Articles

6 isolants écologiques sous la loupe

Isolation en cellulose, liège, paille, chaux-chanvre, laine de mouton et même à base d’herbe ! Voici 6 isolants écologiques, avec leurs avantages et leurs limites.

Matériaux d'isolation écologiques et sains

Les isolants écologiques sont de plus en plus nombreux. L’isolation en cellulose est la plus utilisée mais d’autres matériaux naturels et locaux offrent des alternatives intéressantes. Ils présentent tous l’intérêt d’être plus écologiques et sains que les isolants issus de la pétrochimie, mais ils ont aussi d’excellentes performances, permettent un bon déphasage thermique, une régulation de l’humidité, une amélioration de l’acoustique du bâtiment…

On fait son choix en fonction de son projet de construction ou de rénovation et des caractéristiques de chaque isolant.

> **Lire : Mon chantier d’isolation écologique, de la cave au grenier**

Pour mieux les connaître, voici un résumé des avantages et limites des isolants écologiques puis un tour d’horizon de six isolants naturels faciles à trouver en Belgique.

Sommaire :

- Avantages et limites des isolants écologiques
- Comparaison de 6 isolants écologiques
- L’ouate de cellulose en vrac

- La fibre d’herbes en panneaux flexibles
- Le liège en vrac
- La laine de mouton en panneaux flexibles
- Les blocs de chaux-chanvre
- La paille en ballots
- Quid des panneaux rigides ?
- Sources et ressources

- - - - - - - - - - - - - - -

Avantages et limites des isolants écologiques

La plupart des matériaux d’isolation naturels partagent certaines caractéristiques. Voici un résumé de leurs avantages et limites.

Avantages

- Faible impact environnemental : fabriqués à partir de ressources renouvelables ou recyclées, ils nécessitent moins d’énergie pour être produits (« énergie grise »), ce qui réduit leur empreinte carbone.
- Excellente performance thermique : ils offrent une isolation efficace, qui limite les pertes de chaleur. Comparés aux isolants de synthèse ou minéraux, ils ont bien souvent un déphasage plus important, ce qui se traduit par plus de confort en été car la chaleur met plus de temps à pénétrer les parois, qui peuvent dès lors se refroidir au cours de la nuit.
- Régulation de l’humidité : l’ouate de cellulose, les fibres biosourcées, la laine de mouton, le chaux-chanvre (en vrac ou en bloc)… ont la capacité de réguler l’humidité. Dans une certaine mesure, ils peuvent absorber l’humidité de l’air et la restituer sans perdre leurs qualités isolantes. Cette capacité de régulation est renforcée si on utilise des enduits d’argile ou de chaux en finition. On réduit ainsi le risque de développement de moisissures.
- Absence de pollution de l’air intérieur : pour la santé, les isolants écologiques ont le grand avantage de ne pas émettre de composés organiques volatils (COV). Ils contribuent ainsi à un air intérieur plus sain.
- Moins d’émissions de gaz toxiques en cas d’incendie grâce à leur composition plus saine.
- Isolation phonique efficace : grâce à leur structure fibreuse, la majorité des isolants écologiques offrent de bonnes performances acoustiques. Parfait pour atténuer les bruits extérieurs et intérieurs !
- Matériaux locaux : plusieurs isolants naturels sont produits en Belgique. C’est le cas des blocs de chaux-chanvre Isohemp, du chaux-chanvre en vrac de Exie, de l’ouate de cellulose d’Isoproc et Isocell, des fibres d’herbes de Gramitherm, du liège de MatetEau, Recycork, Kurk et Isoliège, des ballots de paille… Dans la mesure du possible, on préfère ces isolants, pour favoriser le circuit court, l’économie locale et diminuer l’impact lié au transport.
- Bonne longévité et recyclabilité : les matériaux isolants biosourcés ont bien souvent une longue durée de vie. Ils sont recyclables, et même parfois compostables.

Limites

- Sensibilité à l’humidité : malgré leur capacité de régulation, la plupart des matériaux peuvent se détériorer s’ils sont exposés de manière prolongée à une humidité excessive sans protection adéquate. Ceci dit, c’est aussi le cas également de certains isolants conventionnels.
- Coût parfois plus élevé : dans certaines situations, le prix d’achat et la main d’œuvre peuvent être supérieurs à ceux des isolants conventionnels. L’autoconstruction trouve là tout son sens !
- Large gamme de performances : chaque isolant a des performances qui sont propres à sa nature. Il convient donc de faire la balance avantages-limites en fonction du chantier envisagé. On n’hésite pas à consulter un référent technique pour se faire bien conseiller (architecte, entrepreneur…). Les fournisseurs de matériaux écologiques peuvent aussi fournir des fiches techniques et des conseils de mise en œuvre.
- Éventuels traitements complémentaires : pour répondre aux normes de sécurité (résistance au feu, protection contre les nuisibles) ou pour des raisons physiques (lier les fibres biosourcées), les isolants naturels requièrent parfois des traitements qui atténuent leur côté 100 % écologique.
- Risque de tassement si mal placés : les isolants en vrac (ouate de cellulose, fibre de bois, granulats) nécessitent une mise en œuvre professionnelle pour éviter tout problème de tassement et éviter de créer des zones de ponts thermiques.
- Épaisseur plus importante : pour atteindre la même résistance thermique[1] que certains isolants synthétiques, il est parfois nécessaire de mettre une épaisseur d’isolant plus importante, ce qui réduit alors l’espace habitable.

> Lire : Mon chantier d’isolation écologique, de la cave au grenier

Comparaison de 6 isolants écologiques

Voici un tableau pour comparer les principales caractéristiques et propriétés de six isolants naturels, avant de détailler chaque isolant.

Les données proviennent de La mallette à isolation réalisée par le Cluster écoconstruction. On jette un œil à cet outil pédagogique pour tout savoir sur un isolant en particulier.

	Origine de la matière première	**Bilan CO2 (par UF[2], 1 UF étant 1m² à R=5)**	**Épaisseur pour une résistance thermique R de 5 (m².K/W).** + Entre parenthèse : valeur de conductivité thermique prise en compte pour le calcul (W/m.K).	**Déphasage thermique.** + Entre parenthèse = épaisseur d'isolant prise en compte pour le calcul (cm).
Ouate de cellulose insufflée	Europe	-10,01 kg CO2 eq (puits carbone)	19 cm (0,038)	6 h 43 min (19)

Fibre d’herbes en panneaux flexibles	Locale	-10,27 kg CO2 eq (puits carbone)	20,5 cm (0,041)	9 h (24)
Liège en vrac	Europe	-42,25 kg CO2 eq (puits carbone)	22 cm (0,043)	10 h 27 min (22)
Laine de mouton en panneaux flexibles	Locale	0,16 kg CO2 eq (quasi neutre carbone)	18 cm (0,035)	5 h 08 min (18)
Blocs de chaux-chanvre	Locale	2,7 kg CO2 eq	35 cm (0,07)	22 h 43 min (35)
Paille en ballots	Locale	-87,5 kg CO2 eq (puits carbone)	35 cm (0,07)	14 h 44 min (35)
La fibre de bois en panneaux rigides (haute densité)	Europe	-18,56 kg CO2 eq (puits carbone)	22 cm (0,045)	15 h 48 min (22)
Le liège expansé en panneaux rigides	Europe	-27,06 kg CO2 eq (puits carbone)	20 cm (0,04)	10 h 22 min (20)

L’ouate de cellulose en vrac

L’ouate de cellulose en vrac est fabriquée à base de fibres de cellulose issues du recyclage de papiers (chutes de papier journal, journaux invendus). Elle valorise donc un déchet et a une empreinte carbone réduite.

Il s’agit d’un matériau isolant très utilisé pour remplir les caissons d’une construction en ossature bois. La cellulose est soit insufflée (mise dans le caisson sous pression), soit soufflée (pose libre à l’aide d’une machine ou à la main).

Des additifs anti-feu et anti-insectes sont ajoutés pendant le processus industriel : il s’agit de sulfate de magnésium et d’acide borique. On se protège lors de la pause mais ça n’entraine pas de risque pour la santé une fois que la cellulose st enfermée dans le caisson.

Avantages

- Ce sont les avantages généraux des isolants biosourcés : performances thermiques, déphasage thermique, régulation de l’humidité, empreinte carbone basse, énergie grise basse, amélioration acoustique du bâtiment.
- Rapidité de mise en œuvre par insufflation.
- Remplissage complet de caissons, même hors normes (angles, courbes).
- Pas cher. C’est pourquoi elle se place dans le top des isolants écologiques les plus mis en œuvre.

Limites

- Peu adapté à l’autoconstruction. Il est nécessaire de disposer d’une insuffleuse qui va permettre de décompacter le ballot et de l’injecter sous pression. Cette machine est généralement louée par le fabricant et nécessite une formation à son utilisation afin de garantir une bonne mise en œuvre et éviter que l’isolant se tasse avec le temps. Toutes les infos sont disponibles auprès des fabricants.
- Sensible à l’excès d'humidité : même si elle régule bien l’humidité, une exposition prolongée à l’eau (infiltrations, fuites) peut dégrader ses performances et favoriser le tassement.
- Risque de tassement : dans le cas d’une pose insuffisamment dense ou mal réalisée (insufflation ou soufflage), la ouate peut se tasser avec le temps, ce qui réduit son efficacité. D’où l’importance de faire appel à une entreprise ou d’avoir suivi une formation professionnelle.
- Poussières lors de la pose : l’installation par soufflage ou insufflation génère beaucoup de poussières fines, qui nécessitent un équipement de protection (masque, lunettes).

Alternatives

- La fibre de bois en vrac.
- La fibre de bois issue du recyclage de chutes de panneaux de MDF neufs vient de faire son apparition sur le marché.
- La balle de riz.

La fibre d’herbes en panneaux flexibles

Du chanvre aux jeans recyclés, en passant par le lin, la laine de bois, le coton ou la laine de mouton, on fabrique des panneaux isolants flexibles à partir de nombreux matériaux écologiques, qu’ils soient naturels ou issus du recyclage.

La fibre d’herbes est l’une des dernières arrivées sur le marché. Elle est constituée de cellulose d’herbe déshydratée issue de la fauche d’herbes impropres à la consommation animale (bords de route), de fibres de jute recyclée (liant) et de fibres synthétiques (liant). Le procédé industriel mis en place permet une valorisation complète des herbes utilisées car la partie « digeste » de l’herbe (qui ne convient pas pour fabriquer l’isolant) est utilisée pour produire de l’énergie (biométhanisation).

Avantages

- Ce sont les avantages généraux des isolants biosourcés : performances thermiques, déphasage thermique, régulation de l’humidité, empreinte carbone basse, énergie grise basse, amélioration acoustique du bâtiment.
- Valorisation d’herbes impropres à la consommation animale.
- Flexible, la fibre d’herbe est facile à découper et à poser.

Limites

- Moins connu du grand public et des professionnels, ce matériau ne dispose pas encore d’un réseau de distribution très développé.
- Un peu plus coûteux que d’autres isolants biosourcés.
- Sensible à l’excès d'humidité : même si elle régule bien l’humidité, une exposition

prolongée à l’eau (infiltrations, fuites) peut dégrader ses performances et favoriser le tassement.

Alternatives

Les panneaux flexibles (ou rouleaux) de :

- fibres de bois
- fibres de chanvre
- fibres de lin
- laine de mouton
- fibres de coton issues du recyclage de jeans
- fibres en mélange « chanvre-coton-lin ».

Le liège en vrac

Issu de l’écorce du chêne-liège, le liège en vrac est particulièrement utile pour l’isolation de combles perdus (grenier non aménagé) ou de planchers entre les étages, particulièrement dans des lieux ou pièces qui présentent un risque en termes d’humidité. Le liège repousse l’humidité naturellement et est dès lors imputrescible (il ne moisit pas). Il est donc un isolant idéal pour être déversé entre les gîtes (poutres) du plancher d’un grenier dont la toiture pourrait présenter des risques d’infiltration. En isolation murale, on pourra l’utiliser pour remplir l’espace entre une cloison neuve et un ancien mur irrégulier, dans une salle de bain…

On trouve du liège expansé en vrac (issu des chutes de panneaux de liège expansé broyées) ou, mieux, du liège en vrac issu du recyclage des bouchons de vin. En général, le liège en vrac issu du recyclage des bouchons est de couleur claire et distribué par des entreprises d’économie sociale tandis que le liège issu de chutes de panneaux est foncé (liège thermoexpansé) et est distribué par les fabricants de liège thermoexpansé.

Avantages

- Ce sont les avantages généraux des isolants biosourcés : performances thermiques, déphasage thermique, régulation de l’humidité, empreinte carbone basse, énergie grise basse, amélioration acoustique du bâtiment.
- Matériau 100 % naturel, renouvelable et recyclable : il est biodégradable et peut être réutilisé après déconstruction, ce qui en fait un isolant très écologique.
- Excellente durabilité et stabilité dans le temps : contrairement à certains isolants qui se tassent avec le temps, les granulats de liège conservent leur volume et leurs propriétés isolantes sur plusieurs décennies sans dégradation.
- Très bonne résistance à l’humidité et aux moisissures : naturellement imputrescible, il ne craint ni l’eau ni les attaques de champignons, ce qui en fait un excellent choix pour les environnements humides (soubassements, planchers, combles).

Limites

- Coût élevé : le liège est un isolant cher par rapport à d’autres matériaux naturels comme la ouate de cellulose ou la fibre de bois. On le réserve donc souvent aux usages où on recherche une bonne résistance à l’humidité.
- Un coffrage est nécessaire à la mise en œuvre : en chapes sèches et isolations sous

plancher, il faut prévoir un coffrage ou un liant pour stabiliser l'ensemble, ce qui ajoute une contrainte technique.
- Mise en œuvre plus délicate que pour d'autres isolants en vrac (granulométrie plus importante, risque de poches d'air, risque de tassement). L'insufflation est peu utilisée car elle nécessite une machine adaptée à ce matériau.

Alternatives

- La perlite (obtenue à partir de roches volcaniques broyées et chauffées jusqu'à expansion sous forme de perles).
- La vermiculite (isolant minéral naturel provenant du silicate de magnésium. Sous forme brute, elle s'apparente à des éclats de roche constitués de lamelles.).
- Les billes d'argile expansée.

Attention, ces alternatives nécessitent beaucoup d'énergie pour être fabriqués.

La laine de mouton en panneaux flexibles

La laine de mouton est traitée de manière à en faire des panneaux isolants aisés à mettre en œuvre. Ils sont composés à 85 % de laine de mouton. Les 15% restants consistent en un liant synthétique[3], nécessaire pour la bonne tenue du panneau.

Avantages

- Ce sont les avantages généraux des isolants biosourcés : performances thermiques, déphasage thermique, régulation de l'humidité, empreinte carbone basse, énergie grise basse, amélioration acoustique du bâtiment.
- Contrairement à la plupart des matériaux isolants issus du végétal, la laine de mouton est peu sensible à l'humidité : on considère généralement qu'elle peut absorber, puis restituer, jusqu'à 30 % de son poids en eau sans altérer ses performances isolantes, ce qui contribue à une bonne gestion de l'humidité (confort hygrométrique).
- Résistance naturelle au feu : elle ne s'enflamme pas facilement et se consume lentement en dégageant peu de fumée.

Limites

- Sensible aux mites et insectes : la laine brute est naturellement attractive pour les insectes (mites, larves). Elle doit donc être traitée contre les nuisibles, généralement avec du sel de bore ou des solutions alternatives[4].
- Risque de tassement : en panneaux mal compressés, la laine de mouton peut se tasser avec le temps, ce qui réduit son efficacité thermique. Une bonne mise en œuvre est essentielle.
- Prix élevé : plus chère que d'autres isolants biosourcés, la laine reste moins accessible financièrement.
- Disponibilité : les panneaux de laine de mouton sont moins courants que d'autres isolants naturels comme la ouate de cellulose ou le chanvre.

Alternatives

Les panneaux flexibles (ou rouleaux) de :

- fibres de bois
- fibres de chanvre
- fibres de lin
- fibres d’herbes
- fibres de coton issues du recyclage de jeans
- fibres en mélange « chanvre-coton-lin ».

Pour en savoir plus sur l’isolation en ballots de paille :

- La page dédiée à la filière paille sur le site du Cluster Eco-construction.
- Le livre « La construction en paille. Principes fondamentaux - Techniques de mises en oeuvre - Exemples de réalisations » de Jean-Pierre Oliva et Samuel Courgey aux éditions Terre vivante.

Les blocs de chaux-chanvre

Les blocs de chaux-chanvre sont comme de grosses briques grises à l’allure râpeuse. Pour les fabriquer, on coule un mélange de chaux (aérienne + hydraulique) et de fibres de chanvre (chenevotte) dans des moules. Une fois que le mélange a pris, les blocs sont démoulés et entreposés à l’extérieur afin qu’ils terminent de durcir à l’air[5].

Ces blocs ne sont pas porteurs donc on les utilise en construction dans un système de poteaux-poutres (même s’il existe aussi d’autres solutions techniques). À l’intérieur, ils sont souvent utilisés pour doubler un mur existant.

Pour monter les murs, on utilise un mortier colle à base de chaux aérienne (22%), de plâtre naturel (20%) et de sable (58%).

Avantages

- Ce sont les avantages généraux des isolants biosourcés : performances thermiques, déphasage thermique, régulation de l’humidité, empreinte carbone basse, énergie grise basse, amélioration acoustique du bâtiment.
- Matériau durable et écologique : le chanvre est une ressource renouvelable qui pousse rapidement. Il est associé à la chaux, un matériau abondant et naturel. Cette combinaison est particulièrement écologique, et réduit l’empreinte carbone du bâtiment.
- Très utilisés en rénovation pour l’isolation des murs par l’intérieur, à condition que la structure puisse accueillir des charges relativement importantes.
- Contribue à améliorer l’inertie thermique du bâtiment.
- Protection contre les nuisibles : comme la chaux est naturellement fongicide et insecticide, elle protège le chanvre contre les attaques de moisissures et d'insectes, ce qui donne une bonne longévité à l’isolation.

Limites

- Coût élevé comparé à d'autres matériaux d’isolation, les blocs de chaux-chanvre peuvent être plus coûteux à l’achat en raison de leur processus fabrication et des matières premières de qualité.
- Besoin de plus d’épaisseur. Le coefficient de conductivité thermique le positionne moins bien que d’autres isolants et il faut en général des épaisseurs supérieures pour

atteindre de bonnes performances thermiques.
- Poids : les blocs de chaux-chanvre sont relativement lourds, ce qui peut rendre leur transport et leur manipulation plus difficiles. Cela nécessite une organisation spécifique lors de la construction.
- Vulnérabilité aux chocs : bien que résistants à la compression, les blocs peuvent être fragiles aux chocs (casse ou fissures).
- Sensibles à l'excès d'humidité : bien qu'ils régulent bien l'humidité, les blocs de chaux-chanvre peuvent être sensibles à l'humidité excessive et perdre une partie de leurs propriétés isolantes si l'eau pénètre de manière trop importante (par exemple en cas d'exposition prolongée à la pluie sans protection).
- Mise en œuvre exigeante : avoir une âme de maçon est un plus lors de la mise en œuvre de blocs de chaux-chanvre.

Alternatives

Le chaux-chanvre banché. Il s'agit d'une technique de construction qui consiste à couler un mortier de chaux et de fibres de chanvre (la chènevotte) dans des coffrages, appelés aussi banches.

Pour en savoir plus sur l'isolation en blocs de chaux-chanvre, voir la page dédiée au chanvre sur le site du Cluster Eco-construction.

La paille en ballots

Avantages

- Ce sont les avantages généraux des isolants biosourcés : performances thermiques, déphasage thermique, régulation de l'humidité, empreinte carbone basse, énergie grise basse, amélioration acoustique du bâtiment.
- La paille est une ressource abondante, facilement accessible et renouvelable selon un cycle très court comparé à celui du bois.
- Non traitée, elle est réutilisable après déconstruction et les déchets éventuels sont biodégradables.
- Coût abordable : comparée à d'autres matériaux d'isolation naturels comme le chanvre ou la laine de mouton, la paille est moins chère et souvent produite localement, ce qui peut réduire les frais de transport et favoriser l'économie locale.

Limites

- Sensible à l'humidité : la paille est très sensible à l'humidité, ce qui peut provoquer des problèmes de moisissures et compromettre ses propriétés isolantes si elle n'est pas correctement protégée (par exemple avec un enduit à la chaux).
- Sensible aux insectes et rongeurs : la paille peut être attractive pour les insectes, les rongeurs et les champignons. La mise en œuvre des enduits de finition devra donc être faite dans les règles de l'art. Ces enduits ont aussi un rôle protecteur contre le feu. Il est aussi recommandé de placer des barrières physiques, comme des grilles anti-rongeurs dans le bas des murs extérieurs par exemple.
- Risque de tassement : si les ballots de paille ne sont pas installés de manière appropriée ou s'ils subissent un poids important, ils peuvent se tasser avec le temps. Pour éviter ces problèmes, les ballots sont comprimés lors de leur placement. Pour veiller à une mise en œuvre correcte, on fait appel à une entreprise professionnelle ou

on s’assure de recevoir les conseils d’un•e référent•e technique[6].
- Difficulté à trouver des professionnels formés à cette technique : bien que l'isolation en paille soit de plus en plus reconnue, son utilisation nécessite de respecter certaines normes de construction spécifiques qui sont encore peu connues des professionnels de la construction.

Alternatives

Les ballots de paille sont insérés entre les éléments de structure, ils peuvent donc être remplacés par un isolant en vrac, par des panneaux flexibles ou par des blocs de chaux-chanvre.

Pour limiter la main d’œuvre, des sociétés proposent des éléments préfabriqués qui incluent l’ossature bois, le remplissage en paille et les enduits. Même les éléments techniques tels que les circuits électriques sont déjà installés. Cette solution nécessite de gros engins de levage mais permet des constructions rapides et de grande ampleur.

Quid des panneaux rigides ?

Les panneaux rigides de fibres de bois ou de liège expansé sont des panneaux dont la rigidité ne permet pas de les placer entre les éléments de structure. Il est en effet impossible d’assurer une continuité parfaite de l’isolant parce qu’il y a toujours de petites irrégularités liées à la découpe de l’isolant ou des variations des éléments de structure. Les isolants rigides seront donc placés sur la structure : soit vissés sur une structure type ossature bois, soit collés et vissés sur un mur existant qui aura été au préalable ragréé (aplani).

Ces panneaux sont la plupart du temps utilisés en isolation extérieure : en isolation de toiture (technique dite du « sarking »)[7], en isolation des murs ainsi qu’au sol. Ils peuvent compléter l’isolation placée entre les éléments de structure et ainsi éliminer tout risque de ponts thermiques lié à la structure de la construction.

Certains panneaux sont traités contre l’humidité et peuvent subir des intempéries le temps du chantier (durée limitée, voir garanties du fabricant). D’autres sont prévus pour recevoir un enduit de protection : enduit de chaux, crépis…

Souvent ces panneaux sont collés et fixés mécaniquement (vissés).

Sources et ressources

- Le confort d’été dans l’habitat - Principes fondamentaux, études de cas et solutions écologiques, Janin, Delpont, 2024, Editions Terre Vivante
- L’isolation thermique écologique - Conception, matériaux, mise en œuvre, neuf et réhabilitation, Oliva, Courgey, 2023, Editions Terre Vivante
- Les clés du confort thermique écologique - Bien s’informer pour bien décider, Lefrançois, 2021, Editions Terre Vivante
- La construction en paille - Principes fondamentaux - Techniques de mises en œuvre - Exemples de réalisations, Floissac, 2012, Editions Terre Vivante
- La revue La Maison écologique.

- Les sites des fabricants sont également une mine d'infos. Ils sont listés ici : Où acheter des isolants écologiques en Wallonie et à Bruxelles ?

---

[1] La résistance thermique d'une paroi est le fameux « R ». Plus d'infos dans le glossaire.

[2] UF = Unité Fonctionnelle. Dans l'analyse de cycle de vie d'un matériau, l'unité fonctionnelle est une unité qui fait référence à un service rendu : dans le cas présent, l'isolation. Ici, 1 UF = 1 m² à R = 5

[3] Le liant est en général du polyester, qui n'entraine pas de problème pour la santé mais rend l'isolant non compostable et génère des microplastiques.

[4] On utilise pour cela des insecticides de synthèse. Le « Konservan » est exempt de toxicité connue. Le « Mitin FF » est assez critiqué et n'est plus utilisé en Europe depuis peu. Les recherches sur d'autres traitements antimites se poursuivent. Source : « L'isolation thermique écologique », éd. Terre Vivante, 2023.

[5] Durcissement par une réaction de carbonatation entre la chaux et le CO2 de l'air.

[6] Référent•e technique : voir le glossaire.

[7] Une isolation par l'extérieur en toiture consiste à retirer la couverture (ardoises, tuiles), à placer l'isolant sur les poutres existantes, puis à replacer un nouveau lattage qui va accueillir les ardoise et tuiles (neuves ou de récup).