

Sensibilisation
aux matériaux
biosourcés

Livret formateur

Dispositif de sensibilisation aux matériaux biosourcés

Ce livret est strictement réservé à l'usage du formateur.
Il n'a pas vocation à être rendu public.

Table des matières

I – Le dispositif de sensibilisation : principes et description	5
Les échantillons de matériaux biosourcés	5
Le recueil technique des différents matériaux biosourcés	6
Le jeu de cartes « Atout Bio »	6
Les fiches « étude de cas ».....	10
Le livret « formateur »	11
II - Les matériaux biosourcés : définition et intérêts	12
Qu'est-ce qu'un matériau biosourcé?	12
Quand parle-t-on d'écomatériau?	12
Pourquoi développer l'utilisation des matériaux biosourcés?	13
Quels sont les principaux atouts des matériaux biosourcés?	13
Quels sont les principaux points d'attention avec les matériaux biosourcés?	17
III – Questions et préjugés autour des matériaux biosourcés	18
« Les matériaux biosourcés, c'est une affaire d'auto constructeurs ».....	18
« Le bois, la paille, ça brûle ! ».....	19
« Le bois, ça attire les termites »	19
« La paille, ça attire les insectes, les termites ! »	20
« La paille, ça attire les rongeurs ! »	20
« Durabilité et qualité technique des matériaux biosourcés, quelles garanties ? »	20
Matériaux isolants bénéficiant d'une évaluation et/ou certification	21
« Les matériaux biosourcés, c'est plus difficile à mettre en œuvre »	22
« Avec des matériaux biosourcés, plus besoin de ventiler son logement ! »	23
« Les matériaux biosourcés, c'est plus cher »	23
« Les assurances ne prennent pas en compte les matériaux biosourcés »...	25
« quelle fin de vie pour les matériaux biosourcés ? »	26
« En marché public, peut-on prescrire un matériau biosourcé ? »	26
IV - Terminologie	28
V – Pour aller plus loin : ressources utiles	30

I – Le dispositif de sensibilisation : principes et description

Le présent dispositif de sensibilisation aux matériaux biosourcés a été réalisé dans le cadre du projet REBATBio, lauréat de l'appel à projets pour la montée en compétence des professionnels du bâtiment sur les territoires, appel à projets porté par le programme national d'action pour la qualité de la construction et la transition énergétique (PACTE).

Sa réalisation a été pilotée par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement du Centre-Val de Loire, en partenariat avec l'école supérieure d'art et de design d'Orléans (ESAD Orléans) et le concours de l'atelier bois l'Estampille de Fleury-les-Aubrais.

Il se compose :

- d'échantillons de matériaux biosourcés
- d'un recueil technique sur les différents matériaux biosourcés
- d'un jeu de cartes présentant de manière synthétique différents matériaux (biosourcés ou non) au regard de leur utilisation et de paramètres pré-définis
- de fiches « étude de cas »
- d'un livret « formateur »

Le dispositif est mis à disposition de structures souhaitant dispenser un premier enseignement autour des matériaux biosourcés, dans une logique de sensibilisation et de découverte pour des élèves ou professionnels évoluant dans le domaine du bâtiment.

Son utilisation est modulable en fonction du temps mobilisable, du niveau de connaissances ou du nombre de personnes sensibilisées.

Les échantillons de matériaux biosourcés

Le dispositif de sensibilisation peut contenir une vingtaine d'échantillons. Il n'a pas vocation à présenter de manière exhaustive tous les matériaux disponibles sur le marché mais à illustrer la diversité des produits, tant dans leur origine que dans leur utilisation, en gardant une connexion avec leur disponibilité sur le territoire régional.

Les échantillons présentent plus spécifiquement les matériaux de second œuvre (isolants thermiques et/ou acoustiques). Il importe de rappeler que l'utilisation des matériaux biosourcés est également possible en structure (ossature bois, structure bois-paille, bloc végétal) en couverture ou en revêtement (revêtement de sol, peinture, enduit, etc).

Quelques matériaux de gros œuvre et de revêtement de sol sont présentés à titre indicatif dans le dispositif.

Les matériaux pouvant évoluer dans le temps, les échantillons restent substituables en cas de besoin.

Le recueil technique des différents matériaux biosourcés

Pour faciliter la présentation des échantillons par le formateur et donner une ressource documentaire aux personnes sensibilisées, un recueil technique en version papier répertoriant les différents matériaux biosourcés est mis à disposition dans la mallette pédagogique.

Il donne accès, pour chaque matériau, aux informations principales le concernant : la matière première, les différents domaines d'application, les modes de fabrication et de mise en œuvre.

Ce livret a été réalisé sur la base d'une production de la Chambre Régionale de Métiers et de l'Artisanat du Centre-Val de Loire, publiée en 2014 (Guide des écomatériaux – fascicule filières).

Le jeu de cartes « Atout Bio »

Le jeu de cartes comporte 30 cartes matériaux, 1 carte « zones de travaux », 1 carte « critères », 1 carte « but du jeu », 2 cartes « règle du jeu », 1 carte « cas particuliers ».

Il permet à la fois :

- un aperçu synthétique individuel des matériaux, sur 5 critères que sont le confort thermique d'hiver, le confort thermique d'été, le confort acoustique, le comportement hydrique et l'impact environnemental ;
- une classification ou comparaison de plusieurs matériaux entre eux, selon une zone de travaux identifiée et l'enjeu principal recherché. C'est un outil d'aide à la réflexion par un procédé itératif d'élimination, puis de comparaison.

Dans une perspective de classification/comparaison, le jeu de cartes comporte à la fois des matériaux biosourcés et des matériaux d'origine minérale.

À ce stade, les matériaux d'origine animale ont été volontairement écartés car peu caractéristiques des ressources du territoire de la région Centre-Val de Loire.

De même, les matériaux encore peu matures (Miscanthus, tournesol, roseaux etc.) n'ont pas été intégrés au panel de cartes.

Avertissement

Il a semblé intéressant de permettre, au travers de ce jeu, d'identifier les points forts ou faibles des différents matériaux comparativement les uns aux autres.

L'exercice de cotation des performances associées aux différentes catégories de matériaux a nécessairement impliqué une approche simplificatrice. Chacune de ces catégories peut en effet comporter en son sein des matériaux moins représentatifs qui présenteront ponctuellement de meilleures performances sur l'un ou l'autre des critères. Il a été privilégié, aux fins de comparaison, la prise en compte de valeurs usuelles.

Il importe d'attirer l'attention sur la nécessité de se référer in fine, aux fiches techniques des matériaux qui font seules référence.

L'enjeu, à ce stade, reste d'appréhender un exercice multi-critères et de pousser l'interlocuteur à expliciter les contraintes associées à son projet, pour entamer un échange et une discussion sur les solutions possibles.

Le nombre de critères considérés a volontairement été réduit pour une plus grande lisibilité. Des critères comme le coût, la durabilité ou la mise en œuvre ont été écartés dans la mesure où ces questions sont interdépendantes d'autres paramètres et nécessitent des apports complémentaires pour une bonne compréhension.

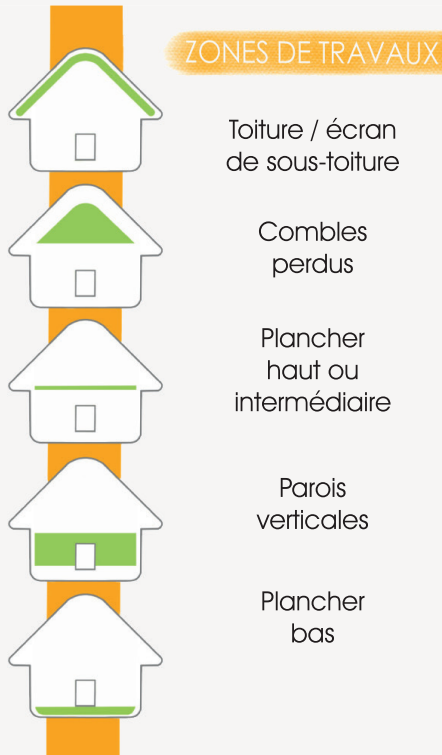
Il est conseillé d'aborder ces points à l'issue d'un premier exercice de pré-sélection des matériaux susceptibles de répondre au(x) besoin(s) formulé(s). Pour ce faire, des éléments sont disponibles au chapitre III « Questions/réponses autour des matériaux biosourcés ».

Description des cartes :

Chaque carte donne :

- le nom du matériau,
- une photo illustrant ce matériau ou la matière à l'origine de celui-ci,
- les usages possibles du matériau au regard de zones colorées sur un picto maison,
- les performances du matériau, cotées de 0 à 3 points (○ / ● / ●● / ●●●), sur 5 critères, et pour une résistance thermique équivalente ($R=5 \text{ m}^2 \cdot \text{k/m}$).

Interprétation des zones de travaux illustrées dans le picto maison :



Signification des critères considérés :

Critère



Ce critère correspond au **confort thermique d'hiver**, c'est-à-dire le maintien d'une température confortable pour l'utilisateur dans le bâtiment en période de froid extérieur. Il prend en compte plusieurs caractéristiques du matériau : sa conductivité thermique (W/m.K) 1.5 points/3 et sa chaleur spécifique (J/kg.K) 1.5 points/3.

Critère



Ce critère correspond au **confort thermique d'été**, c'est-à-dire le maintien d'une température fraîche dans le bâtiment lors des épisodes de fortes chaleurs. Il prend en compte plusieurs caractéristiques du matériau : son effusivité (J/m².K.s^{1/2}) 1,5 point/3, sa diffusivité (m²/s) 1,5 point/3.

Critère



Ce critère correspond au **confort acoustique**, c'est-à-dire, la limitation du passage d'un bruit. Il prend en compte l'affaiblissement acoustique du matériau (dB) 3 points/3.

Critère



Ce critère correspond au **comportement hydrique**, c'est-à-dire le comportement du matériau vis-à-vis de la vapeur d'eau. Il prend en compte plusieurs caractéristiques du matériau : son coefficient de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau (μ) 1.5 points/3 et sa capacité hygroscopique ($S_d = \mu(\text{épaisseur})$) 1.5 points/3.

Critère



Ce critère correspond à **l'impact environnemental** du matériau. Il prend en compte plusieurs caractéristiques du matériau : le caractère renouvelable de sa ressource d'origine 1 point/3, son énergie grise (kWep/kg) 1 point/3 et sa biodégradabilité théorique 1 point/3.

À noter : l'impact sur les émissions de gaz à effet de serre des matériaux et leur capacité à stocker le carbone atmosphérique durant leur croissance n'ont pu être pris en considération faute de données exploitables.

Les définitions associées aux différents paramètres mentionnés ci-dessus sont rappelées dans le Glossaire de la partie IV du présent livret.

Méthode de cotation des critères :

Les documents de référence ayant servi à la cotation des différents critères sont les suivants :

- Fiches techniques de certains produits les plus couramment utilisés et disponibles sur le marché
- Fiches de déclaration environnementale et sanitaire
- « Guide des écomatériaux », Chambre Régionale de Métiers et de l'Artisanat du Centre-Val de Loire, édition 2014
- « L'isolation thermique écologique », Jean-Pierre Oliva et Samuel Courgey, Terre vivante 2010
- Guide « Les matériaux biosourcés dans le bâtiment », Fédération Française du Bâtiment, 2015
- « Guide des matériaux isolants pour une isolation efficace et durable », Energivie. info
- « Les matériaux biosourcés produits et/ou utilisés en Basse-Normandie », 2012.

Les données techniques permettant de comparer les matériaux ont été rapportées à une résistance thermique équivalente $R=5 \text{ m}^2 \cdot \text{k/m (cm)}$. Ponctuellement, certains matériaux comme les bottes de paille (épaisseur constante) peuvent apparaître moins performants au regard du nombre de points attribués par rapport à $R=5$. Du fait de leur épaisseur, les bottes de paille présentent en effet un $R=7,1$ (cf p.16 du recueil technique).

La cotation attribuée aux différents matériaux a été réalisée en plusieurs étapes :

1. pour chaque catégorie de matériau, une valeur a été attribuée aux différents paramètres intervenant dans la définition des critères. Cette valeur résulte des différentes valeurs et fourchettes relevées dans la documentation de référence ;
2. un nombre de points a alors été attribué à chaque paramètre, sur la base d'une note résultant de la pondération de sa valeur moyenne au regard des valeurs moyennes les plus hautes et les plus basses du paramètre considéré ;
3. pour chaque critère, un total de points a été réalisé par addition des points relatifs aux divers paramètres le composant, en tenant compte du coefficient de chaque paramètre, tel qu'indiqué au paragraphe précédent.
4. Ce total de points a été traduit en cotation finale de (○ / ● / ●● / ●●●) pour chaque critère.

Certaines données (mesures acoustiques, paramètres environnementaux) sont plus délicates à obtenir et ne couvrent pas nécessairement tous les matériaux présentés. Dans ce cas, la cotation du critère a été établie au vu de la littérature actuellement disponible. A défaut, le critère a fait l'objet de la mention NR (non renseigné).

Les fiches « étude de cas »

Ces fiches étude de cas ont vocation à :

- illustrer le principe fondamental selon lequel il n'y a pas un matériau prédominant mais une diversité de matériaux dont l'intérêt d'utilisation dépend à la fois du contexte associé à son usage et des critères de choix arrêtés par un commanditaire ou prescripteur ;
- mettre en situation les personnes sensibilisées pour les familiariser avec les matériaux, leurs usages et leurs caractéristiques ;
- simuler une situation de conseil technique auprès d'un maître d'ouvrage.

Ces fiches, associées aux jeux de cartes, permettent d'organiser un temps d'atelier « pratique » par petits groupes. Il s'agira alors de proposer le ou les matériaux les plus adaptés à la situation décrite et d'argumenter ce choix.

Le livret « formateur »

Le présent livret comprend des éléments explicatifs visant à optimiser la prise en main du dispositif de sensibilisation par le formateur.

Il apporte également des compléments sur les matériaux biosourcés, susceptibles d'être délivrés à l'occasion de la séquence de sensibilisation, au gré des questionnements des personnes sensibilisées.

II - Les matériaux biosourcés : définition et intérêts

Qu'est-ce qu'un matériau biosourcé ?

« Les matériaux biosourcés sont, par définition, des matériaux issus de la biomasse d'origine végétale ou animale.

Ils couvrent aujourd'hui une large gamme de produits et trouvent de multiples applications dans le domaine du bâtiment et de la construction, en tant qu'isolants (laines de fibres végétales ou animales, de textile recyclé, ouate de cellulose, chènevotte, anas, bottes de paille, etc.), mortiers et bétons (béton de chanvre, de bois, de lin, etc.), panneaux (particules ou fibres végétales, paille compressée, etc.), matériaux composites plastiques (matrices, renforts, charges) ou encore dans la chimie du bâtiment (colles, adjuvants, peintures, etc.)... ».

Cette définition, donnée par le ministère de la Transition écologique et solidaire, est basée sur l'arrêté du 19 décembre 2012 relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label « bâtiment biosourcé ».

La notion de matériau biosourcé recouvre ainsi un champ plus large que celle initialement donnée par le terme agro-matériau, qui se référerait aux seuls matériaux issus du végétal. On citera comme matériaux d'origine animale les plumes de canard ou la laine de mouton.

À noter que la biomasse est définie comme une « matière d'origine biologique, à l'exception des matières de formation géologique ou fossile ». Cette seconde définition, portée par l'arrêté du 19 décembre 2012, est importante. De nombreuses confusions règnent encore au sujet de la pierre et de la terre qui n'entrent donc pas dans la définition d'un matériau biosourcé.

Quand parle-t-on d'écomatériau ?

Il n'existe pas de définition officielle d'un écomatériau. Ce terme est couramment utilisé pour désigner des matériaux qui recouvrent les qualités suivantes : économie de ressources, réduction des risques environnementaux, réduction des risques sanitaires, tout en revêtant une qualité technique durable. Il peut donc aussi bien inclure des matériaux biosourcés, des matériaux d'origine géologique (terre, pierre), des matériaux issus du recyclage, etc.

Pourquoi développer l'utilisation des matériaux biosourcés ?

La loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte stipule, dans son article 14.5, que « ***l'utilisation des matériaux biosourcés concourt significativement au stockage de carbone atmosphérique et à la préservation des ressources naturelles. Elle est encouragée par les pouvoirs publics lors de la construction ou de la rénovation de bâtiments*** ».

Ainsi l'État accompagne depuis 2010 la structuration et le développement des filières de matériaux biosourcés jugés pertinents pour la réduction de l'empreinte environnementale des bâtiments et la création, sur les territoires, de valeur ajoutée et d'emplois non-délocalisables.

Comme pour tout autre matériau, le développement des matériaux biosourcés doit s'accompagner de garanties de performance, de qualité technique et durabilité mais doit également s'inscrire dans une offre compétitive au plan économique.

Parce qu'ils sont moins fréquemment utilisés, leur développement implique de convaincre et faire changer les pratiques professionnelles.

Quels sont les principaux atouts des matériaux biosourcés ?

Une matière première renouvelable

Ces matériaux prennent leur origine dans les cycles du règne végétal (agriculture, sylviculture) ou animal. Ils sont renouvelables et ne puisent donc pas dans les ressources fossiles ou terrestres dont le stock est quant à lui limité.

Ainsi, les matériaux issus de l'agriculture, comme les pailles, peuvent généralement être qualifiés de co-produits : matière accessoire à la partie de la plante dédiée à un usage alimentaire par exemple. A ce jour, les isolants biosourcés employés sont tous issus de co-produits ou de recyclage. Les surfaces qu'ils occupent sont très variables : 10 000 ha pour le chanvre, 100 000 ha pour le lin, 5 Mha pour les céréales à paille.

Leur usage n'entraîne aucune concurrence directe avec des produits nobles (grain alimentaire ou fibre textile)¹.

¹ Synthèse du rapport de recherche TERRACREA de septembre 2014 « matériaux de construction biosourcés, ressources agricoles et forestières », page 3.

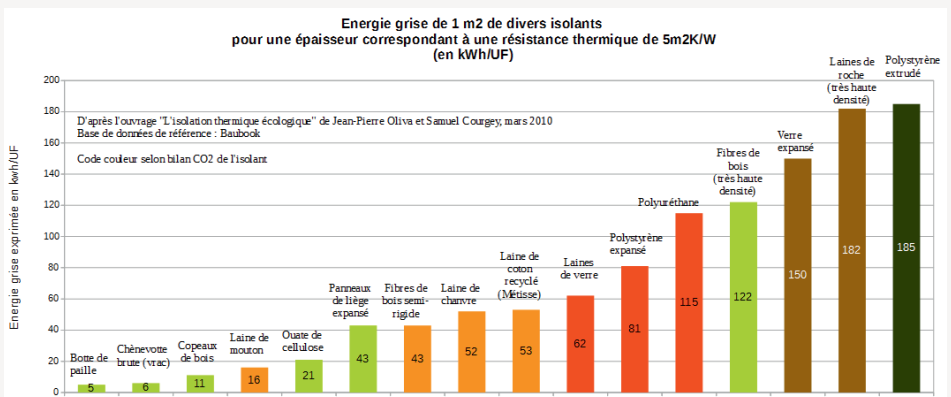
Quant aux cultures comme le chanvre ou le Miscanthus, elles répondent à des enjeux complémentaires : tête d'assolement pour la première (aide à préparer le sol à une nouvelle culture), protection des zones de captage d'eau pour la seconde (compatibilité d'une culture ne nécessitant pas d'intrant avec la qualité de l'eau).

L'exploitation des fibres ou granulats de ces plantes dans le secteur bâti en complète la valeur ajoutée.

Pour info : « Le béton est la matière la plus consommée au monde après l'eau, avec plus de 6 milliards de m³ par an. La fabrication du ciment nécessaire à la confection des bétons soit 5 milliards de tonnes en 2013, produit à elle seule, 5 à 7 % des gaz à effet de serre mondiaux. La production croît de plus en plus rapidement et pourrait atteindre plus de 7 milliards de tonnes en 2020. Quant à l'extraction du sable, elle ne cesse également de croître, entraînant un épuisement rapide des ressources remettant en cause l'existence même de plages. »

Des matériaux pouvant nécessiter moins d'énergie pour leur production (énergie grise)

L'énergie grise nécessaire à la production des matériaux présente une forte variabilité. Les matériaux biosourcés sont plutôt bien positionnés, a fortiori ceux qui demandent peu de transformation (bottes de paille, chènevotte en vrac ou copeaux de bois). La fibre de bois très haute densité marque pour sa part une performance médiocre sur le plan de l'énergie grise, même si son bilan carbone est satisfaisant.



Nota: la base de données de référence Baubook s'appuie sur les données internationales ecoinvent et non pas sur les FDES et la base Inîès.

Des matériaux qui contribuent au stockage de CO₂ et sont généralement moins émissifs lors de leur production

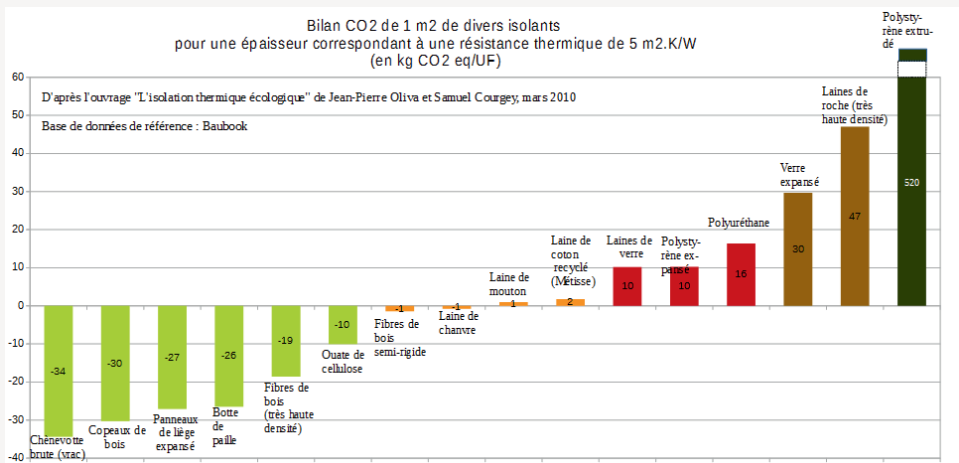
Dès 2001, la Charte nationale Bois-construction-environnement indiquait « *le bois contribue à la réduction de l'effet de serre en stockant durablement dans les constructions le gaz carbonique absorbé par la forêt.* »

En 2014, la loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt précise à son tour qu'est « *reconnu d'intérêt général: [...] 5° la fixation du CO₂ par les bois et forêts et le stockage de carbone dans les bois et forêts, le bois et les produits fabriqués à partir de bois, contribuant à la lutte contre le changement climatique* ».

La loi de transition énergétique pour la croissance verte étend en 2015 cette affirmation législative plus généralement aux matériaux biosourcés: « *l'utilisation des matériaux biosourcés concourt significativement au stockage de carbone atmosphérique* ».

L'empreinte carbone, associée à la production des matériaux biosourcés est plutôt favorable (stockage de carbone du matériau, process de fabrication souvent moins émetteur).

Ci-dessous, en vert, les isolants « puits de carbone », peu transformés ou denses, en orange, les isolants neutres et au-delà, les isolants au bilan carbone défavorable, minéraux ou synthétiques.



Nota: la base de données de référence Baubook s'appuie sur les données internationales ecoinvent et non pas sur les FDES et la base Inîès.

Des filières porteuses de développement économique en faveur de la transition énergétique pour la croissance verte

Les matériaux biosourcés permettent de réduire l'empreinte environnementale du bâtiment. Ils ont toute leur place, dans un contexte où un bâtiment ne sera prochainement plus évalué uniquement à partir de ses performances thermiques (réglementation thermique) mais également de son impact sur le milieu et dans une logique de cycle de vie (réglementation environnementale). Des perspectives réelles de développement économique sont donc identifiées pour ces nouvelles filières.

La filière « biomasse-matériaux » est l'une des 18 filières stratégiques de l'économie verte, identifiées en 2010 par une étude nationale du Commissariat Général au Développement Durable.

La filière « bois » est l'une des 34 filières d'avenir de la Nouvelle France Industrielle.

Karibati, société coopérative et participative agissant aux côtés des filières biosourcées du ministère de la Transition écologique et solidaire et du ministère de la Cohésion des territoires, anime la communauté scientifique des biosourcés pour la construction.

Une enquête menée en 2016 auprès d'une quarantaine de structures de recherche (laboratoires, centres techniques, universités...) a confirmé l'intérêt croissant et l'activité grandissante dans les travaux ayant trait aux matériaux biosourcés. 240 travaux de recherche ont donné lieu à des thèses et articles scientifiques publiés, parmi lesquels 69 ont été menés dans le cadre de projets industriels et 18 ont conduit à des dépôts de brevet. Ces travaux concernent majoritairement les bétons et les isolants biosourcés.

Une valorisation des productions locales d'un territoire

Le développement de l'utilisation de ces matériaux, a fortiori sur un territoire où la culture céréalière est très présente, offre l'opportunité de créer des débouchés complémentaires en développant des filières locales. Ces filières peuvent également favoriser les circuits courts locaux lorsque l'entreprise s'approvisionne directement auprès d'un groupe d'agriculteurs voisin.

Par ailleurs, l'émergence de ces filières impulse une dynamique en termes de développement de compétences locales pouvant répondre à une clientèle de plus en plus sensible aux matériaux biosourcés.

Le maintien d'un équilibre paysager et de l'identité des territoires

Nos paysages sont marqués par la sylviculture et l'agriculture. Ces activités perdurent grâce à une exploitation organisée et économiquement viable. Par ailleurs, l'identité des territoires s'est forgée sur des caractéristiques bâties particulières issues des matériaux locaux anciennement utilisés. L'utilisation de matériaux biosourcés voire locaux peut contribuer à préserver la qualité architecturale du patrimoine bâti d'un territoire.

Des matériaux adaptés au bâti ancien

L'usage des matériaux biosourcés dans le cadre de la réhabilitation du bâti ancien (construit avant 1948) concourt significativement à l'amélioration des performances de ce type de bâti. En effet, ces matériaux disposent de propriétés hygroscopiques qui « laissent respirer les murs » et permettent l'échange d'humidité avec l'air ambiant. De par leur composition, ils ont la capacité de stocker et de laisser passer la vapeur d'eau, pouvant ainsi contribuer à réguler le niveau d'humidité d'une pièce².

Emprisonner ces murs dans un caisson étanche à l'air engendre inévitablement des pathologies, voire une fragilisation de ces murs, car l'humidité est emprisonnée.

Quels sont les principaux points d'attention avec les matériaux biosourcés ?

L'utilisation d'un matériau doit, dans tous les cas, s'accompagner d'une prise en compte de ses caractéristiques techniques propres (thermique, hydrique, etc) pour trouver une réponse adaptée au stade de la conception et de la mise en œuvre et offrir ainsi toutes les garanties attendues.

S'agissant des matériaux biosourcés, les principaux points d'attention relèvent de leur sensibilité à l'humidité et au risque incendie.

Sur le premier point, il faut protéger les matériaux biosourcés de toute source d'humidité en phase chantier, aussi bien lors de la manutention, du stockage que de la mise en œuvre. Pendant la vie du bâtiment, il s'agit d'être attentif aux dégâts des eaux.

Pour ce qui concerne le risque incendie, une attention particulière doit être portée durant le chantier, aux interfaces entre corps d'état (par

² Référence bibliographique : «Etat des lieux des connaissances actuelles sur le fonctionnement hygrométrique des matériaux biosourcés », Document technique Constructions & Bioressources 2012.

exemple lorsqu'il y a utilisation d'un chalumeau dans le cadre de la réalisation d'une étanchéité, il ne doit pas y avoir de flamme chaude au contact d'un matériau biosourcé). Pendant la vie du bâtiment, il faut prévenir les risques d'échauffements qui peuvent découler de sources de chaleur mal isolées du matériau (par exemple des spots électriques ou conduits de fumée).

Comme pour les autres matériaux, il convient de rechercher les règles de l'art qui s'y réfèrent. Il peut s'agir de NF DTU, de recommandations professionnelles RAGE ou de règles professionnelles acceptées par la commission prévention produit (C2P) de l'Agence Qualité Construction.

Pour en savoir plus: les publications de l'Agence Qualité Construction intitulées « Isolants biosourcés: points de vigilance » (juin 2017), « Matériaux biosourcés: 12 enseignements à connaître » (août 2016), « La construction bois: 12 enseignements à connaître » (2017).

III – Questions et préjugés autour des matériaux biosourcés

« Les matériaux biosourcés, c'est une affaire d'auto constructeurs »

FAUX, le marché des matériaux biosourcés est en pleine évolution. La diversité des produits elle-même ne cesse de croître pour des usages similaires aux produits traditionnels.

Du côté des isolants, l'ASIV (association syndicale des industriels de l'isolation végétale) annonçait en 2016 une augmentation de +40% en 4 ans, pour atteindre 18 millions de m² installés, représentant 8% en part de marché.

Soucieux d'exemplarité et soutenus par des bonifications financières, de plus en plus de maîtres d'ouvrages publics ou bailleurs sociaux s'engagent aujourd'hui dans la construction ou la réhabilitation avec des matériaux biosourcés. Des exemples de projets peuvent être consultés sur les sites internet suivants :

Cartographie de projets biosourcés :

http://www.envirobatcentre.com/ecoconstruction/batimentsbiosources/cartographie-biosource-304.html?form_criterium=154

Panorama de la construction bois :

<http://www.arbocentre.asso.fr/construire/panorama-construction-bois.html>

Panorama de la construction paille :

<http://centre-valdeloire.constructionpaille.fr/panorama/>

« Le bois, la paille, ça brûle ! »

OUI et NON, comme de nombreux matériaux de construction, le bois ou la paille peuvent brûler. Cependant, il s'agit de définir ce que l'on entend par « brûler ».

Dans le domaine du bâtiment, l'usage du bois ou, de manière plus générale, l'usage des matériaux biosourcés n'est pas interdit. Comme pour les matériaux dits « traditionnels », des solutions constructives permettent au complexe final des parois de respecter les prescriptions réglementaires liées au comportement au feu. Il est possible d'agir sur les calfeutrements, plaques de protection, parements, systèmes d'obturation de lame d'air, etc.

Le comportement au feu est défini dans l'article R121-2 du Code de la construction et de l'habitation, et se caractérise par :

- la réaction au feu : c'est-à-dire la capacité du matériau à propager l'incendie et contribuer au développement du feu ;
- la résistance au feu : c'est-à-dire le temps pendant lequel les éléments de construction peuvent jouer le rôle qui leur est dévolu, malgré l'action d'un incendie.

Des essais au feu ont déjà été réalisés dans le cadre du « Plan bois 1 ». Cette étude intitulée « étude du comportement au feu de parois et planchers constitués de structures bois » est disponible sur le site du ministère de la Transition écologique et solidaire à l'adresse suivante :

<http://www.cohesionterritoires.gouv.fr/utilisation-du-bois>.

Il ressort de cette étude que, quel que soit le matériau isolant employé (biosourcé ou non), la variabilité du classement de résistance au feu (EI et REI) est liée au type de parement des parois verticales ou d'écran des planchers. Cette étude n'est pas défavorable aux matériaux biosourcés. Deux fiches synthétiques sur l'incendie et les matériaux biosourcés sont disponibles sur le site Internet de la DREAL Centre-Val de Loire et sur le site Internet d'Envirobot Centre :

- « matériaux biosourcés & incendie »
- « bases de la réglementation incendie »

« Le bois ça attire les termites »

OUI et NON, lors de la construction, le recours à du bois sec est la première des mesures de préservation du bois. Par ailleurs tous les bois n'ont pas la même résistance aux insectes. Le chêne, le châtaigner, le mélèze ou le douglas sont à privilégier.

« La paille, ça attire les insectes, les termites! »

FAUX, principalement constituée de silice, la paille est bien trop dure pour nos espèces d'insectes et de termites européens.

« La paille, ça attire les rongeurs! »

FAUX, une fois correctement protégée par un enduit ou une plaque de finition (Fermacel, OSB...) la paille devient inaccessible aux rongeurs. Par ailleurs, il est beaucoup plus facile pour les rongeurs de construire des galeries dans un isolant sous forme de laine que de s'introduire dans de la paille compressée.

« Durabilité et qualité technique des matériaux biosourcés, quelles garanties? »

Les matériaux biosourcés sont à la croisée des chemins entre techniques ancestrales (enduit, paille) et innovation. Ainsi, les solutions vernaculaires biosourcées sont de plus en plus réadaptées dans des techniques nouvelles. Par ailleurs, des produits comme la fibre de bois, la ouate de cellulose, le béton de chanvre, utilisés depuis quelques décennies, démontrent leur bonne tenue et longévité.

Les matériaux biosourcés doivent répondre aux mêmes exigences que n'importe quel produit de construction et se soumettre aux différents dispositifs d'évaluation et certification technique, selon des protocoles bien définis.

De nombreux isolants biosourcés bénéficient d'un avis technique (ATEc) ou d'une appréciation technique d'expérimentation (ATEx). La commission prévention produit, de l'Agence Qualité Construction (AQC), informe sur son site internet de tous les avis techniques classés en liste verte, c'est-à-dire ne présentant pas de risque aggravé pour leur utilisation.

<http://listevertec2p.qualiteconstruction.com/>

La certification ACERMI concerne plusieurs dizaines de produits d'isolation, aussi bien la ouate, la laine de bois ou la fibre de bois et intègre d'autres produits à base de matière d'origine végétale comme le coton recyclé, le liège expansé,...

Matériaux isolants bénéficiant d'une évaluation et/ou certification

MATÉRIAU	PRODUIT	PASS INNOVATION	ATEC, DTA	ATEX	ATE	ACERMI	REGLES PROFESSIONNELLES	NORMES EUROPEENNES HARMONISEES
CHANVRE	Panneau/rouleau		X		X	X		
	Vrac							X
	Préfabriqué béton	X						
	Béton projeté/banché			X			X	
PAILLE	Bottes						X	
	Panneau compressé			X				
OUATE DE CELLULOSE PAPIER	Vrac (soufflé, insufflé, projeté)		X			X		X
	Panneau/rouleau		X			X		
OUATE DE CELLULOSE CARTON	Vrac (soufflé, insufflé, projeté)		X	X		X		
BOIS	Panneau semi rigide					X		X
	Panneau rigide		X			X		X
	Béton		X					
TEXTILE RECYCLÉ	Panneau/rouleau		X	X	X	X		
	Vrac		X		X	X		X
LIÈGE	Panneau rigide					X		
LIN	Panneau semi rigide		X			X		
	Panneau rigide		X					
	Linoléum		X					
HERBE DE PRAIRIE	Panneau				X			

Comme pour les matériaux traditionnels, la pérennité est liée à la qualité de mise en œuvre du matériau.

Il importe de se référer aux règles de l'art :

- NF-DTU,
- recommandations professionnelles RAGE,
- <http://www.qualiteconstruction.com/pole-prevention-produits>

Les publications de l'Agence Qualité Construction sur les enseignements des matériaux biosourcés et constructions bois permettent par ailleurs d'attirer l'attention sur les principaux points de vigilance à observer dans la mise en œuvre et la vie du bâtiment.

Parmi les illustrations démontrant la durabilité des matériaux biosourcés, on citera le cas de la maison Feuillette, située à Montargis dans le Loiret. Cette maison, construite en 1920 en ossature bois et remplissage paille, est la plus ancienne d'Europe. Elle est désormais la figure emblématique de la filière paille et héberge le Centre National de la Construction Paille. La durabilité des matériaux biosourcés fait l'objet de nombreuses études et recherches.

Sur la ouate de cellulose, diverses expériences, en Autriche notamment, ont permis de constater que l'isolant insufflé n'avait pas subi de tassement, de déformation ni de moisissure plus de 20 ans après sa mise en œuvre.

« Les matériaux biosourcés, c'est plus difficile à mettre en œuvre »

FAUX, il existe de nombreux textes de référence encadrant chaque matériau (normes, cahiers de prescriptions techniques, règles professionnelles, avis techniques...). Ils sont essentiels à la bonne mise en œuvre des matériaux. Le risque de désordres n'est effectivement pas lié au matériau lui-même mais relève le plus souvent de défaut de prescription ou de mise en œuvre.

L'association ENVIROBAT Centre avec l'appui des professionnels de la région Centre-Val de Loire, propose aux maîtres d'ouvrage, architectes, maîtres d'œuvre et entreprises locales, un accompagnement relatif à la mise en œuvre de matériaux d'isolation biosourcés.

L'association ARBOCENTRE organise régulièrement des formations et des rencontres sur les matériaux de structure à destination des professionnels.

à savoir : certaines laines isolantes biosourcées, du fait qu'elles sont plus fibreuses, demandent dans leur découpe, un matériel légèrement différent que les laines minérales.

« Avec des matériaux biosourcés, plus besoin de ventiler son logement! »

FAUX, la réglementation impose des débits d'air dans les logements en vue d'assurer un renouvellement d'air correct. La réglementation n'impose pas de mécanisme particulier ni de matériaux spécifiques.

Il faut se garder d'un amalgame entre qualité perspirante d'une paroi et renouvellement d'air. Les matériaux biosourcés n'assurent pas de fonction de renouvellement d'air dans un bâtiment!!!

Pour plus de renseignements, nous vous invitons à consulter la page internet « Aération/Ventilation » du ministère de la Cohésion des territoires : <http://www.cohesion-territoires.gouv.fr/aeration-ventilation>.

« Les matériaux biosourcés, c'est plus cher... »

NON, il est difficile d'affirmer que l'emploi de matériaux biosourcés coûte plus cher que des matériaux traditionnels. Les études manquent encore sur ce point mais des exemples existent de projets réalisés à coût considéré comme usuel.

Vouloir comparer le prix brut d'un matériau biosourcé à celui d'un matériau plus traditionnel est une question vaine. Ce qui compte pour le client, c'est le prix final qui lui sera facturé. Or, celui-ci est intimement lié à divers paramètres :

- le coût d'approvisionnement du matériau, qui peut dépendre du volume usuellement commandé par l'entreprise et de la distance d'approvisionnement ;
- le coût des matériaux annexes indissociables de la mise en œuvre du matériau principal (film pare-vapeur, frein-vapeur, rails de pose, finition...);
- le coût de la main d'oeuvre nécessaire à la pose, qui dépend du niveau de formation de l'entreprise et de son habitude à travailler tel ou tel matériau, mais également de la complexité du chantier liée aux sujétions techniques (accessibilité, etc) ;
- les charges fixes de l'entreprise elle-même.

La part du « biosourcé » dans un projet pèse parfois très peu dans le projet final, si l'on ajoute l'ensemble des postes. A contrario, dans le cas où le projet de construction repose sur une ossature bois et remplissage isolant végétal, la part « biosourcée » est plus prégnante mais le mode constructif lui-même implique d'être considéré dans son ensemble et non pas indépendamment des autres postes.

Dans le cas d'un panneau préfabriqué intégrant les passages de réseaux, le process même induit des bascules de coût d'un poste sur un autre.

En construction neuve, le recours aux matériaux biosourcés est aussi fréquemment associé à la recherche d'une performance énergétique accrue par rapport à un projet traditionnel. La part de l'éventuel surcoût du projet est donc imputable à des paramètres multiples.

En rénovation, pour soutenir le recours aux matériaux biosourcés, la région Centre-Val de Loire a mis en place une bonification financière visant à absorber le surcoût théorique lié à ces matériaux, du fait d'une démocratisation encore insuffisante.

L'accroissement de la demande en matériaux biosourcés attendu par la loi de transition énergétique pour la croissance verte, prochainement imposée par le passage d'une réglementation strictement thermique (RT 2012) à une réglementation environnementale (RT 2018-2020), devrait concourir à un abaissement des coûts.

La démocratisation d'un produit agit de fait, aussi bien sur la structuration de la chaîne de production que sur le coût de la main d'œuvre. L'entreprise, habituée à un process de mise en œuvre, sera en effet plus performante que celle qui doit sortir de son champ d'action traditionnel (recours à la sous-traitance, filière d'approvisionnement non maîtrisée, perte de temps sur chantier).

C'est pour ces raisons qu'il est conseillé, lorsque la volonté de recourir à des matériaux biosourcés est émise par le maître d'ouvrage, d'intégrer ceux-ci dès le début du projet, plutôt qu'en option à une solution de base. La pratique de l'option conduirait inévitablement à des réponses d'entreprises n'ayant pas l'habitude de ces matériaux. Ces dernières repercuteraient sur le prix leur propre risque ou incertitude.

L'emploi de matériaux biosourcés, hors sentiers battus, doit-être adapté au projet et accompagné par des professionnels qui sauront optimiser leur utilisation et faciliter leur mise en œuvre par la conception même du bâtiment.

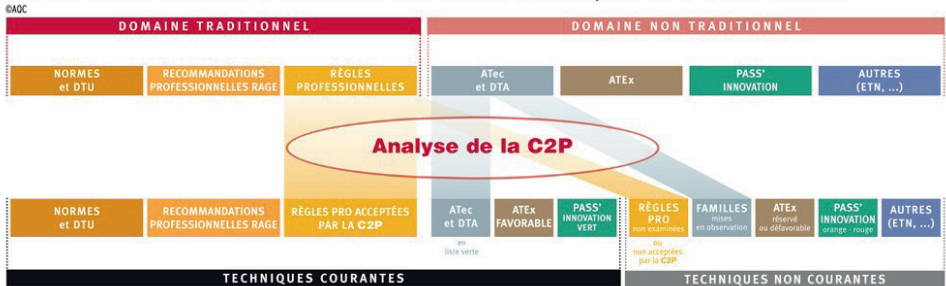
Enfin, il est essentiel de s'attacher au coût global d'un projet, sur l'ensemble de son cycle de vie. Dans ce type d'exercice, l'effort de conception initiale est généralement vite rentabilisé dans la phase d'exploitation du bâtiment.

« Les assurances ne prennent pas en compte les matériaux biosourcés »

FAUX, de manière à estimer les risques liés à une technique de construction, les assurances distinguent les techniques dites « courantes » (TC) des techniques dites « non courantes » (TNC). Les TC sont des techniques qui font référence à des matériaux et modes de construction éprouvés de longue date. Pour les TC, les travaux sont réalisés selon des documents techniques reconnus tels que les normes et documents techniques unifiés (DTU), les recommandations professionnelles RAGE, les règles professionnelles acceptées par la commission prévention produits (C2P), les Avis Techniques et Documents Techniques d'Application (DTA) dans la liste verte de la C2P, les Avis Techniques Expérimentaux (AteX) favorables ou les Pass'Innovation vert.

Par définition, toutes les autres techniques qui ne font pas référence à l'un de ces cadres techniques sont considérées comme des TNC.

La C2P (Commission Prévention Produits mis en œuvre) de l'AQC, un lien entre domaine traditionnel ou non et techniques courantes ou non



Graphique issu de la page Internet de l'Agence Qualité Construction

Au niveau français, les normes et les DTU ne sont pas disponibles librement. Ces dernières sont vendues dans les boutiques de l'Association Française de Normalisation (AFNOR) et du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB).

Les ATec et DTA, sont disponibles auprès du CSTB. Ces documents sont aussi disponibles sur la liste verte de la C2P (sur le site Internet de l'AQC). Il s'agit de « la liste des produits, et/ou procédés, bénéficiant d'un Avis Graphique issu de la page Internet de l'Agence Qualité Construction Technique ou d'un Document Technique d'Application en cours de validité, qui ne sont pas mis en observation par la C2P. C'est la référence en la matière car un produit peut faire partie d'une famille mise en observation et ne pas être lui-même mis en observation. Cette liste est mise à jour régulièrement sur le site de l'AQC. »

Les Atex et les Pass'Innovation sont accessibles depuis le site Internet du CSTB.

Les TC sont généralement garanties par les contrats d'assurance. Toutefois, il s'agit d'une notion contractuelle qui peut varier d'une assurance à une autre.

Pour les TNC, une déclaration préalable à l'assureur est nécessaire. Cette déclaration doit-être réalisée le plus tôt possible dans la gestion du projet.

« Quelle fin de vie pour les matériaux biosourcés ? »

Dans le secteur du bâtiment, moins de 50 % des déchets seraient actuellement valorisés³.

Les différentes filières de valorisation possible des matériaux issus des opérations de construction ou démolition sont : la réutilisation des matériaux, le recyclage, le remblayage, la valorisation énergétique. Sans valorisation possible, on est en présence de déchets ultimes pour lesquels ne reste que la mise en décharge ou l'incinération.

L'objectif national, à l'horizon 2020 en matière de valorisation des matériaux de construction-démolition est de 70 %⁴. La gestion de fin de vie des matériaux biosourcés, représente un enjeu d'autant plus important qu'un développement conséquent de ces derniers est attendu au cours des prochaines années.

Afin de mieux appréhender les problématiques liées à leur valorisation enfin de vie, l'ADEME a piloté, en 2014, une étude portant sur l'identification et la valorisation de leurs gisements, actuellement et à l'horizon 2020-2030⁵.

« En marché public, peut-on prescrire un matériau biosourcé ? »

OUI, c'est possible, dès l'instant que les règles de base de la commande publique sont respectées.

Dans son guide de l'achat public éco-responsable « Le bois, matériau de construction » (2007), l'Observatoire économique de l'achat public expose trois cas au paragraphe 2.2 : Le maître d'ouvrage ne souhaite

3 source : « enquête sur les déchets produits par l'activité de construction en France en 2008 » SOeS 2010.

4 source : « secteurs et filières de production des matériaux et produits biosourcés utilisés dans la construction » MEDDE 2012.

5 source : « identification des gisements et valorisation des matériaux biosourcés en fin de vie en France » ADEME avril 2014.

pas de bois dans son projet, le maître d'ouvrage souhaite du bois dans son projet, le maître d'ouvrage n'a pas de préférence particulière. Ces exemples sont transposables aux autres matériaux biosourcés.

Depuis le 1^{er} avril 2016, le code des marchés publics 2006 est abrogé. Dorénavant, les achats publics sont réalisés en conformité de l'ordonnance n°2015-899 du 23 juillet 2015 relative aux marchés publics et ses décrets d'application, notamment le décret n°2016-360 relatif aux marchés publics.

Les évolutions apportées ne remettent pas en cause les principes précédents et laissent davantage de place à l'innovation et au « sourcing ». Une vigilance particulière doit être apportée : il ne peut être fait mention d'un produit commercial donné (notion d'équivalence) ni d'une origine/provenance.

Pour plus de renseignements, il est possible de consulter les fiches réalisées sur ce thème par la DREAL Centre-Val de Loire :

<http://www.centre.developpement-durable.gouv.fr/fiches-thematiques-surles-materiaux-biosources-a2480.html>,

ou la page Internet « Commande publique » de la Direction des Affaires Juridiques :

<http://www.economie.gouv.fr/daj/commande-publique>.

IV - Terminologie

Affaiblissement acoustique (R_w) : représente la quantité de bruits aériens extérieurs (trafic routier, ferroviaire, aérien) ou intérieurs (conversation, hifi, télévision...) transmis par l'air, les murs ou les cloisons séparant les locaux. **Plus l'indice est élevé, plus le matériau atténue ces bruits.**

Biodégradabilité théorique : définit si le matériau est biodégradable ou recyclable. Cependant certains matériaux recyclables sont placés en décharge sans être recyclés.

Capacité hygroscopique (kg/m^3) : reflète la capacité d'un matériau à absorber le surplus d'humidité ou de vapeur d'eau de l'air et à le restituer quand il s'assèche. **Plus la capacité est importante, plus le matériau pourra absorber d'humidité.**

Chaleur spécifique ($\text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}$) : capacité de l'isolant à emmagasiner de la chaleur par rapport à son poids. Il s'agit de la quantité de chaleur à apporter à 1 kg de matériau pour que sa température s'élève de 1 degré. **Plus la chaleur spécifique est élevée, plus le matériau peut stocker de la chaleur pour un poids donné.**

Coefficient de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau (s_d en m.) : indique dans quelle mesure un matériau s'oppose à la migration de la vapeur d'eau. **Plus le coefficient est faible, moins le matériau s'oppose à la diffusion de la vapeur d'eau et donc moins la stagnation d'humidité dans le bâtiment est importante.**

Conductivité thermique ($\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$) : représente le flux de chaleur par mètre carré traversant 1 mètre de matériau homogène, pour une différence de température de 1 degré entre deux faces. **Plus la conductivité thermique est faible, plus le matériau est isolant.**

Déphasage (h) : indique en combien d'heures, le pic de chaleur de la journée atteint à l'extérieur est ressenti à l'intérieur du bâtiment. **Un bon déphasage est de 10 heures minimum, afin que la chaleur accumulée durant la journée ne soit transmise que le soir, au moment où la température extérieure rafraîchit le bâtiment.**

Diffusivité (m^2/s) : exprime la vitesse de déplacement de la chaleur dans un matériau. **Plus la diffusivité est faible, plus le transfert de chaleur est lent.**

Effusivité ($J/m^2.K.s^{1/2}$): caractérise la capacité d'un matériau à absorber ou restituer plus ou moins rapidement un apport de chaleur. **Plus l'effusivité est élevée, plus le matériau stocke de chaleur sans que sa température ne s'élève significativement.**

Energie grise (kWep/kg): quantité d'énergie nécessaire lors du cycle de vie d'un matériau, de sa production à sa fin de vie. **Plus l'énergie grise est faible, moins le matériau consomme d'énergie.**

FDES: fiche de déclaration environnementale et sanitaire d'un matériau.

GES (gaz à effet de serre): substance gazeuse qui a la caractéristique d'absorber le rayonnement infrarouge produit par la terre. Les GES sont la cause du réchauffement climatique. Les principaux GES d'origine humaine sont le CO_2 , le méthane et le protoxyde d'azote.

Hygrométrie: taux d'humidité d'un matériau.

Indice d'affaiblissement acoustique (dB): représente la résistance d'un matériau contre le passage d'un bruit. **Plus l'indice est élevé, plus le matériau limite le passage des bruits.**

Inertie thermique: capacité d'un matériau à accumuler de la chaleur puis à la restituer. L'inertie permet donc d'écrêter les pics de température de jour comme de nuit. **Plus l'inertie est importante, plus le matériau apporte un effet régulateur de température.**

Résistance thermique ($m^2.K/W$): critère d'évaluation de la performance d'un isolant. Elle dépend de la conductivité thermique du matériau et de son épaisseur. **Plus la résistance thermique est élevée, plus le matériau est isolant.**

Perméance ($g/m^2.h.mmHg$): quantité de vapeur d'eau traversant en 1 heure, $1 m^2$ de matériau, pour une différence de pression partielle de 1 mmHg entre les deux faces. **Plus la valeur est élevée, plus la vapeur traverse aisément la paroi.**

V – Pour aller plus loin : ressources utiles

- Une vidéo générale sur l'emploi des matériaux biosourcés dans la construction. Ce film, d'une durée de 14 minutes, traite de l'ensemble des points liés à l'usage des matériaux biosourcés dans le bâtiment neuf ou ancien et apporte les preuves au travers d'avis d'experts de la construction (ministère de la Transition écologique et solidaire, ministère de la Cohésion des territoires, Scop Karibati, architecte DPLG du Parc Naturel de la Brenne, Agence Qualité Construction, Centre d'Expertise et de Recherche de l'Industrie du Béton), des possibilités d'usage de ces matériaux dans la construction et la réhabilitation de bâtiments.
- Vidéo de présentation du projet REBATBio et des outils associés (dont mallette pédagogique sur les biosourcés)
- Vidéos techniques sur la mise en œuvre de matériaux biosourcés pour la rénovation performante du bâti ancien (projet REBATBio)
- Des formations en ligne disponibles sur la plateforme « MOOC » Bâtiment Durable :
 - « Découvrir le bâtiment biosourcé », développée par KARIBATI et Ville & Aménagement durables, deux acteurs fortement impliqués sur le sujet.
- Des bases de données disponibles sur le site de Vegetal(e) : veille en continu pour capitaliser et diffuser toutes les informations concernant les matériaux et les constructions biosourcés.
- Des dossiers thématiques sur le site du ministère de la Cohésion et des territoires :
- Une fiche technique PRISME (Programme International de Soutien à la Maîtrise de l'Énergie) produite par l'Institut de la Francophonie pour le développement Durable (IFDD) en décembre 2016 :
 - « les matériaux de construction biosourcés ».

La construction durable est confrontée à une opposition entre son pilier social, qui exige de construire plus et son pilier environnemental, qui demande à limiter la production de matériaux. La fiche PRISME « Matériaux de construction biosourcés » explique comment utiliser les matériaux de construction biosourcés et pourquoi ils sont en mesure d'apporter un ensemble de réponses directes (stockage du carbone, consommation d'énergie grise, renouvelabilité des matières premières) et indirectes (efficacité énergétique, confort, santé, emplois, développement local, etc.) aux enjeux de la construction durable.

Réalisation

Direction régionale de l'Environnement
de l'Aménagement et du Logement
du Centre-Val de Loire

Textes

Pascale Festoc
Catherine Harrault

Comité de relecture

Envirobot Centre
Chambre Régionale de Métiers et de l'Artisanat du Centre-Val de Loire
Comité de suivi du projet REBATBio

Graphisme et impression

Imprimerie CORBET à Olivet (45160)

Remerciements

à toutes les personnes qui ont apporté leur écoute, leur soutien
et leur regard critique dans la phase d'élaboration du livret
et ont ainsi contribué à l'aboutissement de ce document.

Édition

Juillet 2018



Réhabilitation Energétique du Bâti Ancien à l'aide de matériaux Biosourcés

Financé par :

Réalisé avec le concours financier de



Programme d'Action pour la qualité de la
Construction et la Transition Énergétique



et



Avec le soutien de :

