux aléas de l'utilisation des lieux. Sur ce point de la durabilité des performances des matériaux, l'expérience et la compétence des professionnels alliées au bon sens seront les principaux atouts qui permettront de réaliser les bons choix.

Multiplier par deux les coûts du poste « isolation » à tous les niveaux du bâtiment, en utilisant des produits de qualité, en quantité suffisante et correctement mis en œuvre, occasionne un surcoût d'investissement d'environ 2 à 3% dans l'acquisition d'une maison individuelle. Cette somme est très vite amortie sur les factures de chauffages et rafraîchissement, à plus ou moins court terme.

S'assurer que certains matériaux garderont leurs performances longtemps après leur mise en œuvre est souvent une question de bon sens. Mais, sauf à être un maître d'ouvrage insistant sur le sujet ou avoir la chance de travailler avec des professionnels sensibilisés, ce point est trop rarement abordé dans les projets de construction ou de réhabilitation.

5.5 Les mites et le lin

En 2003, certaines personnes se sont plaintes de voir leurs maisons envahies après avoir posé une isolation en lin. Selon le Dr Ruediger Plarre, entomologiste du service fédéral allemand de recherche sur les matériaux, « *les mites ne se développent pas naturellement dans les fibres végétales. Elles sont en effet friandes soit de kératine, matière organique d'origine animale ou humaine, soit de moisissures.* » Ce scientifique en conclut donc que la prolifération de mites dans un isolant en lin s'explique soit par la présence de fibres animales, non traitées contre les mites, mélangées à celles de lin, soit par la présence de champignons (moisissures) à l'intérieur de l'isolant, générée par une humidité causée par un défaut de pose, par un non-respect des recommandations du fabricant quant au stockage préalable. [...]

5.6 Efficacité en cas d'incendie

En France, c'est le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) qui est en charge de réaliser tous les tests officiels (DTU, Avis Techniques, etc.). Ces tests établissent un classement des matériaux en fonction de leur combustibilité. Les isolants minéraux sont incombustibles et les isolants d'origines renouvelables plus ou moins combustibles. Le défaut de DTU et/ou Avis Techniques freinent encore aujourd'hui, l'utilisation de certains isolants d'origines renouvelables, quant aux garanties (dommage-ouvrage, décennale, ...) qu'ils apportent en cas d'incendie.

Une étude menée par le fabricant suisse Pavatex®, a cependant mis en évidence l'efficacité des isolants végétaux haute-densité en cas d'incendie. Ce test in-situ montre que la structure porteuse du bâti reste intacte beaucoup plus longtemps, sans s'échauffer notablement, lorsque celle-ci est protégée par un isolant qui a une grande capacité thermique et une grande diffusivité thermique. L'isolant se consume très lentement, laissant le temps aux occupants de quitter le bâtiment dans un laps de temps de 50min (réglementaire). L'isolant minéral ne se consume pas, mais laisse passer plus rapidement la chaleur, ce qui endommage la structure en moins de 50min.

A l'heure où nos proches voisins ont presque 20 ans d'avance sur nous en termes de conception du bâti, les grands acteurs du bâtiment français s'entêtent avec leurs normes et leur conception du bâti franco-française, sans vouloir s'ouvrir à l'Europe.

6. Préconisations

 : RESSOURCES NON RENOUVELABLES

6.1 Murs maçonnés à isolation répartie

- Compromis souvent satisfaisant entre isolation et inertie apportant, principalement pour la saison chaude, un confort remarqué.
- Bonne gestion de l'humidité permettant de régler entre autres les problèmes dus à la condensation à l'intérieur des murs.
- Durabilité des matériaux exceptionnelle accompagnée d'une très bonne tenue de leurs performances (thermiques, mécaniques et acoustiques) dans le temps.
- Bilans environnementaux variables selon les techniques.

Matériaux

Briques alvéolaires types monomur 
Béton cellulaire (ciment 30%) 
Béton léger + billes d'argiles expansées (ciment 20%) 
Béton léger + pierre ponce (ciment 8% et faible disponibilité de pierre ponce) 

6.2 Murs maçonnés minces à isolation extérieure

- Bon niveau d'isolation avec suppression des principaux ponts thermiques.
- Création d'un volant thermique interne important (inertie bénéfique aussi bien pour le confort d'hiver que d'été).
- Amélioration esthétique aisée des façades.
- Avantage d'une intervention qui peut s'effectuer sans déménagement des habitants et qui ne prend pas de surface sur l'espace habité.
- Bilan environnemental de moyen à très bon selon le type de matériaux utilisés et l'efficacité effective de l'isolation

Matériaux

Laine de bois en panneaux semi-rigide ($d > 45\text{kg/m}^3$)
Chanvribloc
Ouate de cellulose en panneaux
Liège en panneaux
Laine minérale en panneaux rigides ($d > 30\text{kg/m}^3$) 

6.3 Murs ossature bois remplit d'isolant

- Résistance thermique pour la saison froide de moyenne à excellente
- Inertie très faible à moyenne en fonction de la présence d'éléments lourds à l'intérieur du bâtiment (cloisons maçonnées, planchers bois/béton, doublage terre crue, etc.)
- Contribution au confort d'été de mauvaise à moyenne en fonction des éléments inertiels intérieurs et de la capacité thermique des isolants.
- Qualité de gestion de l'hygrothermie et des transferts de vapeur d'eau de mauvaise à bonne selon qu'on utilise des isolants conventionnels dans les parois non respirantes ou un ensemble de composants capables de gérer les transferts de vapeur d'eau.
- Bilan environnemental de mauvais à excellent selon les performances réelles de la paroi, leur durabilité, le type et l'origine des bois et des matériaux associés.

Bois feutré en panneaux semi-rigides
 Chanvribloc
 Paille de lavande en vrac
 Ouate de cellulose en vrac (insufflée ou projetée) ou en panneaux
 Paille de lavande en vrac ou en bloc
 Liège en vrac ou en panneaux
 Chênevotte en vrac stabilisée
 Laine de chanvre en panneaux ou en vrac
 Botte de paille
 Laine minérale en vrac ou en panneaux semi-rigides ($d > 40\text{kg}/\text{m}^3$) 

6.4 Murs bois massif

- Résistance thermique de mauvaise (problème d'étanchéité à l'air) à excellente (bois massif doublé d'un isolant de qualité).
- Inertie très variable selon l'épaisseur des murs et selon l'utilisation du seul bois massif, du bois massif doublé à l'extérieur d'un isolant à capacité thermique moyenne.
- Qualité de gestion de l'hygrométrie et des transferts de vapeur d'eau variable selon qu'on utilise des isolants conventionnels dans des parois non respirantes ou que l'on n'utilise que du bois ou du bois doublé d'isolants gérant les transferts de vapeur d'eau.
- Bilan environnemental de moyen à excellent principalement selon la performance réelle de la paroi mais aussi, dans le cas d'un doublage isolant, du type de matériau choisi.

Bois brut : épaisseur minimum = 40 cm

Bois feutré en panneaux semi-rigides ($d > 50\text{kg}/\text{m}^3$)
 Chanvribloc
 Ouate de cellulose en panneaux
 Liège en panneaux
 Laine minérale en panneaux rigides ($d > 40\text{kg}/\text{m}^3$) 

6.5 Rénovation. Spécifiés des murs traditionnels

Les constructions en bétons, parpaings et briques plaines à joints en ciments ne sont pas considérées comme traditionnelles. On parlera là de murs conventionnels.

Quelle que soit la technique traditionnelle devant laquelle on se trouve, la compréhension préalable du fonctionnement global de l'ensemble du bâti est indispensable avant tout projet d'aménagement et d'amélioration thermique. Excepté certaines parois à base de bois, les murs traditionnels sont constitués de matériaux massifs, épais. Ce patrimoine est généralement caractérisé par :

- une grande inertie qui lui permet d'assurer un très bon confort d'été mais qui génère des performances de moyennes à mauvaises pour l'hiver ;
- une grande capillarité qui permet aux murs de réguler les transferts de vapeur d'eau dans leur masse.

Quel que soit le type de solution d'isolation choisi (extérieur, intérieur ou enduit épais), il faudra choisir dans tous les cas un isolant et un frein-vapeur adapté (cf. Définition « Frein-vapeur ou pare-vapeur ? »)

Matériaux

Extérieur

Bois feutré en panneaux semi-rigide ($d > 45\text{kg/m}^3$)
Chanvribloc
Paille de lavande
Ouate de cellulose en panneaux
Liège en panneaux
. Complément d'isolation : Enduit + fibres végétales ($e > 20\text{mm}$)

Intérieur

Bois feutré en panneaux semi-rigide
Chanvribloc
Ouate de cellulose en panneaux ou vrac (insufflée ou projetée)
Paille de lavande en vrac ou en bloc
Liège en panneaux ou en vrac
Chênevotte en vrac stabilisée
Laine minérale en panneaux rigides ($d > 30\text{kg/m}^3$) 🌍
. Complément d'isolation : Enduit + fibres végétales ($e > 20\text{mm}$)

Tous les types d'enduits synthétiques ou à base de ciments sont à éviter dans tous les cas. Ces derniers sont totalement étanches à l'humidité. Compte tenu de la grande capillarité des murs traditionnels, de tels enduits constituent une barrière à la régulation naturelle de cette humidité et provoquent systématiquement des dégâts au niveau des murs. Il est donc impératif de bien tenir compte de la qualité hygrothermique d'un mur avant tous travaux (cf. « Définition »)

6.6 Exemple : Les enduits en ciment et le bâti ancien



Comme pour le sol les enduits de façade à base de ciment sont incompatibles avec le bâti ancien. Cette maison construite en pierre en 1935 est restée nue jusqu'en 1970, date à laquelle les anciens propriétaires décident de faire appel à une entreprise de maçonnerie pour réaliser l'enduit. Trente six ans plus tard, une saignée d'urgence pour assécher le bas des murs est faite, avant de procéder au retrait complet de l'enduit dans les semaines à venir.

Cet enduit a été réalisé en 3 couches : ciment pur pour l'accroche, mélange ciment-chaux pour le corps de l'enduit et chaux seule pour la finition. Cette couche d'imperméabilisation que les propriétaires voulaient décorative a créé des troubles hygrométriques dès les premiers mois qui ont suivis sa mise en œuvre. La maison jusque là saine et sèche a commencé à devenir humide, les papiers peints qui se décollent, les plâtres qui cloquent... car la vapeur d'eau produite par les occupants de l'habitation et leurs activités (cuisine, lavage...) ainsi que l'évaporation naturelle provenant du sol (parquet sur lambourdes posé sur terre-plein) ne pouvait plus être véhiculée vers l'extérieur par les murs étanches et saturés.

Pour se préserver de cette humidité, la solution retenue peu après a été l'habillage des parois intérieures de plaques de fibro-ciment amiantée.

Au bout de 3 décennies de parois étanches le bilan est le suivant :



Les plinthes, parquets et les lambourdes sont endommagés de 20 à 80%.



L'humidité a favorisé le développement de champignons et la détérioration des dormants des ouvertures.



Les enduits à la chaux et la finition au plâtre à l'intérieur sont irrémédiablement perdus sur 60-70% de la surface.



Le mortier de chaux qui lie les pierres entre elles est très fragilisé à l'extérieur comme à l'intérieur. Au toucher il se transforme en poudre, la chaux n'ayant plus de propriété mécanique.



Les enduits intérieurs seront refaits à la chaux avec une finition plâtre pour certains. A l'extérieur les pierres de taille étant posées en saillie permettent la pose d'un enduit isolant (végétal ou minéral). Toutes les boiseries (portes, fenêtres, parquets) seront remplacées.

6.7 Gestion des combles en espaces tampon ou « toiture froide »

- Performances thermiques améliorées pour le confort d'été si le grenier est aéré.
- Performances pour le confort d'été et d'hiver de bonnes à excellentes en fonction de la conductivité thermique et de la capacité thermique des isolants, mais aussi de leur épaisseur et de leur éventuelle continuité avec l'isolation des murs.
- Facilité de mise en œuvre de l'isolation
- Qualité de gestion de l'hygrométrie et des transferts de vapeur d'eau de mauvaise à bonne selon la qualité de l'isolant
- Durabilité supérieure de la charpente et de la toiture en plus de la possibilité offerte de vérifier facilement leur état.
- Bilan écologique de bon à excellent en fonction de la performance de l'isolation, du choix de l'isolant, et de la durabilité de ses performances.

Matériaux

Bois feutré en panneaux ou en rouleaux
Ouate de cellulose en vrac ou en panneaux
Paille de lavande en vrac
Liège en vrac
Chênevotte en vrac stabilisée
Laine de chanvre en rouleaux, en panneaux ou en vrac
Laine de mouton en rouleaux ou en vrac
Plume en rouleaux
Laine de lin en rouleaux
Laine de coton en rouleaux
Laine minérale en vrac. en rouleaux ou en panneaux ($d > 45\text{kg/m}^3$) 

6.8 Toitures sur combles aménagés ou « toiture chaude »

- Résistance thermique de moyenne à excellente
- Contribution de mauvaise à bonne
- Qualité de gestion de l'hygrométrie et des transferts de vapeur d'eau de mauvaise à bonne selon la qualité de l'isolant
- Durabilité des performances de mauvaise à bonne en fonction du type de remplissage et de la qualité de mise en œuvre
- Bilan écologique de bon à excellent en fonction de la performance de l'isolation, du choix de l'isolant, et de la durabilité de ses performances.

Matériaux

Climat chaud

Bois feutré en panneaux semi-rigide ($d > 45\text{kg/m}^3$)
Ouate de cellulose en vrac ou en panneaux
Paille de lavande en vrac
Chênevotte en vrac stabilisée

. pare-pluie

Bois feutré en panneaux haute densité

Climat froid

Laine de chanvre en rouleaux, en panneaux ou en vrac
Laine de mouton en rouleaux ou en vrac
Plume en rouleaux
Laine de lin en rouleaux
Laine de coton en rouleaux
Laine minérale en vrac, en rouleaux ou en panneaux ($d > 45\text{kg/m}^3$) 

FICHES TECHNIQUES

Botte de paille

Descriptif: L'utilisation des bottes de paille pour construire des habitats remonte à l'invention de la botteleuse agricole au XIX^e siècle, et est attestée par de nombreuses constructions datant de cette époque aux Etats-Unis, pays où elles se comptent par milliers, certaines étant très luxueuses. En France, la plus ancienne, encore en parfait état, remonte à 1921, mais ce procédé ne se développe véritablement dans notre pays que depuis la fin des années 80 : on compte aujourd'hui une centaine d'habitats individuels de ce type, réalisés en autoconstruction.

La technique du mur à ossature bois et bottes de paille, la plus couramment utilisée, consiste à bloquer les bottes de pailles entre les montants d'ossature, et à les stabiliser horizontalement par des tasseaux cloués sur les montants qui évitent tout tassement.

Le mur est enduit sur ses deux faces, sans aucuns grillages, généralement de plâtre, de chaux-sable ou d'argile-sable à l'intérieur, et de chaux-sable à l'extérieur.

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	. Bottes de paille agricole
Mise en œuvre	. ossature bois
Vie en œuvre	. Résistance thermique . Hygrothermique
Fin de vie	. Déchet inerte, recyclable, compostage
Ecobilan	+ + + +

Hygrométrie et perspiration

La capacité de respiration des parois et la qualité de régulation hygrothermique dépendent de la nature des liants et des enduits employés, les meilleurs étant, dans l'ordre croissant : l'argile, la chaux, la magnésie et le ciment. La terre en pisé bénéficie d'un μ très faible. Il est préférable d'opter pour un enduit à la chaux. Les enduits ciment sont à éviter car ils empêchent de la respiration des parois. Pour éviter toutes condensations intérieures il faut opter pour un parement ou enduit ayant un μ de 10 minimum. Dans tous les cas, un enduit ou un parement est obligatoires contre la propagation du feu.

Avantages:

- . Impact environnemental
- . Renouvelabilité
- . Meilleur coefficient de conductivité thermique connue : $\lambda = 0.056 \text{ W/m}^\circ\text{C}$
- . Tests et expérimentations en cours
- . Facilité de mise en œuvre
- . Coût de la matière première sans équivalent
- . Très bon régulateur hygrothermique (sans enduit perméable)
- . Les enduits minéraux respirants, protègent efficacement contre le feu.
- . Le compactage de la paille empêche la propagation du feu et l'inflammation de l'ossature
- . Pas de dégagements toxiques en œuvre
- . Recyclage, compostage
- . Matériau disponible en très grande quantité

Inconvénients:

- . Mise en œuvre en France manquant de reconnaissance officielle
- . Nécessité d'un enduit ou bardage de protection contre le feu
- . Trame de construction imposée par les dimensions de la botte de paille

Caractéristique technique:

(Certifiés CEBTP)

- . Densité: 100 kg/m^3 *
 - . Conductivité thermique : $0.056 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ *
 - . Capacité thermique : $S = 106 \text{ kJ/m}^3^\circ\text{C}$
 - . Classement au feu: pas d'info
 - . Coefficient de résistance à la vapeur d'eau : $\mu = 1$ (sans enduit)
- Analyse de Cycle de Vie * :
- . Energie primaire (non-renouvelable) 24 kWh/m^3
 - . Effet de serre: $-96 \text{ kg} \text{ eq. CO}_2 / \text{m}^3$

* source: IBO, la maison écologique n°49

Application:

- . Gros œuvre : chantiers neufs, extension, surélévation

Coût moyen constaté HT:

- . Coûts liées au type de structure porteuse employée.

Commentaire :

La paille propre possède un faible pouvoir allergisant et contient très peu de spores ou champignons. Ce n'est qu'avec de la paille moisie que peuvent apparaître des problèmes pour les asthmatiques. Mais, une fois enduite, la paille perd tout pouvoir allergisant.

Il n'y a en principe aucun problème avec des rongeurs, mais c'est un préjugé très répandu. La matière première de paille, la cellulose, n'est digérée que par les termites (et il a été aussi prouvé qu'elles préfèrent le bois à la paille). A la différence du foin ou des épis de céréales, la paille n'attire pas particulièrement les rongeurs ou les insectes.

Lors de la construction, on a pu constater que les balles de paille, surtout en saison froide, sont le refuge privilégié des rongeurs (à cause de leurs propriétés isolantes !). Ils fuient lors de la construction des murs et ne peuvent plus y pénétrer une fois les ballots enduits.

Associations	Localisation	Site internet
Les compaillons	Lot	www.compaillons.fr
Botmobil	Dordogne	www.botmobil.org
La maison en paille	Charente	www.lamaisonenspaille.com



ADIL INFORMATION ENERGIE

44 RUE FAVENTINES, BP 1022, 26010 VALENCE CEDEX

tél. 04 75 79 04 13 - fax. 04 75 79 04 54 - site <http://pie.dromenet.org>



AVEC LE CONCOURS DU CONSEIL GENERAL DE LA DROME, DE LA REGION RHONE-ALPES, DE L'ADEME, DU SDED, MEMBRE DU CLER



Béton de chanvre (dosé à 110 kg/m³)

Descriptif: Depuis la fin des années 80, où cette technique était expérimentale, quelques milliers de réalisations de différente ampleur en neuf ou en rénovation dans l'habitat individuel ont été faites, et elle arrive aujourd'hui à maturation, puisque des maîtres d'ouvrages publics commencent à s'y intéresser. Cette technique permet de réaliser des murs porteurs d'une épaisseur de 25 à 30cm sur autant de niveaux que le permet l'ossature bois. La chènevotte possède une structure extrêmement poreuse, ce qui lui confère un pouvoir isolant intéressant. La confection de mortiers isolants à base de chènevotte et d'un liant type chaux est une solution particulièrement intéressante des points de vue économiques et écologiques.

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	Fabriqué à partir de déchets de bois traités, sans colle, ni eau, ni additif.
Mise en œuvre	. Ossature bois . Coffrages
Vie en œuvre	. Bonne inertie et isolation thermique . Hygroscopique
Fin de vie	Déchet inerte, recyclable
Ecobilan	+ + +

Caractéristique technique du béton de chanvre allégé:

(Source INIES, ACV Inra 2005)

- . Densité: 110 kg/m³
 - . Coefficient de transmission surfacique: U = 0.38 W/m².K
 - . Capacité thermique (S) : 767 kJ/m³.°C
 - . Classement au feu: A1
 - . Coefficient de résistance à la vapeur d'eau : $\mu = 2$
- Analyse de Cycle de Vie:
- . Energie primaire globale: 394 kWh/UF
 - . Effet de serre: - 35 kg éq. CO₂ / UF

1 UF (Unité fonctionnelle) = 1m² de mur ossature bois rempli de béton de chanvre de 26cm

Application:

- . Gros œuvre : chantiers neufs, surélévation ou extension
- . Second œuvre : cloisons chantiers neufs, surélévation ou extension

Enduit:

La capacité de respiration des parois et la qualité de régulation hygrothermique dépendent de la nature des liants et des enduits employés, les meilleurs étant, dans l'ordre croissant : l'argile, la chaux, la magnésie et le ciment. Le bloc de chanvre bénéficie d'une grande perméance. Il est préférable d'opter pour un enduit à la chaux.

Avantages:

- . Coût global
- . Structure à isolation répartie (équivalent monomur)
- . Effet de serre (neutre pour la fabrication de chaux)
- . Confort hygrothermique et thermique à partir de 10cm d'épaisseur
- . Aspect esthétique
- . Bilan environnemental
- . Durabilité
- . Recyclable
- . Protection de la structure bois en cas d'incendie

Inconvénients:

- . Performance thermique très variable en fonction du dosage.
- . Mise en œuvre (technique, séchage, etc.)
- . Retrait liée au séchage

Techniques et conseils <small>Liste non-exhaustive</small>	localisation	Site internet
Canosmose	Provence Alpes Côte d'Azur	www.canosmose.com
Construire en Chanvre	Bourgogne	www.construction-chanvre.asso.fr
Tiez-Breiz	Bretagne	www.tiez-breiz.org
Eco-sud	Provence Alpes Côte d'Azur	www.eco-sud.com



ADIL INFORMATION ENERGIE

44 RUE FAVENTINES, BP 1022, 26010 VALENCE CEDEX

tél. 04 75 79 04 13 – fax. 04 75 79 04 54 - site <http://pie.dromenet.org>



AVEC LE CONCOURS DU CONSEIL GENERAL DE LA DROME, DE LA REGION RHONE-ALPES, DE L'ADEME, DU SDED, MEMBRE DU CLER



Brique alvéolaire

Descriptif: Contrairement aux solutions conventionnelles, où matériaux de structure et isolants sont dissociés, les éléments de construction en terre cuite alvéolée cumulent ces deux propriétés. Leur résistance en compression leur confère des qualités mécaniques particulièrement intéressantes. De ce fait, ce type de matériau n'est pas seulement réservé à la production de maisons individuelles, mais convient tout aussi bien à des applications en collectifs.

En outre, la structure alvéolée et micro-poreuse du matériau lui permet d'atteindre des performances d'isolation thermique remarquables, puisque certaines présentations affichent une résistance thermique de $4\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$.

La micro-porosité de ce type de matériaux peut s'obtenir par incorporation de sciure de bois ou de billes de polystyrène expansé qui, sous l'effet de la chaleur de la cuisson, se subliment et créent ainsi ces pores ou, de façon plus écologique, par l'emploi d'une terre naturellement riche en carbonate de calcium, qui permet d'obtenir le même résultat.

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	. Extraction de l'argile : paysage, bruit, poussière . Cuisson de l'argile : Consommation d'énergie fossile . Agents de porosité : valorisation de déchets.
Mise en œuvre	. Poids élevé, manutention peu aisée
Vie en œuvre	. Bonne isolation thermique . Faible perméabilité à la vapeur d'eau
Fin de vie	Déchet inerte (si pas d'enduit plâtre) réutilisable comme granulats après concassage.
Ecobilan	—

Coût moyen HT:

(Fournitures et mise en œuvre)
(Main d'œuvre : 43 €/h)

. Pose roulée
30 cm: 90 €/m²
R = 2.42m²/K.W:
37.5 cm: 111 €/m²
R = 3.02m²/K.W

Hygrométrie et perspiration

La capacité de respiration des parois et la qualité de régulation hygrothermique dépendent de la nature des liants et des enduits employés, les meilleurs étant, dans l'ordre croissant: l'argile, la chaux, la magnésie et le ciment. La brique alvéolaire bénéficie d'un μ très faible. Il est préférable d'opter pour un enduit à la chaux ou en terre. Les enduits ciment empêchent de la respiration des parois. Pour éviter toute condensation intérieure il faut opter pour un parement ayant un μ de 10 minimums.

Caractéristique technique:

. Densité: 710 kg/m³
. Conductivité thermique : 0.125 W/m.°C
. Capacité thermique : S = 1300 kJ/ m³.°C
. Classement au feu: A1
. Coefficient de résistance à la vapeur d'eau :
 $\mu = 2$ (variable selon de la cuisson de la brique)
. Résistance : 8 Mpa
Analyse de Cycle de Vie (source : FDES):
brique + mortier
. Energie primaire non-renouvelable
37cm: 698 kWh / m³
. Effet de serre
37cm : 397 kg éq. CO₂ / m³

Application:

. Gros œuvre : chantiers neufs, surélévation ou extension

. Second œuvre : cloisons chantiers neufs, surélévation ou extension

Avantages:

. Matériau porteur / isolant thermique combiné
. Durabilité
. Grande résistance en compression (jusqu'à 8 Mpa)
. Bon régulateur hygrothermique (sans enduits imperméables)
. Inertie thermique
. Pas de dégagements toxiques
. Incombustible
. Recyclage
. Teneur en isotopes radioactifs très faibles (moins de 260Bq/kg)
. Tarifs équivalents au complexe bloc-isolant traditionnels

Inconvénients:

. Energie primaire et effet de serre
. Matières premières non renouvelables
. Matériau anisotropique (pose et coupes difficiles)
. Utilisation de polystyrène pour la fabrication des pores chez certains fabricants
. Mise en œuvre dans le cas d'une labellisation BBC effinergie

Fabricants français	localisation	Site internet
Iméry structure	Rhône alpes	www.imerys-structure.com
Bouyer Leroux	Auvergne	www.bouyer-leroux.com
Terreal	Midi Pyrénées	www.terrealstructure.com



ADIL INFORMATION ENERGIE

44 RUE FAVENTINES, BP 1022, 26010 VALENCE CEDEX

tél. 04 75 79 04 13 – fax. 04 75 79 04 54 - site <http://pie.dromenet.org>



AVEC LE CONCOURS DU CONSEIL GENERAL DE LA DROME, DE LA REGION RHONE-ALPES, DE L'ADEME, DU SDED, MEMBRE DU CLER



Béton cellulaire

Descriptif: La matière première est composée de sable siliceux (50-60%), de ciment (15-30%) et de chaux (10-20%) à laquelle on ajoute de la poudre d'aluminium (procédé dit « au gaz »). Ces adjuvants provoquent une réaction chimique qui génère d'innombrables bulles d'air et fait gonfler la masse jusqu'à cinq fois son volume. Cette masse semi-solide est ensuite découpée à la forme voulue puis durcie en autoclave à environ 180-200°C. Ce matériau est le plus léger de tous les blocs de construction préfabriqués, ce qui donne la possibilité d'utiliser de grands formats. Les liants utilisés pour son assemblage sont spécifiques. Avec une épaisseur suffisante, il permet de satisfaire les exigences de la RT2005, sans isolation complémentaire. Il est relativement sensible aux chocs en cisaillement mais suffisamment résistant en compression pour répondre aux normes de constructions actuelles. Certains produits chimiques rarement rencontrés en pratique (acides, sels d'ammonium ou de magnésium) peuvent aussi attaquer le béton cellulaire. Des éléments spéciaux à réservation permettent de réaliser des armatures en acier telles que chaînage ou linteaux sans ponts thermiques.

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	. Extraction de l'argile : paysage, bruit, poussière . Cuisson du clinker (ciment) et fabrication de l'aluminium : consommation d'énergie fossile
Mise en œuvre	Aisée grâce à sa faible densité
Vie en œuvre	. Bonne isolation thermique . Sensible aux agressions mécaniques
Fin de vie	Déchets inertes (si pas d'enduit plâtre) réutilisables comme granulats après concassage.
Ecobilan	neutre

Caractéristique technique

- Monomur de 30cm:
- Densité: 350 kg/m³
- Conductivité thermique : 0.090 W/m.°C
- Capacité thermique (S) : 354 kJ/m³.°C
- Classement au feu: A1
- Coefficient de résistance à la vapeur d'eau : $\mu = 3$ (sans enduits)
- Résistance : 3 Mpa
- Analyse de Cycle de Vie (source : FDES): Brique + mortier + conditionnement
- Energie primaire non-renouvelable 510 kWh / m³
- Effet de serre 163 kg éq. CO₂ / m³

Coût moyen HT:

- Isolation répartie (monomur): (Fournitures et mise en œuvre) (Main d'œuvre : 43 €/h)
- 30cm : 100€/m²
R = 3.33m²/K.W
- 36,5cm : 127€/m²
R = 4.05m²/K.W
- Isolation extérieur : (Fournitures)
- 12cm : 38€/m² R = 2.80m²/K.W
- 14cm : 46€/m² R = 3.26m²/K.W
- 16cm : 51€/m² R = 3.72m²/K.W

Frein vapeur:

La capacité de respiration des parois et la qualité de régulation hygrothermique dépendent de la nature des liants et des enduits employés, les meilleurs étant, dans l'ordre croissant : l'argile, la chaux, la magnésie et le ciment. Le béton cellulaire bénéficie d'une grande perméance. Cependant, il nécessite des enduits de synthèse imperméables

Application:

- Gros œuvre : Isolation par l'extérieur, chantiers neufs, surélévation ou extension
- Second œuvre : cloisons chantiers neufs, surélévation ou extension

Avantages:

- Limitations des ponts thermiques
- 10 à 20% de Chaux (bilan effet de serre quasi-neutre)
- Durabilité
- Isotrope
- Bloc de construction préfabriqué le plus léger
- Très bon régulateur hygrothermique (sans enduits imperméables)
- Pas de dégagements toxiques en œuvre
- Incombustible
- Recyclage
- Teneur en isotopes radioactifs très faibles
- Tarifs équivalents au complexe bloc-isolant traditionnels

Inconvénients:

- Prix
- Matières premières non renouvelables
- 20 à 30% de ciment (fortes émissions de gaz à effet de serre pour la fabrication)
- Poussière dégagée par le sciage
- Un seul fabricant

Commentaire:

60% des émissions de CO₂ liées à la fabrication du ciment, sont issues de la décarbonation du calcaire. Ces émissions dites "non-énergétiques" représentent plus de la moitié des émissions de CO₂ liées à la fabrication du ciment.

Fabricants français	localisation	Site internet
Xella	Rhône alpes	www.xella.fr

Ouate de cellulose

Descriptif: La ouate de cellulose provient du papier recyclé, obtenu à partir de journaux non utilisés, ou, pour certaines fabrications dites "blanches", à partir de coupes de papiers neufs d'imprimerie. Le papier est défibré et réduit en flocons, puis stabilisé par incorporation de divers agents de texture et ignifugeant, variables selon les fabricants: gypse, sels de bore, sels de sodium, de calcium, bauxite, phosphate d'ammonium, etc. La ouate de cellulose est utilisée comme isolant depuis les années 30 aux États-Unis et en Scandinavie, où plusieurs centaines de milliers de maisons et d'établissements publics ont été isolés avec ce matériau.

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	. A partir du recyclage de papiers ou de bois (75 à 85% de produits recyclés) . Faible coût énergétique
Mise en œuvre	En vrac (combles perdus), en panneaux (doublages), ou en toiture terrasse
Vie en œuvre	. Faibles tassements
Fin de vie	Produit biodégradable, recyclable, réutilisable ou incinérable
Ecobilan	+ + +

Coût moyen HT:

(Fournitures + mise en œuvre)

- .Isolation sous rampants
200 mm : 65 €/m²
300 mm : 85 €/m²
- .Isolation des combles sur plancher ou entre solives en vrac
200 mm: 17 €/m²
300 mm: 26 €/m²
- .Doublage mur
120 mm : 32 €/m²
140 mm : 36 €/m²

Frein vapeur (vrac):

- Nécessaire, sinon :
 - . le μ de la paroi extérieure doit être inférieure ou égale à 0.2
 - . le μ de la paroi intérieure doit être supérieur à 5, ou la perméance de la paroi intérieure doit être inférieure ou égale à 0.015 g/h.m².mmHg en zone très froide et 0.05 g/h.m².mmHg hors zone très froide
- . La pose d'un frein vapeur est cependant recommandée pour éviter l'accumulation d'humidité dans les parois

Caractéristique technique:

(source: IBO, la maison écologique n°49)

- . Densité:
Insufflée: 55 kg/m³
Panneaux: 70 kg/m³
- . Conductivité thermique :
Insufflée : 0.040 W/m.°C
Panneaux: 0.040 W/m.°C
- . Capacité thermique (S):
Insufflée : 130 kJ/m³.°C
Panneaux: 130 kJ/m³.°C
- . Classement au feu: E
- . Coefficient de résistance à la vapeur d'eau:
Vrac: 1 à 2
Panneaux: 2
- Analyse de Cycle de Vie:
 - . Energie primaire (non-renouvelable)
Insufflée 55kg/m³ : 110 kWh/m³
Panneau 70kg/m³ : 355 kWh/m³
 - . Effet de serre:
Insufflée 55kg/m³ : - 50 kg éq. CO₂ / m³
Panneaux 70kg/m³ : - 25 kg ép. CO₂ / m³

Application:

- . Mur : soufflage à 55kg/m³, flocage à 40kg/m³. Sol et plafond: manuel ou machine à 25kg/m³. Toiture en rampant : soufflage à 40kg/m³

Avantages:

- . Très bon rapport qualité technique, écologique et coût (vrac).
- . Protection de la structure contre les incendies grâce à sa grande capacité thermique
- . Amortissement du coût d'intervention d'un applicateur spécialisé, intéressant sur gros chantier
- . Insensible aux micro-organismes, imputrescible.
- . Peu d'énergie à la fabrication
- . Ressource renouvelable
- . Recyclage, compostage (produits sans sel de bore)
- . Pas de dégagements toxiques en cours d'utilisation et en cas d'incendies.
- . Régulateur hygrothermique. Peu absorber jusqu'à 15% d'humidité par rapport à son poids

Inconvénients:

- . Nécessité d'avoir une machine pour défibrer la ouate insufflée
- . Location ou prêt de machine de soufflage à éviter, sans l'aide et le conseil de professionnel.
- . Prix des panneaux

Fabricants français	Localisation	Site internet
Ouatéco	Aquitaine	www.ouateco.com
Bellouate	Provence Alpes Côte d'Azur	www.bellouate.fr
Sarl Semi Cellisol	Languedoc roussillon	www.cellisol.com

Laine de bois

Descriptif: Le bois feutré est obtenu à partir du défilage de chutes de bois résineux. La "laine" de bois est parfois utilisée à ce stade comme isolant en vrac, destiné à être insufflé ou projeté. Cependant, la plupart du temps, elle est transformée en pâte par adjonction d'eau, puis coulée, laminée et séchée pour produire des panneaux auto-agglomérés de diverses formulations, densités, profilages et épaisseurs. Les panneaux de laine de bois sont connus et fabriqués pour leurs capacités isolantes depuis 1945 mais ont été largement supplantés depuis les années 70 par les isolants minéraux et de synthèse. Leur renouveau est venu d'Europe du nord depuis une quinzaine d'années, avec des fabrications améliorées et des gammes étendues de propositions techniques. Le bois feutré s'utilise comme isolant à part entière ou comme panneaux techniques complémentaires d'isolation thermique ou phonique.

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	Fabriqué à partir de déchets de bois non traités, avec peu d'énergie, sans colle, ni eau, ni additif.
Mise en œuvre	Pose rapide, générant peu de chutes
Vie en œuvre	Participe à la performance acoustique des parois
Fin de vie	Produit biodégradable, recyclable, réutilisable ou incinérable (DIB).
Ecobilan	+ + +

Coût moyen HT:

(Fournitures + mise en œuvre)

Panneaux de 40kg/m³
 .Isolation sous rampants
 200 mm : 46 €/m²
 300 mm : 63 €/m²
 .Isolation des combles sur plancher ou entre solives
 200 mm : 32 €/m²
 300 mm : 43 €/m²
 .Doublage mur
 120 mm : 23 €/m²
 140 mm : 26 €/m²

Frein vapeur:

. Nécessaire, sinon :
 . Le μ de la paroi intérieure doit être supérieur ou égale à 10 avec une isolation en panneaux souple, à 25 en panneaux semi-rigides.
 . Le μ de la paroi extérieure doit être inférieure à 0.2 avec une isolation en panneaux souple, à 1 en panneaux semi-rigides
 . Il est cependant préférable de mettre en œuvre un frein vapeur afin d'éviter des désordres d'humidité.

Caractéristique technique:

(source: IBO, la maison écologique n°49)

. Densité:
 40 ou 180 kg/m³
 . Conductivité thermique:
 40kg/m³ : 0.038 W/m.°C
 180kg/m³ : 0.040 W/m.°C
 . Capacité thermique:
 40 ou 55 kg/m³: 80 à 110 kJ/m³.°C
 110 à 180 kg/m³: 294 à 336 kJ/m³.°C
 . Classement au feu: E
 . Coefficient de résistance à la vapeur d'eau :
 40 ou 55kg/ m3 : $\mu = 1$ à 2
 140 à 180 kg/m³ : $\mu = 5$
 Analyse de Cycle de Vie:
 . Energie primaire (non-renouvelable)
 40kg/m³ : 216 kWh/m³
 180kg/m³ : 975 kWh/m³
 . Effet de serre:
 40kg/m³ : -21 kg éq. CO₂ / m³
 180kg/m³ : -105 kg ép. CO₂ / m³

Application:

. Isolation à part entière, complément d'isolation, isolation phonique.
 . Mur (panneaux semi-rigides), sol, plafond, toiture, cloison

Avantages:

. Effet de serre
 . Diffusant à la vapeur d'eau
 . Bon régulateur hygrométrique
 . Protection de la structure contre les incendies
 . Ressource renouvelable et de grande disponibilité.
 . Bon compromis isolation thermique hiver/été (capacité thermique importante)
 . Le bilan du bois et des autres fibres végétales comme fixateurs de CO₂ reste très largement positif par rapport à tous leurs concurrents.
 . Recyclage et élimination.
 . Pas de dégagements toxiques en cours d'utilisation et en cas d'incendies.
 . Panneaux riaux : Bon isolant phonique et inertie thermique

Inconvénients:

. Energie primaire pour les laines hautes densité
 . Coût d'une isolation complète encore élevée pour les produits haute densité

Fabricants français	Localisation	Site internet
Matériaux Naturels de France	Ile de France	www.materiauxnaturelsdefrance.com
Buitex	Rhône alpes	www.isonat.com

Fibres textiles recyclés

Descriptif: L'isolant est constitué d'une nappe de fibres textiles issues de l'effilochage de vêtement collectés et triés par le Relais, liées pneumatiquement entre elles par des fibres thermofusibles pour former un matelas isolant. L'isolant se compose d'environ 70% de coton, 15% de laine-acrylique, 15% de polyester, et d'un traitement insecticide, fongicide, dosé à 1%. Les vêtements sont sélectionnés selon leur qualité, le type et leur matière. Un second tri plus spécifique permet d'affiner le premier tri de façon à garantir un approvisionnement 100% coton, et un approvisionnement en laine et acrylique.

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	. Fabriqué à partir de vieux vêtements
Mise en œuvre	. Pose rapide, sans protections
Vie en œuvre	. Bonne isolation thermique
Fin de vie	. Déchet inerte, recyclable
Ecobilan	+ + +

Coût moyen HT:

(Fournitures + mise œuvre)

- . Isolation sous rampants
200 mm : 45 €/m²
300 mm : 60 €/m²
- . Isolation des combles sur plancher ou entre solives
200 mm : 32 €/m²
300 mm : 44 €/m²
- . Doublage mur
120 mm : 24 €/m²
140 mm : 27 €/m²

Frein vapeur:

. Nécessaire, sinon le μ de la paroi intérieure doit être supérieur ou égale à 10. Ou le μ de la paroi extérieure doit être inférieur à 0.2. Ou la perméance de la paroi intérieure doit être inférieure ou égale à 0.015 g/h.m².mmHg en zone très froide et 0.05 g/h.m².mmHg hors zone très froide. Il est cependant préférable de mettre en œuvre un frein vapeur, avec un μ adapté, afin d'éviter des désordres d'humidité

Caractéristique technique:

(source FDES)

- . Densité: 25 kg/m³
- . Conductivité thermique: 0.039 W/m².C
- . Capacité thermique (S) : 28 kJ/m³.°C *
- . Classement au feu: M1 (avec traitement)
- . Coefficient de résistance à la vapeur d'eau : $\mu = 1$ à 2 *
- . Coefficient d'absorption acoustique: $\alpha_w = 0.85$
- Analyse de Cycle de Vie
- . Energie primaire non-renouvelable: 256 kWh/m³
- . Effet de serre 36 kg éq. CO₂ / m³

* valeur par analogie à d'autres isolants

Application:

- . Isolation à part entière, complément d'isolation, isolation phonique.
- . Sol, plafond, toiture

Avantages:

- . Entreprises Le Relais à but socio-économique
- . Valorisation de sous produits non-réutilisables en tant que vêtements
- . Energie primaire et effet de serre
- . Recyclable
- . Régulation hygrométrique
- . Pas de dégagements toxiques

Inconvénients:

- . Tassements en isolation de mur

Fabricants Français	localisation	Site internet
Le Relais	Nord	www.lerelais.org

Laine de chanvre

Descriptif: C'est en France, à la fin des années 80, que le chanvre devint matériau de construction et d'isolation. Le chanvre de nombreuses qualités d'un point de vue environnemental. Sa culture, de par son caractère rustique, ne nécessite que très peu d'intrants. Une fois récolté, la filasse de du chanvre est séparée de la chènevotte, c'est-à-dire de la structure rigide de la tige, puis elle est affinée et calibrée pour donner une laine homogène qui est ensuite conditionnée pour donner plusieurs types de produits. Bénéficiant d'une aura médiatique due à son cousin psychotrope, *Cannabis indica*, mais surtout du besoin croissant d'isolants alternatifs aux laines minérales, le chanvre a acquis depuis 10 ans une place de tout premier plan dans le domaine de l'écoconstruction.

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	Matière première renouvelable obtenue à partir de cultures dédiées.
Mise en œuvre	En vrac ou en rouleaux
Vie en œuvre	. Inflammables et hygroscopiques . Sensible aux champignons et aux insectes
Fin de vie	Produit biodégradable, recyclable, réutilisable ou incinérable.
Ecobilan	+ + +

Caractéristique technique:

- . Densité: 25 kg/m³ à 80kg/ m³
- . Conductivité thermique: 0.038 W/m.°C à 0.042 W/m.°C
- . Capacité thermique: S = 30 kJ/m³.°C
- . Classement au feu: E
- . Coefficient de résistance à la vapeur d'eau :
- $\mu = 1$ à 2
- . Perméance (P): E2
- Analyse de Cycle de Vie ($\lambda = 0.040$ W/m.°C): (source: IBO, la maison écologique n°49)
- . Energie primaire (non-renouvelable) 30kg/m³ : 260kWh/m³
- . Effet de serre: 30kg/m³ : -5 kg ép. CO₂ / m³

Coût moyen HT:

(Fournitures + mise en œuvre)

- .Isolation sous rampants
200 mm : 44 €/m²
300 mm : 59 €/m²
- .Isolation des combles sur plancher ou entre solives
200 mm : 30 €/m²
300 mm : 40 €/m²
- .Doublage mur
120 mm : 22 €/m²
140 mm : 25 €/m²

Frein vapeur:

. Nécessaire, sinon le μ de la paroi intérieure doit être supérieur ou égale à 10. Ou le μ de la paroi extérieure doit être inférieur à 0.2. Ou la perméance de la paroi intérieure doit être inférieure ou égale à 0.015 g/h.m².mmHg en zone très froide et 0.05 g/h.m².mmHg hors zone très froide. Il est cependant préférable de mettre en œuvre un frein vapeur, avec un μ adapter, afin d'éviter des désordres d'humidité

Application:

- . Isolation à part entière, complément d'isolation, isolation phonique.
- . Sol, plafond, toiture, cloison

Avantages:

- . Diffusant à la vapeur d'eau
- . Bon régulateur hygrométrique
- . Ressource renouvelable
- . Le bilan des autres végétales comme fixateurs de CO₂ reste très largement positif par rapport à tous leurs concurrents.
- . Recyclage, compostage (non texturée).
- . Pas de dégagements toxiques en cours d'utilisation et en cas d'incendies.
- . Valorisation des fibres du chanvre
- . La culture du chanvre permet de régénérer les sols
- . Pas de dangers sanitaires
- . Un des meilleurs compromis techniques, économiques et écologiques

Inconvénients:

- . Traitement au sel de bore, nécessaire contre les insectes et les rongeurs
- . Tassement en isolation verticale par rouleaux
- . Découpage dans la longueur difficile (fibre polyester)
- . Coût encore un peu élevé
- . Fibres de polyesters pour les produits texturés

Fabricants français	Localisation	Site internet
Technichanvre	Pays de Loire	www.technichanvre.com
Chanvre Mellois	Poitou Charente	www.chanvre-mellois.com
So.tex.tho.	Midi Pyrénées	www.sotextho.com
Buitex	Rhône alpes	www.isonat.com
Terrachanvre	Bretagne	www.terrachanvre.com



ADIL INFORMATION ENERGIE

44 RUE FAVENTINES, BP 1022, 26010 VALENCE CEDEX

tél. 04 75 79 04 13 – fax. 04 75 79 04 54 - site <http://pie.dromenet.org>

AVEC LE CONCOURS DU CONSEIL GENERAL DE LA DROME, DE LA REGION RHONE-ALPES, DE L'ADEME, DU SDED, MEMBRE DU CLER



Bloc de chanvre

Descriptif: Résultat de l'association de deux matériaux naturels, copeaux de chanvre et chaux aérienne, la brique de chanvre offre une réelle alternative aux matériaux de construction conventionnels. A la différence de la construction en blocs allégés autoporteurs, cette solution constructive utilise des blocs de chanvre-chaux isolants considérés comme non porteurs, en remplissage d'une structure porteuse montée au préalable. Cette technique utilise les mêmes matériaux que les murs banchés sur ossature bois, mais présente l'avantage d'une mise en œuvre sur chantier, et de l'absence de délais de séchage avant l'application des enduits respirants. La structure bois peut-être soit une ossature bois moderne qui sera le plus souvent noyée dans les matériaux, soit en colombage ancien qui restera apparent sur la face externe, soit des solutions mixtes, ou conventionnelles.

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	. Bloc de chanvre, aggloméré à la chaux
Mise en œuvre	. Aisée grâce à sa légèreté
Vie en œuvre	. Hygrothermique
Fin de vie	. Déchet inerte (si pas d'enduit plâtre), recyclable
Ecobilan	+ + +

Coût moyen HT:

(Fournitures)

. Doublage intérieur, ou extérieur, ou remplissage
100 mm : 28 €/m²
150 mm : 42 €/m²
200 mm : 55 €/m²

Enduit:

La capacité de respiration des parois et la qualité de régulation hygrothermique dépendent de la nature des liants et des enduits employés, les meilleurs étant, dans l'ordre croissant: l'argile, la chaux, la magnésie et le ciment. Le bloc de chanvre bénéficie d'une grande perméance. Il est préférable d'opter pour un enduit à la chaux.

Caractéristique technique (bloc 20cm):

(source Chanvribloc®)

- . Densité: 300 kg/m³
- . Conductivité thermique : 0.070 W/m.°C
- . Capacité thermique (S) : 680 kJ/m³.°C
- . Classement au feu: M1 (avec enduit)
- . Coefficient de résistance à la vapeur d'eau : $\mu = 4.5$ (sans enduits)

Analyse de Cycle de Vie:

- . Energie primaire non-renouvelable : 56 kWh / m³
- . Effet de serre (combustible fioul lourd Bilan Carbone® Ademe) : 16 kg éq. CO₂ / m³

Application:

- . Gros œuvre : chantiers neufs, surélévation ou extension
- . Second œuvre : cloisons chantiers neufs, surélévation ou extension

Avantages:

- . Production locale
- . Très bon régulateur hygrothermique (idéal pour murs en pierre)
- . Prêt à enduire
- . Durabilité
- . Système constructif sec
- . Bloc de construction préfabriqué léger
- . Pas de dégagements toxiques en œuvre
- . Chaux = ignifugeant
- . Protection de la structure bois en cas d'incendie
- . Recyclage
- . Liant: Chaux
- . Energie primaire

Inconvénients:

- . Coût
- . Demande encore trop insatisfaite

Fabricants français	localisation	Site internet
ESAT les Tilleuls	Rhône-Alpes	
Chanvribloc	Rhône -Alpes	www.chanvribloc.com

Chènevotte

Descriptif: La culture du chanvre est avantageuse à plus d'un titre, notamment concernant la grande variété des produits qui en sont issus. Ainsi, un plant peut-il fournir des fibres longues, des graines et des feuilles, mais aussi de la chènevotte, c'est à dire des tiges. Ces dernières sont broyées et calibrées avant d'être conditionnées pour être mises en vente. La chènevotte possède une structure extrêmement poreuse, ce qui lui confère un pouvoir isolant intéressant. La confection de mortiers isolants à base de chènevotte et d'un liant type chaux est une solution particulièrement intéressante des points de vue économiques et écologiques. Ces deux matériaux présentent un cycle de vie plutôt positif, puisque le chanvre fixe le carbone pendant sa croissance, et que la chaux, malgré la quantité d'énergie qu'elle nécessite pour sa fabrication, compense largement ce point noir par sa durabilité et sa capacité à permettre à la vapeur de ne pas se condenser sur les parois.

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	Matière première renouvelable obtenue à partir de cultures dédiées.
Mise en œuvre	En vrac, béton léger isolant
Vie en œuvre	. Inflammables et hygroscopiques . Sensible aux champignons et aux insectes
Fin de vie	Produit biodégradable, recyclable, réutilisable ou incinérable (DIB).
Ecobilan	+ + + +

Caractéristique technique (vrac):

- . Densité: 110 kg/m³
 - . Conductivité thermique : 0.048 W/m.°C
 - . Capacité thermique (S): 198 kJ/m³.°C
 - . Classement au feu: E
 - . Coefficient de résistance à la vapeur d'eau : $\mu = 1$ à 2
- Analyse de Cycle de Vie:
(source: IBO, la maison écologique n°49)
- . Energie primaire (non-renouvelable) 110kg/m³ : 67 kWh/m³
 - . Effet de serre: 110kg/m³ : -204 kg ép. CO₂ / m³

Coût moyen HT:

(Fournitures + mise en œuvre)

- . Isolation des combles sur plancher ou entre solives
- 200 mm : 36 €/m²
- 300 mm : 54 €/m²

Frein vapeur:

- . Nécessaire, sinon :
- . le μ de la paroi intérieure doit être supérieur ou égale à 10
- . le μ de la paroi extérieure doit être inférieur à 0.2
- . Il est cependant préférable de mettre en œuvre un frein vapeur, avec un μ adapter, afin d'éviter des désordres d'humidité

Application:

- . Chènevotte non traitée: Chapes isolantes, bétons légers, enduits et bloc préfabriqués. Isolations murs par l'extérieur, toitures en rampants, combles, toitures terrasses.
- . Chènevotte traitée aux silicates: Isolation intérieure, planchers, murs à ossature bois, toitures en rampants et combles.
- . Chènevotte bituminée: sous couches de chapes flottantes ou de parquets

Avantages:

- . Régulateur hygrométrique
- . Ressource renouvelable
- . Le bilan des fibres végétales comme fixateurs de CO₂ reste très largement positif par rapport à tous leurs concurrents.
- . Recyclage, compostage (non traité/bitumée).
- . Pas de dégagements toxiques en cours d'utilisation et en cas d'incendies.
- . Valorisation d'un sous produit du chanvre
- . La culture du chanvre permet de régénérer les sols
- . Pas de dangers sanitaires
- . La minéralisation rend la matière organique insensible aux moisissures.
- . N'est pas consommable en tant que telle.

Inconvénients:

- . Les produits bituminés empêchent les parois de respirer et dégagent du sulfure d'hydrogène en cas d'incendie.

Fabricants français	Localisation	Site internet
Technichanvre	Pays de Loire	www.technichanvre.com
Chanvre Mellois	Poitou Charente	www.chanvre-mellois.com
So.tex.tho.	Midi Pyrénées	www.sotextho.com
Terrachanvre	Bretagne	www.terrachanvre.com



ADIL INFORMATION ÉNERGIE

44 RUE FAVENTINES, BP 1022, 26010 VALENCE CEDEX

tél. 04 75 79 04 13 - fax. 04 75 79 04 54 - site <http://pie.dromenet.org>



AVEC LE CONCOURS DU CONSEIL GÉNÉRAL DE LA DROME, DE LA RÉGION RHÔNE-ALPES, DE L'ADEME, DU SDED, MEMBRE DU CLER



Paille de lavande

Descriptif: La paille de lavande est issue du broyage des gerbes ou du vert broyé de la paille de lavande après distillation. C'est une fibre végétale très riche en silice ce qui lui confère une bonne carbonatation en présence de chaux aérienne, et comporte encore 2 à 3% d'huile essentielle (répulsif naturel contre les insectes). 110 000 tonnes sont disponibles chaque année et il serait donc possible, dans l'absolu, de faire 30 000 maisons quasi-passives, de 100m² isolées en 30cm (dalle, mur, toiture). Les enduits paille de lavande et chaux aérienne correspondent très bien pour la restauration du vieux bâti.

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	Coproduit de recyclage issu de matière renouvelable
Mise en œuvre	En vrac, ou mortier allégé
Vie en œuvre	. Quasi imputrescible même en vrac car riche en silice. . répulsif naturel car riche en huile essentielle
Fin de vie	. Biodégradable, recyclable, compostable
Ecobilan	+ + + +

Coût moyen HT:

(Fournitures)

.Vrac : 40 €/m³ (0.36 €/kg)
Soit environ 4 €/m² les 100mm

.Sac : 60 €/m³ (0.54 €/kg)
Soit environ 6 €/m² 100 mm

Frein vapeur:

. Nécessaire, sinon :
. la résistance à la vapeur d'eau de la paroi intérieure doit être 5 fois plus élevée que celle de l'isolant.
. la résistance à la vapeur d'eau de la paroi extérieure doit être 5 fois plus faible que celle de l'isolant.
Il est cependant préférable

Caractéristique technique:

Thermolavande®

. Densité :
- vrac : 110 kg/m³
- mortier toiture : 160 à 450 kg/m³
- brique : 400 kg/m³
. Conductivité thermique :
- vrac : 0.055 W/m.°C
- brique : 0.075 W/m.°C
. Capacité thermique :
- vrac : 200 kJ/m³.°C
- brique : 817 kJ/m³.°C
. Coefficient de résistance à la vapeur d'eau :
- vrac, mortier, brique : 1 à 2
. Energie grise :
- vrac : 4.5 kWh/m³
- mortier (400 kg/m³) : 70 kWh/m³
- brique : 100 kWh/m³
. Bilan CO₂ :
- vrac : 1 kg éq. CO₂ / m³
- mortier (400 kg/m³) : 21 kg éq. CO₂ / m³
- brique : 30 kg éq. CO₂ / m³
(combustible : fioul lourd Bilan carbone® ADEME)

Avantages:

. Très bon régulateur hygrothermique (régulation de l'humidité sans dégradations des performances thermiques)
. Matériau isolant ayant le meilleur rapport qualités techniques, écologique et coût (vrac).
. Protection de la structure contre les incendies grâce à sa capacité thermique élevée
. Résistance naturelle aux micro-organismes grâce à la silice
. Répulsif naturel contre les insectes grâce aux huiles essentielles
. Valorisation d'un sous produit et d'une nouvelle filière agricole
. Energie grise très faible
. Matériaux à « puits de carbone » (500 kg éq. Carbone stocké dans 1 tonne de paille de lavande utilisée).
. Ressource renouvelable en grande quantité.
. Recyclable et compostable
. Pas de dégagements toxiques en cours d'utilisation et en cas d'incendies. Pas de dangers sanitaires
. Anti-champs magnétiques et électriques grâce à la silice de la paille.

Application:

. vrac : mur, sol, toiture, cloison
. brique : mur

Inconvénients:

. Broyage et stockage au sec
. Manque de reconnaissance officielle et auprès du grand public
. Coût du DTU et de l'Avis Techniques très élevé

Commentaire :

La filière qui est en plein développement, ne profite pas encore d'une reconnaissance et d'une communication suffisante auprès des acteurs du bâtiment et du grand public, pour permettre à la paille de lavande de se faire une place auprès des principaux matériaux isolants disponibles sur le marché français. Pourtant les caractéristiques de ce matériau sont équivalentes, voir meilleures, que bien d'autres matériaux isolants à base renouvelables qui profitent déjà de DTU et d'Avis techniques.

Fabricants français	Localisation	Site internet
Créaservice	Nyons	www.thermolavande.fr

Enduits isolants

Descriptif: Selon les contextes et les ouvrages, le liant principal est la chaux aérienne (CL90), complétée ou non à avec un peu de la chaux hydraulique (NHL), avec de la chènevotte, de la paille de lavande ou des copeaux de bois, éventuellement renforcés d'additifs naturels : ciment prompt, poudre de brique, pierre ponce, pouzzolane, etc. Dans certains cas, le plâtre peut-être utilisé mais avec précaution, car des moisissures peuvent se produire si le séchage, n'est pas suffisamment rapide. Des mises en œuvre avec de la terre crue du type terre-copeaux de bois sont également possible.

Source : « L'isolation écologique », JP. Oliva, éd. Terre Vivante

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	Matière première non-renouvelable (chaux, pierre ponce, pouzzolane, etc.)
Mise en œuvre	Mise en œuvre humide
Vie en œuvre	Matériaux totalement inertes
Fin de vie	Biodégradable, recyclable
Ecobilan	+ +

Caractéristique technique:

- . Densité : $d = 700$ à 900 kg/m^3
- . Conductivité thermique : 0.130 à $0.180 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$
- . Capacité thermique : $S = 3040$ à $3420 \text{ kJ/m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$
- . Classement au feu : A1
- . Coefficient de résistance à la vapeur d'eau : $\mu = > 10$
- . Energie primaire et bilan CO_2 :

La prise de la chaux aérienne consomme du CO_2 . Associée à un matériau végétal dont le bilan CO_2 est négatif, la quantité d'énergie primaire est quasiment nulle malgré le process de fabrication de la chaux qui consomme beaucoup d'énergie.

Coût moyen HT:

- . Chaux CL90 en sac de 20 ou 25kg : 8 à 11€
- . Chaux spécialement formulées en sac de 20 à 30kg : 10 à 20€
- . Pouzzolane ou Pierre ponce en sac de 20 ou 25kg : 8 à 12€
- . Chènevotte sac de 100L : 6 à 8€
- . Paille de lavande broyée 100L: 6€ en sac ou 4€ en vrac

Commentaires :

Les solutions d'isolation proposées par les industries depuis les années 70, avec de nombreuses contre-performances, nous ont enseigné que pour la pérennité de ces parois et la salubrité de ces bâtiments il ne fallait pas contrarier la migration de la vapeur d'eau à l'intérieur des parois. De plus pour garder l'assurance d'un confort d'été réel, il était pertinent de ne pas se priver du rôle de régulateur hygrothermique de la masse des murs. [...] Léger et perméable à la vapeur d'eau, l'enduit faire corps avec le mur originel et ne coupe pas totalement l'apport de la masse inertiel du mur d'origine.

Source : Samuel Courgey « La maison écologique » n°35 Privilégier des enduits sans adjuvants, ni ciment prompt, et une faible quantité de chaux hydraulique, car ils diminuent l'effet hygrorégulant de l'enduit. La pierre ponce, la pouzzolane ou la poudre de brique ont pour effet d'augmenter la dureté de l'enduit en plus de leur léger pouvoir isolant.

Application:

- Enduit sur tout support.
- . Jusqu'à 5cm = diminution de l'effet de paroi froide
 - . Plus de 10cm = augmentation du confort thermique et hygrothermique global intérieur. (Sans adjuvant, ni ciment)

Avantages:

- . Coût global
- . Confort hygrothermique et thermique à partir de 10cm d'épaisseur
- . Aspect esthétique
- . Bilan environnemental
- . Durabilité
- . Recyclable

Inconvénients:

- . Mise en œuvre (technique, séchage, etc.)
- . Performance thermique très variable en fonction du dosage.
- . Faible pouvoir isolant comparé à un isolant à part entière

Techniques et conseils Liste non-exhaustive	localisation	Site internet
Canosmose	Provence Alpes Côte d'Azur	www.canosmose.com
Construire en Chanvre	Bourgogne	www.construction-chanvre.asso.fr
Tiez-Brez	Bretagne	www.tiez-breiz.org
Eco-sud	Provence Alpes Côte d'Azur	www.eco-sud.com

Liège

Descriptif: Le liège expansé est obtenu à partir du chêne liège. Le prélèvement de l'écorce, appelé démasclage, s'effectue tous les huit à dix ans et, en exploitation raisonnée, ne nuit pas au bon équilibre des arbres. Cette matière première est ensuite réduite en granules puis expansée à la vapeur à haute température (300°C) en four autoclave. Les granules brunissent, se dilatent, s'agglomèrent entre elles sous l'action de la subérine, la résine naturelle qu'elles contiennent. Il est important de noter que jadis, la fabrication des agglomérés de liège expansé faisait appel à des liants synthétiques plus ou moins nocifs. Le pouvoir isolant du liège expansé tient ç l'air enfermé dans ses cellules fermées. Il est utilisé depuis plus de 150 ans en isolation thermique (ex: anciennes chambres froides, etc.)

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	Matière première renouvelable tous les 9 ans après une période initiale de 30 ans, pendant 150 ans.
Mise en œuvre	Par collage (résine naturelle du liège)
Vie en œuvre	. Le liège ne propage pas la flamme et est auto-extinguible . Imputrescible et insensible aux insectes, huiles et carburants, il est très stable dans le temps. Il peut être utilisé sans traitement de surface, sauf comme revêtement de sol.
Fin de vie	Produit biodégradable, recyclable, réutilisable ou incinérable
Ecobilan	+ +

Caractéristique technique (panneaux):

- . Densité: 80 à 120 kg/ m³
 - . Conductivité thermique: 0.042 W/m.°C (Certification Acermi)
 - . Capacité thermique: S = 380 kJ/m³.°C
 - . Classement au feu: B1
 - . Coefficient de résistance à la vapeur d'eau : - μ = 5 à 30
- Analyse de Cycle de Vie:
(source: IBO, la maison écologique n°49)
- . Energie primaire (non-renouvelable) 100kg/m³ : 195 kWh/m³
 - . Effet de serre: 100kg/m³ : -124 kg éq. CO₂ / m³

Coût moyen HT :

(Fournitures + mise en œuvre)

- . Isolation vrac des combles sur plancher ou entre solives
- 200 mm : 43 €/m²
- 300 mm : 64 €/m²
- . Doublage panneaux
- 120 mm : 50 €/m²

Frein vapeur :

. Son imputrescibilité, ses qualités hygroscopiques ainsi que son emploi spécifique là où les autres isolants écologique ne sont techniquement pas adaptés, lui permet de se passer de frein vapeur et de pare vapeur dans certains cas. D'une manière générale il est préférable d'opter pour un pare vapeur adapté, du fait de sa résistance à la vapeur d'eau élevée, et afin d'éviter l'accumulation d'humidité entre la paroi intérieure et le l'isolant.

Application:

- . En vrac, pour isolation par déversement on insufflation
- . En granules pour bétons allégés
- . En panneaux: sous dalle sur terre-plein, sous chape maigre de carrelage, sous dalle au-dessus de locaux non chauffés, en complément de murs à isolation interne, en correction thermique de parois lourdes, en isolation intérieure ou extérieure des murs.

Avantages:

- . Imputrescible
- . Très bonne résistance mécanique en compression
- . Très bon isolant en dalle et plancher
- . Entretien des espaces dans lesquels il pousse
- . Recul des risques d'incendies liés aux broussailles
- . Peu d'énergie consommée à la fabrication
- . Liège blanc issu de filières de recyclages
- . Insensible aux rongeurs et aux insectes

Inconvénients:

- . Coûts élevés
- . Mise en œuvre entre chevrons à éviter (pont thermique difficile à traiter)
- . Ressource renouvelable mais d'assez faible disponibilité

Fabricants français	Localisation	Site internet
Lièges Mélior	Var	www.lieges-melior.com

Laine de lin

Descriptif: Les produits d'isolation issus du lin sont fabriqués à partir des fibres courtes de la plante, qui ne sont pas utilisées par l'industrie textile. Pour parvenir à un produit final texturé, que ce soit en rouleaux, en panneaux ou en feutre, la matière première subit un traitement insecticide et ignifuge aux sels minéraux (sel de bore et silicate de sodium), puis est cardée et thermoliée avec des fibres de polyester pour former de la ouate. Cette matière est ensuite séchée, aérée et conditionnée aux formats souhaités.

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	Matière première renouvelable obtenue à partir de cultures dédiées.
Mise en œuvre	En vrac, rouleaux, panneaux
Vie en œuvre	. Inflammables et hygroscopiques . Sensible aux champignons et aux insectes . Traitements au Borax contre les insectes
Fin de vie	Produit biodégradable, recyclable, réutilisable ou incinérable
Ecobilan	+ +

Caractéristique technique:

(source: IBO, la maison écologique n°49)

- . Densité: 30 kg/m³
- . Conductivité thermique: 0.040 W/m.°C
- . Capacité thermique: S = 57 kJ/m³.°C
- . Classement au feu: C à D
- . Coefficient de résistance à la vapeur d'eau : $\mu = 1$ à 2
- Analyse de Cycle de Vie:
 - . Energie primaire (non-renouvelable) 285 kWh/m³
 - . Effet de serre: 5 kg ép. CO₂ / m³

Coût moyen HT :

(Fournitures + mise en œuvre)

- . Isolation sous rampants
 - 200 mm : 44 €/m²
 - 300 mm : 59 €/m²
- . Isolation des combles sur plancher ou entre solives
 - 200 mm : 30 €/m²
 - 300 mm : 40 €/m²
- . Doublage mur
 - 120 mm : 22 €/m²
 - 140 mm : 25 €/m²

Frein vapeur :

- . Nécessaire, sinon :
 - . le μ de la paroi intérieure doit être supérieur ou égale à 10
 - . le μ de la paroi extérieure doit être inférieur à 0.2
- . Il est cependant recommandé de poser un frein vapeur, avec un μ adapter, afin d'éviter l'accumulation d'humidité entre les parois.

Application:

- . Isolation à part entière, complément d'isolation, isolation phonique.
- . Sol, plafond, toiture, cloison

Avantages:

- . Régulateur hygrométrique
- . Ressource renouvelable sans trop d'exigences culturelles
- . Effet de serre
- . Recyclage, compostage (sauf texturées au polyester).
- . Pas de dégagements toxiques en cours d'utilisation et en cas d'incendies.
- . Pas de dangers sanitaires
- . La laine de lin n'est pas particulièrement propice à la prolifération des rongeurs. Malgré son caractère non-consommable, elle peut tout de même leur servir d'habitat.

Inconvénients:

- . Risques d'invasions de mites pour les produits contenant de la kératine
- . Fibres de polyesters pour les produits texturés
- . Tassement en isolation verticale

Fabricants français	Localisation	Site internet
Natur'lin	Picardie	www.naturlin.fr
So.tex.tho.	Midi Pyrénées	www.sotextho.com
Isovlas	Nord	www.isovlas.nl

Laine de mouton

Descriptif: Les poils de mammifères (ou le duvet des oiseaux) sont les seuls isolants thermiques produits en tant que tels par la nature. Depuis des millénaires, les yourtes, et quasiment tous les habitats nomades des pays froids, utilisent les feutres de laine comme barrière thermique. De par le caractère mobile des écailles qui recouvrent la fibre centrale, s'adapte en permanence aux variations de son environnement proche, ce qui lui permet d'emprisonner, au gré des aléas climatiques, de l'air ou de l'eau.

Sa capacité à stocker de l'air lui confère donc un excellent pouvoir isolant. De même, le fait qu'elle puisse emmagasiner jusqu'à 30% de son poids en eau, sans pour autant paraître détrempée, la rend intéressante pour réguler, de façon passive, le taux d'humidité des pièces d'un bâtiment. Il faut cependant maintenir un taux d'humidité relative inférieure à 60% dans le bâtiment, et ne pas exposer la laine à une humidité constante trop élevée.

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	. Matière première renouvelable
Mise en œuvre	. A l'état brut, non lavée et exempte de tout traitement chimique . Manufacturées
Vie en œuvre	. Mites ? . Eventuels risques allergiques pour certaines personnes sensibles . odeur de suint pour les produits bruts
Fin de vie	Produit biodégradable, recyclable, réutilisable ou incinérable
Ecobilan	+ +

Caractéristique technique:

(source: IBO, la maison écologique n°49)

- . Densité: 25 kg/m³
 - . Conductivité thermique: 0.038 W/m.°C
 - . Capacité thermique: S = 40 kJ/m³.°C
 - . Classement au feu: C
 - . Coefficient de résistance à la vapeur d'eau : $\mu = 1$ à 2
- Analyse de Cycle de Vie:
- . Energie primaire (non-renouvelable) 100 kWh/m³
 - . Effet de serre: 0 kg ép. CO₂ / m³

Coût moyen HT:

(Fournitures + mise en œuvre)

- . Isolation sous rampants
200 mm : 42 €/m²
300 mm : 57 €/m²
- . Isolation des combles sur plancher ou entre solives
200 mm : 26 €/m²
300 mm : 38 €/m²
- . Doublage
120 mm : 28 €/m²
140 mm : 30 €/m²

Pare vapeur :

Nécessaire, sinon :

- . le μ de la paroi extérieure doit être inférieur ou égale à 0.2
- . le μ de la paroi intérieure doit être supérieur à 5
- . ou la perméance de la paroi intérieure doit être inférieure ou égale à 0.015 g/h.m².mmHg en zone très froide et 0.05 g/h.m².mmHg hors zone très froide

Les mites :

Les laines vendues dans le commerce sont traitées après dégraissage avec un additif; Le Konservan ou le sel de bore. Le Mitin FF est un autre additif, mais interdit à la vente en France depuis 2006. Le Konservan est biodégradable et recyclable, dans la mesure où celui-ci ne se retrouve en forte concentration dans les espaces naturels biologiques. Le sel de bore présente un effet protecteur intéressant sur plusieurs décennies. Des recherches sont effectuées concernant des insecticides naturels ayant un impact sanitaire et environnementale moins importante que le sel de bore (transport important) et le Konservan (molécule de synthèse).

Avantages:

- . Effet de serre
- . Facilité de pose
- . Performance thermique
- . Bon régulateur hygrothermique
- . Ressource renouvelable en grande quantité
- . Pas de dégagements toxiques en cours d'utilisation et en cas d'incendies.
- . Recyclage, compostage (produits non-texturés)

Inconvénients:

- . Manque de certifications
- . Les mites préfèrent les climats doux et humides
- . Jusqu'à 22% de polyester pour certains produits
- . Mauvaise inertie thermique
- . Tassement en isolation verticale
- . Les additifs antimites sont d'une toxicité très faible mais non négligeable.
- . Coût de production

Fabricants français	Localisation	Site internet
Natur'laine	Midi Pyrénées	www.naturlaine.com
Abrilaine & Confort laine	Nord	http://abrilaine.fr
E-toile du berger	Auvergne	http://sboileau.perso.neuf.fr

Plumes

Descriptif: Ce matériau d'isolation est issu de la réflexion d'une entreprise vendéenne, spécialisée dans la collecte et le traitement des peaux et plumes, qui souhaitait répondre aux attentes de l'industrie automobile, pressée par la réglementation européenne d'introduire des éléments recyclable dans les véhicules de séries. Constitué majoritairement de plumes de canards (70%), d'une proportion moindre de laine de mouton (10%) et fibres textiles type polyesters assurant la cohésion du matériau.

Les plumes sont lavées et traitées à une température de 150°C. Ainsi, elles sont totalement débarrassées des micro-organismes qu'elles abritent. Certaines versions sont traitées avec un antimite, le « EULAN SPA 01 ».

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	. Matière première renouvelable
Mise en œuvre	. Manufacturées
Vie en œuvre	. Eventuels risques allergiques pour certaines personnes sensibles
Fin de vie	Produit difficilement recyclable (polyester)
Ecobilan	+

Caractéristique technique:

(source: FDES)

- . Densité: 30 kg/m³
 - . Conductivité thermique: 0.040 W/m.°C
 - . Capacité thermique: 48 kJ/m³.°C *
 - . Classement au feu: M4 *
 - . Coefficient de résistance à la vapeur d'eau : $\mu = 1$
 - . Perméance : P = 0.9 g/m².h.mmHg (E1)
- Analyse de Cycle de Vie:
- . Energie primaire non-renouvelable 240 kWh / m³
 - . Effet de serre 50 kg éq. CO₂ / m³

* source: La conception bioclimatique, éd. Terre vivante

Coût moyen HT :

(Fournitures + mise en œuvre)

. Doublage
110 mm : 32 €/m²

Frein vapeur :

- . Nécessaire, sinon :
- . le μ de la paroi intérieure doit être supérieur ou égale à 5
- . le μ de la paroi extérieure doit être inférieur à 0.2
- . ou la perméance de la paroi intérieure doit être inférieure ou égale à 0.18 g/h.m².mmHg en zone très froide, 0.54 g/h.m².mmHg hors zone très froide.
- . Il est cependant recommandé de placer un frein vapeur afin d'éviter l'accumulation d'humidité entre les parois.

Application:

- . Vrac : planchers, toitures en rampants, combles praticables, et calfeutrement.
- . Rouleaux : planchers, toitures en rampants, combles, calfeutrement

Avantages:

- . Grande perméabilité
- . Diffusant à la vapeur d'eau
- . Pas de dégagements toxiques en cours d'utilisation et en cas d'incendies.

Commentaires :

Les plumes sont issues d'élevages industriels dans lesquels les animaux sont gavés d'antibiotiques et d'OGM.

Inconvénients:

- . Impact environnemental et aspect écologique très discutable (20% de polyesters + autres produits suspicieux)
- . Un seul fabricant (équité commerciale producteur/distributeur, discutable)
- . Découpage dans la longueur très difficile (fibres polyesters)
- . Tassement en isolation verticale
- . Les additifs antimites sont d'une toxicité non négligeable.
- . Coût élevé
- . Recyclage difficile

Fabricants français

Nap'tural

localisation

Pays de Loire

Site internet

www.batiplum.com

Laines minérales

Descriptif: Les laines minérales sont les isolants les plus répandus en France. Elles sont obtenues par fusion de matières minérales à environ 1500°C, puis par centrifugation, soufflage, et extrusion. Pour la laine de verre, la matière première employée est du verre de récupération et du sable siliceux, pour la laine roche, ce sont des roches volcaniques comme le basalte. Dès leur constitution, les fibres sont enrobées par pulvérisation de résines à base d'urée-formol, dont la proportion peut atteindre 10%. La nappe constituée passe dans une étuve où la résine est durcie par polymérisation, assurant la stabilité et la tenue mécanique de l'ensemble.

Source : « L'isolation écologique », JP Oliva, éd. Terre Vivante

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	<ul style="list-style-type: none"> . Matières premières de base non renouvelables . Impacts sur le paysage (carrières) . Emissions locales de COV lors de la mise en œuvre des résines, et de fibres lors de la découpe des produits finis.
Mise en œuvre	Risques d'irritation pour les poseurs (peau, voies respiratoires, yeux) dus aux fibres correctement maîtrisés si les préconisations de mise en œuvre des fabricants sont respectées.
Vie en œuvre	<ul style="list-style-type: none"> . Craint l'humidité . Pare vapeur indispensable . Précautions de pose à respect (continuité du pare vapeur) . Pas de problème de santé des occupants à conditions d'éviter la libération de fibres dans l'air ambiant.
Fin de vie	. Produit recyclable ou réutilisable, quand les filières seront en place.
Ecobilan	- -

Caractéristique technique:

- . Densité:
 - Laine de verre: 13 à 100 kg/m³
 - Laine de roche: 20 à 150 kg/m³
 - . Conductivité thermique:
 - Laine de verre: 0.030 à 0.039 W/m.°C
 - Laine de roche: 0.038 à 0.04 W/m.°C
 - . Capacité thermique (S):
 - Laine de verre: 14 à 104 kJ/m³.°C
 - Laine de roche: 21 à 157 kJ/m³.°C
 - . Classement au feu: A à B
 - . Coefficient de résistance à la vapeur d'eau, μ :
 - Rouleaux: 1 à 2
 - Panneaux rigide: 3 à 4
- Analyse de Cycle de Vie:
(source: IBO, la maison écologique n°49)
- . Energie primaire (non-renouvelable)
 - Laine de verre 28kg/m³: 389 kWh/m³
 - Laine de roche 30kg/m³: 195 kWh/m³
 - . Effet de serre:
 - Laine de verre 28kg/m³: 52 kg éq. CO₂/ m³
 - Laine de roche 30kg/m³: 52 kg ép. CO₂/ m³

Coût moyen HT:

(Fournitures et mise en œuvre)

- .Isolation sous rampants
 - 200 mm : 40 €/m²
 - 300 mm : 55 €/m²
- .Isolation des combles sur plancher ou entre solives
 - 200 mm : 18 €/m²
 - 300 mm : 23 €/m²
- .Doublage
 - 120 mm : 15 €/m²
 - 140 mm : 16 €/m²

Hygrométrie

- . Indispensable en isolation par l'intérieur sur un mur en bloc béton ou béton plein.
- . Sur les structures en bois, pisé et mur ancien en pierres avec enduits à la chaux, privilégier des freins vapeurs à porosité variable.
- . Afin de limiter les problèmes d'infiltration d'humidité il est nécessaire de bien ventiler l'habitation chaque jour

Application:

- . Isolation à part entière, complément d'isolation, isolation phonique.
- . Mur (panneaux semi-rigides), sol, plafond, toiture, cloison
- . Combles et rampants

Avantages:

- . Coût
- . Disponibilité des produits isolants

Commentaires :

Eviter les laines minérales de densité inférieure à 20 kg/m³
Il est indispensable de ne plus prendre en compte que les aspects coûts et confort d'hiver compte-tenu des dégâts constaté aujourd'hui sur les laines minérales. **La pierre, le verre et le pétrole sont des ressources naturelles mais pas inépuisables.**

Inconvénients:

- . 3 à 5% de résines phénoliques: formol-phénol ou urée-formol-phénol
- . Dégradations mécanique et des performances thermiques en présence d'humidité à cause de la mise en œuvre souvent négligée
- . Protection très limitée de la structure en cas d'incendie pour les laines minérales de faibles densités.
- . Protection indispensable pour la mise en œuvre
- . Matières premières non-renouvelable
- . Impact sanitaire et environnemental
- . Encore trop peu de négociants matériaux conventionnels concernés par les problèmes de durabilité et de confort d'été.
- . Main mise sur le marché de l'isolation

Perlite et Vermiculite

Descriptif: La perlite est une roche volcanique siliceuse de la famille des rhyolites perlitiques. Lorsqu'on la chauffe à 1200°C, une violente réaction libère l'eau liée chimiquement à la matière, et la vapeur lui fait subir une expansion jusqu'à 15 fois son volume initial sous forme de perles.

La Vermiculite est une roche micacée qui réagit comme la perlite au traitement thermique : les paillettes s'exfolient sous l'effet de la vapeur d'eau qui les écarte les unes des autres en augmentant considérablement leur volume.

Les particularités de la perlite et de la vermiculite sont connues depuis 150 ans, mais elles ne sont vraiment utilisées que depuis la seconde guerre mondiale. Les principales utilisations se font en vrac, en bétons et mortiers allégés.

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	Matière première non renouvelable
Mise en œuvre	En vrac
Vie en œuvre	Matériau inerte
Fin de vie	Produit en vrac recyclable
Ecobilan	+

Coût moyen HT:

(Fournitures et mise en œuvre)

. Vermiculite en vrac sur plancher ou solives, des combles

200 mm: 57 €/m²

300 mm: 85 €/m²

Frein vapeur:

. Nécessaire, sinon :

. le μ de la paroi intérieure doit être supérieur ou égale à 20

. le μ de la paroi extérieure doit être inférieur à 0.6

. La pose d'un frein vapeur est cependant recommandée afin d'éviter l'accumulation d'humidité entre les parois.

Caractéristique technique (Perlite):

(source: IBO, la maison écologique n°49)

. Densité: 85 kg/m³

. Conductivité thermique : 0.050 W/m.°C

. Capacité thermique (S): 77 kJ/m³.°C *

. Classement au feu: M0

. Coefficient de résistance à la vapeur d'eau : $\mu = 2$

Analyse de Cycle de Vie:

. Energie primaire (non-renouvelable) 223 kg/m³

. Effet de serre:

41 kg éq. CO₂ / m³

* source: Règles Th-U RT2005

Application:

. Vrac brut : billes ou paillettes déversées ou mortiers et bétons allégés

. Vrac bitumé ou siliconé: billes ou paillettes pour ravaillage ou isolation phonique

. Mortiers et enduits isolants préformulés, plâtres dit allégés.

. Panneaux pour doublages et faux-plafonds

. Blocs préfabriqués.

Avantages:

. Produit en vrac brut recyclable ou réutilisable en tant qu'isolant

. Incombustible

. Inertes sous forme brute

. La vermiculite, comme le liège expansé, présente une capacité d'isolement des champs électromagnétiques et doit donc être utilisée en connaissance de cause.

Inconvénients:

. Matières premières non-renouvelable

. Energie primaire et effet de serre

. Les présentations bitumées et siliconées, les panneaux liés au polyuréthane sont sujets aux émanations de gaz toxiques propres à ces matières.

. Coût

Fabricants français	localisation	Site internet
Efisol	Iles de France	www.efisol.com

Roseaux

Descriptif: Les roseaux, plantes appartenant à la famille des graminées comme les céréales, sont utilisés depuis la préhistoire comme isolants thermiques : leur teneur en silice leur donne une durabilité exceptionnelle et une résistance aux agents climatiques qui les a fait choisir un peu partout dans le monde comme matériau de couverture, à la fois protecteurs contre l'eau et contre la fuite des calories. Dans la construction traditionnelle de nombreuses régions du monde, les roseaux ont également souvent été utilisés comme supports d'enduits à base d'argile ou de plâtre, et certaines variétés géantes ont même été employés comme matériaux de structure.

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	. Roselières Europe de l'Est et Chine
Mise en œuvre	. Bottes et panneaux
Vie en œuvre	. Très bonne durabilité
Fin de vie	. Biodégradable, recyclable, compostable
Ecobilan	+ +

Caractéristiques techniques panneaux :

(source Claytec®, DIN 4108)

- . Densité : 225 kg/m³
- . Conductivité thermique : 0,056 W/m.°C
- . Capacité thermique : 105 kJ/m³.°C
- . Coefficient de résistance à la vapeur d'eau : 2
- . Energie primaire : *Transport*
- . Effet de serre : *Transport*

Coût moyen HT:

Panneaux :

- . 20 mm: 9,5 €/m²
- . 50 mm : 15 €/m²

Hygrométrie et perspiration

La capacité de respiration des parois et la qualité de régulation hygrothermique dépendent de la nature des liants et des enduits employés, les meilleurs étant, dans l'ordre croissant : l'argile, la chaux, la magnésie et le ciment. Le bloc de chanvre bénéficie d'une grande perméance. Il est préférable d'opter pour un enduit à la terre ou la chaux.

Application:

- . Coffrage perdu pour isolants en vrac et support d'enduit en intérieur et extérieur pour enduits en terre et enduits à la chaux.
- . Isolation intérieure collée à l'enduit terre sur murs anciens.
- . Coffrage perdu vouté pour remplissages de plancher,

Avantages:

- . Ressource renouvelables
- . Très bon régulateur hygrothermique (régulation de l'humidité sans dégradations des performances thermiques)
- . Résistance naturelle aux micro-organismes grâce à la silice
- . Matériaux à « puits de carbone »
- . Recyclable et compostable
- . Pas de dégagements toxiques en cours d'utilisation et en cas d'incendies. Pas de dangers sanitaires
- . Support d'enduits pour l'isolation par l'extérieur et l'intérieur
- . Coffrage perdu

Inconvénients:

- . Ressource limitée à l'échelle locale
- . Energie primaire liée au transport

Importateur français Liste non-exhaustive	localisation	Site internet
Akterre	Rhône alpes	www.akterre.com

Paille compressée

Descriptif: Le paille compressé est un panneau de construction rigide fabriqué de paille propre, sèche, sans liants chimiques et entièrement recyclable. Le panneau se compose d'un cœur solide de paille compressée revêtu d'un papier recyclé 425 mg. Les panneaux de paille compressés sont fabriqués par un procédé utilisant la résine naturellement présente sous forme de lignine et de cellulose pour consolider la paille en panneau rigide. Cette technique est utilisée depuis plus de cinquante ans en Europe.

Source : Stramit International

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	. Aucuns liants chimiques
Mise en œuvre	. Panneaux autoporteur
Vie en œuvre	. Régulateur hygrothermique . Acoustique
Fin de vie	. Biodégradable, recyclable, compostable
Ecobilan (note de -10 à 10)	8

Caractéristiques techniques:

- . Densité : 379 kg/m³
- . Conductivité thermique : 0,102 W/m.°C
- . Capacité thermique : 106 kJ/m³.°C
- . Coefficient de résistance à la vapeur d'eau: 13
- . Energie grise : *Transport*
- . Bilan CO₂ : *Transport*

Coût moyen HT:

- 58 mm : 14,5 €/m²

Frein vapeur:

- . compte-tenu du coefficient de résistance à la vapeur d'eau élevé, il n'est pas nécessaire de mettre en place un frein vapeur.

Application:

- . Cloisons, murs, parois intérieurs ; portes et portes spécialisées ; planchers sur solivage ; cloisons mobiles.
- . Coffrage perdu

Avantages:

- . Résistance à la vapeur d'eau
- . Acoustique
- . Montage rapide
- . Résistance et durabilité
- . Energie très faible malgré le transport
- . « Puit à carbone »
- . Matière première renouvelable en grande quantité chaque année ;
- . Aucuns liants ou adjuvants volatile, résine, alcool ou produit chimique pouvant être la cause de vapeurs toxiques.
- . Avis technique exceptionnel (Atex) pour cloison et doublage intérieur.

Inconvénients:

- . Manipulation des panneaux
- . Performance thermique en isolation à part entière

Fabriquant (Liste non exhaustive)	Aspect réglementaire, certification
Stramit	ATEX

Pisé (1500 kg/m³)

Descriptif: La terre à piser composée d'argile, de sable et de graviers est compactée à l'aide d'une dame ou pisoir (fouloir manuel ou pneumatique), à l'intérieur d'un coffrage.

Le pisé est en fait le mode de construction en terre le plus pur et le plus direct. Cette technique de construction existe traditionnellement au Maroc, en France, en Espagne, au Portugal mais aussi en Chine et en Amérique centrale. Depuis la fin du XVIII^{ème} siècle une série de publications, dont les plus connues sont celles de François Cointereaux, ont fait connaître et systématiser cette technique.

Aujourd'hui, le renouveau de cette technique se situe en Australie, aux Etats-Unis ainsi qu'en Europe. Les possibilités d'incrustation et de coloration au moment de la mise en œuvre dans les coffrages donnent des murs de "matière", utilisés pour la masse thermique (solaire passif), la régulation de l'humidité mais aussi pour ses aspects symboliques et esthétiques.

Le pisé peut se réparer en recouvrant certaines parties pour refaire du pisé. Souvent, il est plus simple de maçonner en briques de terre crue pour rebâtir des parties de mur ou d'utiliser des enduits en terre pour rattraper des inégalités de surface.

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	. Argile en addition de sable et de gravillons fins
Mise en œuvre	. Coffrage . Stabilisant : chaux
Vie en œuvre	. Bonne inertie thermique . Sensible aux agressions mécaniques
Fin de vie	Déchet inerte, recyclable
Ecobilan	+ + +

Caractéristique technique:

(source: CRATerre)

- . Densité: 1500 kg/m³
- . Conductivité thermique : 0.850 W/m.°C
- . Capacité thermique : S = 1350 kJ/m³.°C
- . Classement au feu: A1
- . Coefficient de résistance à la vapeur d'eau : $\mu = 10$
- . Energie primaire: Extrêmement faible

Hygrométrie et perspiration

La capacité de respiration des parois et la qualité de régulation hygrothermique dépendent de la nature des liants et des enduits employés, les meilleurs étant, dans l'ordre croissant : l'argile, la chaux, la magnésie et le ciment. La terre en pisé bénéficie d'un μ très faible. Il est préférable d'opter pour un enduit à la chaux. Les enduits ciment sont à éviter car ils empêchent de la respiration des parois, et tiennent mécaniquement très mal sur la terre en pisé. Pour éviter toutes condensations intérieures il faut opter pour un parement ou enduit ayant un μ de 10 minimum.

Application:

- . Gros œuvre : chantiers neufs, rénovation

Avantages:

- . Très grande inertie thermique
- . Matériau pris sur site
- . Très bon régulateur hygrothermique (sans enduit perméable)
- . Pas de dégagements toxiques en œuvre
- . Incombustible
- . Recyclage
- . Energie primaire sans équivalent
- . Matériau disponible en très grande quantité
- . Réutilisable, refaçonnable en œuvre

Inconvénients:

- . Mise en œuvre en France manquant de reconnaissance officielle
- . Protection contre la pluie, et contre les remontées d'humidité
- . Stabilisant conseillé
- . Renfort mécanique des angles et des jointoiements en béton
- . Isolation thermique respirante supplémentaire nécessaire dans les zones froides ou peu ensoleillées, et les façades nord

Laboratoire de recherche	Localisation	Site internet
CRATerre	Grenoble	http://terre.grenoble.archi.fr

Bloc Béton

(dimensions selon la norme NF EN 771-3)

Descriptif: Le bloc béton couramment et abusivement appelé « parpaing », « aggloméré », « agglo », « moellon », ou encore « quéron », et un matériau porteur apparut à la fin de la seconde guerre mondiale, pour faire face aux problèmes de reconstruction et de manque de moyens financiers. Aujourd'hui ce matériau est employé de façon conventionnel dans l'habitat individuel français. Son coût très bon marché est en grande partie lié à la proximité des unités de production (moins de 200km en moyenne).

Phase	Incidence environnementale
Fabrication	. environ 10% de ciment . granulats
Mise en œuvre	. Mortier : environ 20% de ciment
Vie en œuvre	. quasiment inaltérable
Fin de vie	. Recyclable
Ecobilan	neutre

Caractéristique technique (bloc 20cm):

(source : FDES)

- . Densité : 910 kg/m³
- . Conductivité thermique : 0.952 W/m.°C
- . Capacité thermique (S) : 1202 kJ/m³.°C
- . Classement au feu: A1
- . Coefficient de résistance à la vapeur d'eau :

 $\mu = 3$ (sans enduits)

. Résistance :

3 Mpa

Analyse de Cycle de Vie (source : FDES):

brique + mortier + conditionnement

. Energie primaire non-renouvelable
220 kWh / m³

. Effet de serre

16 kg éq. CO₂ / m³

Commentaires :

60% des émissions de CO₂ liées à la fabrication du ciment, sont issues de la décarbonation du calcaire. Ces émissions dites "non-énergétiques" représentent plus de la moitié des émissions de CO₂ liées à la fabrication du ciment.

La fabrication d'une tonne de ciment émet en moyenne 900 kg eq CO₂ (Cuisson + décarbonation). L'incidence environnementale liée à son utilisation intensive, qui va bien au-delà de son application première, et de la disponibilité des matériaux de construction alternatifs, reste cependant très élevée malgré la qualité de fabrication.

Application:

- . gros œuvre: mur porteurs, dalles

Avantages:

- . Coût
- . Bilan environnemental; Bloc béton + isolant issue de matières premières renouvelables, plus favorable que les blocs porteur/isolant type monomur
- . Disponibilité

Inconvénients:

- . Impact visuel de l'extraction des matières premières
- . Matières premières non renouvelables
- . Bloc à base de ciment
- . Pont thermique délicat à traiter dans le cas d'une isolation par l'intérieur, au regard de la prochaine réglementation thermique
- . Très hydrophile sans enduits