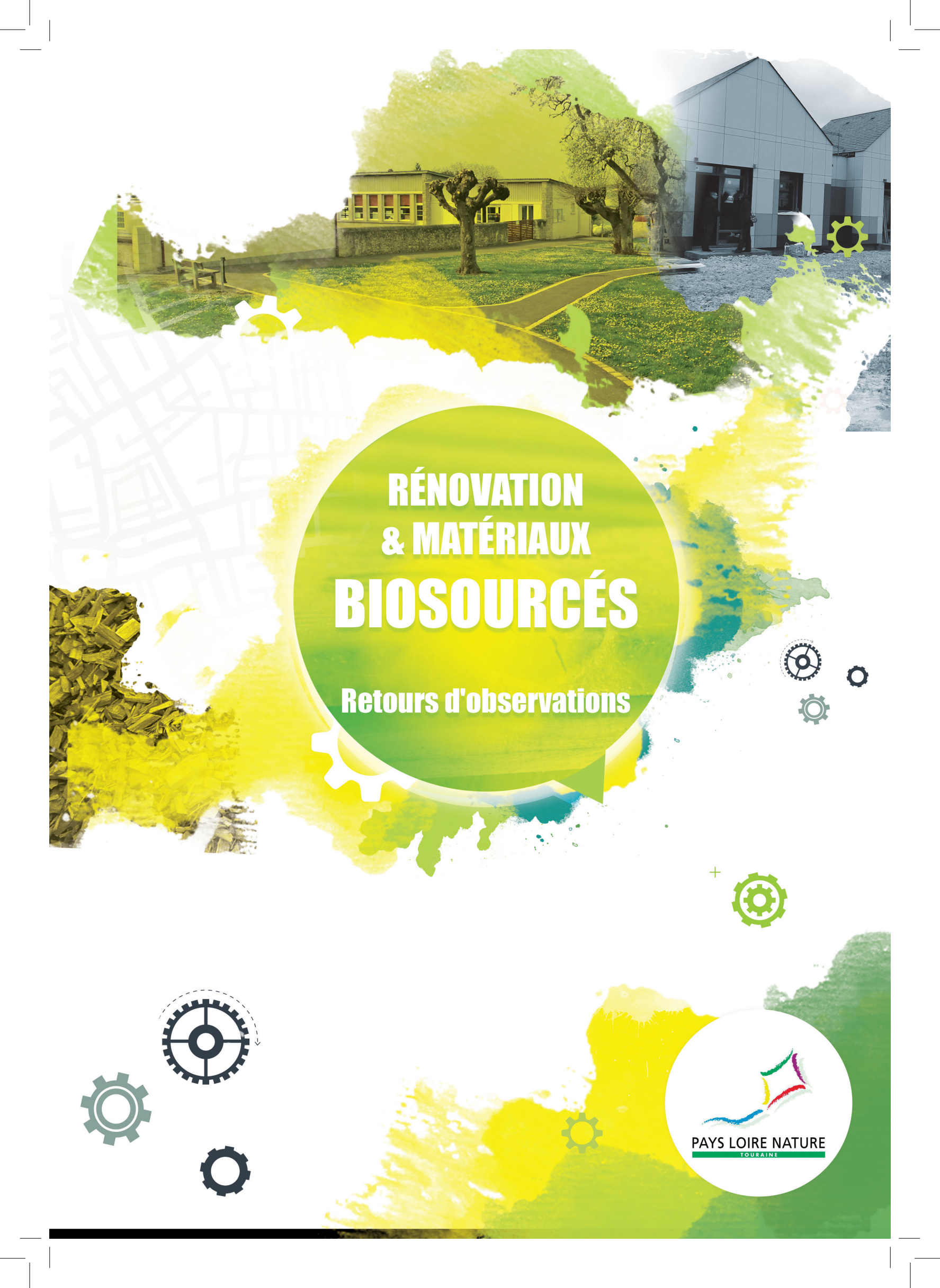




RÉNOVATION & MATÉRIAUX BIOSOURCÉS

Retours d'observations



PAYS LOIRE NATURE
TOURAINÉ

PRÉSENTATION REX OPÉRATIONS « RÉNOVATION »

Éléments de contexte

1. Pourquoi ce livret ?

La réalisation de ce livret fait suite aux travaux menés sur le Plan Climat par le Pays Loire Nature et qui, dans le secteur du bâtiment, ont fait ressortir les pistes de travail suivantes :

- ✓ **TRAVAILLER SUR LA RÉNOVATION DE BÂTI**
(économie d'énergétique, valorisation patrimoniale, préservation et mise en valeur des centres-bourg, etc.)
- ✓ **BAISSER L'IMPACT CARBONE DU TERRITOIRE**
(impact climatique, réduction énergies importées, etc.)
- ✓ **ENCOURAGER L'ÉCONOMIE LOCALE**
(montée en compétence, économie circulaire, circuit court, emploi local, etc.)

Parce qu'ils sont issus de la biomasse, qu'ils captent du carbone pour leur croissance, qu'ils sont produits localement et qu'ils sont performants, le recours aux matériaux biosourcés est apparu comme une des solutions à promouvoir dans le secteur du bâti.

En effet, reconnu comme un des secteurs à fort potentiel économique par le Commissariat Général du Développement Durable dès 2013, le développement des filières vertes telles que celles des matériaux biosourcés (d'origine végétales ou animales) représente ainsi un trait d'union entre le secteur du bâtiment et celui de l'agriculture.

Afin de mesurer l'intérêt et le recours local envers ces matériaux, le Pays Loire Nature, appuyé par des partenaires locaux, a réalisé dès 2015 un état des lieux ainsi que des actions de sensibilisation envers les acteurs professionnels du territoire sur les thématiques liées aux matériaux biosourcés et à la rénovation énergétique.

L'étude réalisée a permis de lever les points suivants :

- ✓ Les ressources locales existent et les agriculteurs sont intéressés, mais pour s'engager, ils ont besoin d'avoir une vision claire sur la commande (du bâtiment mais aussi d'autres secteurs susceptibles d'être concernés – Cosmétique, plasturgie, etc.)
- ✓ Les entreprises suivront l'évolution du marché et donc de la commande. Dans ce contexte, elles seront prêtes à changer leurs pratiques voire à se former quant à leur usage. Mais il y a aussi des craintes et des aprioris quant à la disponibilité de ces matériaux (fournisseurs) et une méconnaissance sur leurs diversités et caractéristiques.
- ✓ Comme pour toute évolution dans le secteur bâti, la **commande publique** permet d'encourager le marché et de témoigner du possible. Cependant ici aussi, on constate une méconnaissance de ces matériaux et de forts aprioris (durabilité, coûts plus élevés, capacités techniques, etc.) qui touchent la commande ainsi que les **acteurs de la conception**.

Quelque soit le secteur, le frein le plus important après l'appréhension du coût concerne les habitudes de travail, la pratique de ces matériaux (prescription, mise en œuvre).

Pour le développement du recours à ces matériaux et donc la levée des opportunités en terme d'économie locale, de disponibilités (et donc de coût), d'impact carbone et de montée en compétence, ces constats représentent des freins. Il convient alors d'en observer les effets sur les projets afin d'accompagner le transfert de connaissances, l'évolution des pratiques et de limiter les contre-performances.

A une échelle modeste, c'est dans cette perspective que ce livret a été réalisé. Témoin d'observations menées sur le territoire du Pays Loire Nature, il ne vise en aucun cas l'exhaustivité mais interroge plutôt la mise en pratique des volontés, engagements et évolutions qui touchent les acteurs du secteur bâti.

Ne disposant pas de l'ensemble des éléments financiers de chaque projet, les questions de coût ne seront pas abordées dans ce document.

Par le biais d'analyses de pièces, de suivis de chantiers et d'échanges avec différents acteurs œuvrant sur des projets de rénovation, notre regard s'est orienté pour la réalisation de ce livret, sur les questions suivantes :

- Pourquoi et comment sont prescrits ces matériaux ?
- Comment leur recours impacte le projet et son déroulement ?
- Invitent-ils à porter des attentions particulières ou génèrent-ils des changements de pratique ? etc.

Construit sur la base de retours d'expériences, ce document vise ainsi à interroger l'ensemble des parties prenantes d'un projet sur leurs pratiques, la répercussion des choix opérés sur le projet et rappelle l'attention à porter au partage d'objectif à chaque étape du projet et auprès de chaque acteur impliqué. Ceci dans la perspective d'un bâtiment de qualité plus confortable, durable et performant.

2. De quoi parle-t-on ?

Nos observations porteront sur des projets de rénovation énergétique ayant recours à l'utilisation de matériaux biosourcés. Nous nous intéresserons donc principalement à la mise en œuvre de matériaux d'isolation.

2.1 Pourquoi la rénovation énergétique ?

Que ce soit en terme d'économie d'énergie, d'espace (valorisation patrimoniale, préservation et mise en valeur des centres-bourgs, lutte contre l'étalement urbain et l'artificialisation des sols, etc.), ou de matière (reconversion de bâtiment, économie de matières extraites), le secteur de la rénovation synthétise un ensemble de contraintes, enjeux et opportunités qui en font un excellent levier d'action économique et environnementale. Par ailleurs, le bâti ancien, très présent en Région Centre-Val de Loire, invite par son fonctionnement, à s'intéresser aux matériaux biosourcés.

Il est important de mettre en lumière ici le fait que **les travaux de rénovation énergétique** qui vont engendrer le renforcement de **l'isolation** des ouvrages bâtis existants, risquent d'en modifier le comportement sur trois aspects :

1. L'étanchéité à l'air :

Corolaire indissociable de l'isolation, elle vise à atteindre le niveau de **performance thermique** recherché par la suppression des entrées d'airs parasites. Elle aura également un impact bénéfique sur l'acoustique et contribuera à limiter les risques de dommages structurels liés à la condensation dans les parois.

Attention néanmoins, étanchéité à l'air ne signifie pas étanchéité à la vapeur d'eau.

2. La ventilation :

Indispensable pour assurer une bonne **qualité de l'air** à l'intérieur des ouvrages. Son rôle est également de contribuer à assécher l'air ambiant et donc à gérer l'humidité sous forme de vapeur dans le bâtiment.

Certains ouvrages jusqu'ici non ventilés le deviendront systématiquement.

3. Gestion de l'humidité :

Le renforcement de l'isolation des parois va modifier les écarts de température des parois intérieures et extérieures et donc augmenter les **risques de condensation** (eau sous forme liquide).

Sur les ouvrages anciens, il faudra également traiter ou à minima prendre en compte les remontées **capillaires**.

L'équilibre de fonctionnement de ce triptyque est fondamental pour limiter les risques de désordre dans le bâtiment. Ainsi l'approche globale et le souci constant de respecter cet équilibre par des choix cohérents à chaque étape du projet doit être au cœur d'un projet de rénovation.

Par ailleurs, chaque projet de rénovation étant un projet à part entière, disposant de ses propres contraintes techniques et financières, la mise en œuvre de solutions standardisées sera plus difficile en rénovation qu'en neuf et quasiment impossible en rénovation de bâtiment ancien.

2.2 Pourquoi les matériaux biosourcés ?

L'intégration des matériaux biosourcés dans le bâtiment n'est pas récente. En effet, chaque territoire en France dispose d'un patrimoine vernaculaire témoin des savoir-faire mais aussi de l'utilisation des ressources locales, géologiques et végétales.

La période industrielle a profondément modifié ces pratiques en les relayant sur le banc des exceptions ou du domaine privé. Une partie des savoir-faire se sont perdus ainsi que la reconnaissance des qualités de ces matériaux.

Depuis 1996 néanmoins, les pouvoirs publics, au travers de la réglementation, incitent le recours aux matériaux biosourcés au regard de leurs intérêts environnementaux et économiques.

Zoom Matériaux
biosourcés
Page 21

RÈGLEMENTATION ET BIOSOURCES

1996 : Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie

Le bois est reconnu pour ses qualités techniques et sa capacité à stocker du carbone atmosphérique.

2009-2010 : Les lois Grenelle I et II

Incitent l'adaptation des normes de la construction au matériau bois.

2010 : Plan « Bois » et Plan « Matériaux de construction biosourcés » élaborés par la DHUP

Programmes d'actions nationales visant à lever les freins liés à l'utilisation de matériaux biosourcés dans la construction.

2012 : Mise en place du label réglementaire pour la construction neuve « Bâtiment Biosourcé »

Incitation à la mise en œuvre de matériaux biosourcés dans la construction neuve.

2013 : Territorialisation de la démarche « filière verte » - DREAL engagées dans le développement et le soutien des

filiales vertes

Encourage les DREAL à soutenir les projets locaux de développement de filières.

2015 : Loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte

Article 14 VI : « 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 des bâtiments »

2017 : Lancement de l'expérimentation E+C-

Expérimentation nationale visant à préfigurer la prochaine réglementation environnementale de la construction qui viendra remplacer la Réglementation Thermique actuelle. Elle prendra en compte la consommation énergétique de l'ouvrage mais également la consommation d'eau, la nature des matériaux utilisés, les rejets de gaz à effet de serre et les déchets générés sur toute la durée de vie du bâtiment. De la fabrication des matériaux nécessaires à la construction jusqu'à la démolition de l'ouvrage.

QUELQUES CHIFFRES CLÉS

- La consommation énergétique du secteur du bâtiment représente 44% de l'énergie finale produite.
- Le secteur du bâtiment consomme 50% des ressources naturelles extraites dont 36% sont non renouvelables
 - Pressions sur les ressources naturelles à mettre en rapport avec le développement démographique.
- L'artificialisation des sols gagne chaque année 1,7% des terres agricoles et naturelles
 - Augmentation des risques en cas d'inondations et baisse de la biodiversité.

Ainsi, rénovation énergétique et développement des matériaux biosourcés œuvrent en faveur de la sobriété de l'utilisation responsable des ressources fossiles et non renouvelables.

Cependant, il est important ici de noter que les matériaux biosourcés, s'ils sont tout aussi performants (voire plus) que les matériaux dits « conventionnels », disposent de caractéristiques intrinsèques différentes qui renforcent l'intérêt de questionner le fonctionnement global de l'ouvrage, les attentes de la commande et les habitudes des professionnels.

3. Notre base de travail

Réalisées dans un objectif de retours d'expériences, les observations présentes dans ce livret s'appuient sur :

- Le suivi de deux projets de réhabilitation : Lecture des pièces écrites, réunions et rapports de chantier & témoignages,
- La lecture des pièces « marché » de dix projets de rénovation sur le territoire,
- La réalisation d'entretiens avec les professionnels.

Dans notre travail, nous nous sommes intéressés aux éléments susceptibles de recevoir l'isolation thermique : la toiture, les murs, les planchers (haut et bas). Toutes ces parois, qui assurent une séparation entre l'intérieur et l'extérieur de l'ouvrage et qui contribuent à la notion de confort (thermique, acoustique), pourront être concernées par les questions d'humidité (condensation, remontées capillaires).

Si ces observations nous renseignent sur la manière dont sont traduites les notions de rénovation énergétique et du recours aux matériaux biosourcés, elles ne sont ni exhaustives ni généralisables. Elles représentent bien des exemples de situations qui ont été observées sur une période définie (2016 et 2017).

4. Organisation du livret

C'EST AU TRAVERS D'ENSEIGNEMENTS QUE NOS OBSERVATIONS SONT PRÉSENTÉES.

+



I. DISPOSER ET TRANSMETTRE LA CONNAISSANCE

1. ENRICHIR LA CONNAISSANCE DE L'EXISTANT
2. GESTION DE L'HUMIDITÉ DANS LE BATI
3. CONNAÎTRE LES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS POUR MIEUX LES UTILISER

PAGE 6

PAGE 6
PAGE 7
PAGE 9

II. ENCOURAGER LE PARTAGE D'UNE VISION GLOBALE DU PROJET

1. METTRE EN AVANT LES OBJECTIFS DU PROJET
2. RENFORCER LE SENS DONNÉ AU CHOIX DES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS
3. FAVORISER LE TRANSFERT D'INFORMATION

PAGE 12

PAGE 12
PAGE 14
PAGE 16

LIVRET « ZOOMS »

1. ZOOM BATI ANCIEN
2. ZOOM DIAGNOSTIC BÂTIMENT
3. ZOOM HUMIDITÉ & BÂTIMENT ANCIEN
4. ZOOM MATÉRIAUX BIOSOURCÉS

PAGE 18

PAGE 18
PAGE 18
PAGE 19
PAGE 21

DÉFINITIONS

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE & OUTILS

Les outils pratiques sont présentés via le pictogramme



PAGE 24

PAGE 26



DISPOSER ET TRANSMETTRE LA CONNAISSANCE

Concerne chacun des intervenants dans le projet, que ce soit en phase conception ou lors de la réalisation. Chaque acteur devra pouvoir disposer des éléments de compréhension lui permettant de placer son action dans les objectifs généraux du projet.

1. Enrichir la connaissance de l'existant

La qualité du diagnostic et du programme qui en découle sont tout aussi importants que la mise en œuvre.



Constats :

- Le **diagnostic** de l'existant n'est généralement pas réalisé. On retrouve le plus souvent un simple état des lieux présentant l'ouvrage existant où les points de vigilance sont plus ou moins détaillés (ex : natures non précisées, détails des préconisations de travaux présentés de manière inégale d'un document à l'autre, etc.)
- D'un architecte à l'autre, les rendus sont très inégaux et généralement peu poussés.
- Lorsque le projet est entouré d'une attention particulière sur le plan patrimonial, le diagnostic est beaucoup plus détaillé et la nécessité d'un recours ultérieur à des études complémentaires sera clairement identifiée. Cette attention portée dès le début du projet aura un impact ultérieur sur :
 - ▶ Le programme,
 - ▶ Le choix de la maîtrise d'œuvre,
 - ▶ Le niveau de description des pièces marché,
 - ▶ Les critères de choix des entreprises,
 - ▶ La qualité des solutions techniques proposées,
- Par méconnaissance, les études complémentaires sont réalisées trop tardivement ou non budgétées.



Origines :

- L'intérêt et l'importance du diagnostic dans la pertinence du chiffrage et des solutions techniques proposées ne sont pas perçus par le maître d'ouvrage,
- Le recours à une mission diagnostic semble moins poser question sur un bâti à caractère patrimonial que pour un bâtiment plus classique,
- On constate une différence d'approche du diagnostic entre architectes. Tous ne sont pas formés (plus spécifiques aux architectes du patrimoine),
- Le maître d'ouvrage ne sait généralement pas ce qu'il est en droit d'attendre d'un architecte en terme de rendu et peut se contenter de ce qui lui est fourni,
- Les impacts de la rénovation énergétique sur le fonctionnement de l'ouvrage, voire sur sa structure, ne sont pas perçus et/ou transmis au maître d'ouvrage.



Principaux risques :

- Le maître d'ouvrage ne disposera que d'une vision partielle incomplète de l'état de son bâtiment, ne lui permettant pas de mesurer l'ensemble des impacts liés à la réhabilitation de son ouvrage,
 - ▶ Appréhension partielle des prescriptions qui lui seront proposées au regard de l'état de son bâti,
 - ▶ Difficulté pour le maître d'œuvre de faire des choix éclairés sur le projet au regard du manque d'information,
 - ▶ La nécessité de réaliser des études complémentaires ne sera pas perçue ni chiffrée,
 - ▶ Risque de surcoût ultérieur voire de remise en cause de la faisabilité du projet,
 - ▶ Risque de mise en œuvre de solutions constructives ou de matériaux inadaptés,
- Application de solutions de rénovations modernes sur un bâti ancien,
 - ▶ Risques en termes de durabilité de l'ouvrage et de développement de pathologie,
- Modification en court de chantier de l'enveloppe financière prévue,
 - ▶ Risque de surcoût,
- Objectifs du programme (performances, qualité, durabilité, etc.) non atteints.

Quelques clés de réussite :

- Se donner les moyens de disposer d'un maximum d'éléments permettant au maître d'ouvrage et au maître d'œuvre d'avoir une vision globale de l'ouvrage existant et de son fonctionnement :
 - ▶ Faire réaliser une mission **diagnostic** en présence d'un ouvrage qui pose question. Le cas échéant la réalisation d'un **diagnostic** pourra être intégrée à la mission de maîtrise d'œuvre,
 - ▶ Préciser les objectifs et les attentes du maître d'ouvrage en terme de rendu du **diagnostic**,
 - ▶ Solliciter ou prévoir en cas de doute sur l'existant la réalisation d'une analyse des pathologies existantes.
- Solliciter une synthèse mettant en valeur les points de vigilance qu'il faudra observer au regard des orientations du projet (ex : performance énergétique -> gestion et traitement de l'humidité, état des supports, typologie de mur, nature des travaux de rénovation préalables, etc.),
- S'inspirer du diagnostic réalisé dans les opérations patrimoniales, particulièrement en présence d'un bâti ancien,
- La mission diagnostic ne concerne pas que l'architecte.
 - ▶ Au regard des orientations du projet il conviendra de consulter des bureaux d'études structure,
 - ▶ Si la composition des murs n'est pas appréhendable ou lorsque le bâtiment soulève des questions, il conviendra d'approfondir certains éléments de diagnostic (étude sur la porosité du support, capacité d'absorption de la pierre si non enduite, le transfert d'humidité, etc.).
- Indiquer dans le rendu du diagnostic ou dès le programme les mesures éventuellement associées à la préparation des supports (décroustage, nettoyage des parois, nettoyage des enduits et joints, etc.),
- Utiliser les ressources existantes permettant de mieux appréhender cette question.
- Préciser les attentes en termes de rendus du diagnostic.

Zoom Diagnostic
Page 18
et bibliographie

2. Gestion de l'humidité dans le bati - Renforcer les connaissances



Constats :

- Mise en œuvre de matériaux incompatibles entre eux (remplacement dans une paroi d'une pierre de tuffeau par du parpaing /ciment),
- Mise en œuvre de pare vapeur au lieu de frein vapeur ou des deux,
- Discontinuité de la nature des membranes de type freins vapeur,
- Paroi ancienne **perspirante** : parois non nettoyées avant la mise en œuvre d'isolant (papier peint, joints, colle, etc.)
 - ▶ Risque de point de condensation,
- Principe de **perméabilité croissante** non respecté dans les pièces « marché » voire en phase chantier (finition par toile de verre ou peinture à forte valeur Sd),
- Mise en œuvre de dalle étanche sur bâti ancien
 - ▶ Risque de remontées capillaires dans les murs.





Origines :

- L'avènement de l'industrialisation dans le secteur du bâtiment et la standardisation des procédés de construction ont engendré une perte de connaissance du fonctionnement du bâti ancien,
- Habitude de travail et forts aprioris
 - Crainte étanchéité à l'air = étanchéité à la vapeur d'eau,
- Méconnaissance du mécanisme de transfert d'humidité dans les parois par l'ensemble des acteurs intervenants (de la commande à la mise en œuvre),
- Application de solutions type « construction neuve » sur du bâti ancien,
- Mise en œuvre de solution visant la prudence mais risquant d'être aggravant (ex : frein vapeur + pare vapeur),
- Les professionnels n'ont pas connaissance du bâti ancien, ne sont pas toujours à l'aise sur les questions d'humidité et/ou n'ont pas été formés à l'étanchéité à l'air des ouvrages.

Remarque : La connaissance sur ce sujet reste récente et les réponses à apporter sont rarement tranchées. Les professionnels de la conception doivent être vigilants, s'adjoindre le cas échéant les compétences de bureaux d'études, suivre l'évolution des pratiques au regard des retours d'expériences et se former à la rénovation performante.



Infiltration d'eau en phase chantier entraînant le tassement et la déformation de l'isolant.



Principaux risques :

- Renforcement du phénomène de remontées capillaires dans les murs,
- Condensation, fissuration voire détérioration de la structure de l'ouvrage dûes au fait que :
 - Les matériaux composants une paroi ne sont pas homogènes (ils n'ont pas le même comportement vis-à-vis de l'humidité),
 - Le complexe mis en œuvre sur le mur ne fonctionne pas pas comme il devrait (ex : blocage de l'humidité à l'intérieur des murs).
- Impact sur le confort et la qualité de l'air,
- Risque de moisissure,
- Excès de précaution qui peut conduire à l'enfermement des matériaux et nuire à leur durabilité,
- L'isolant est mis en situation de dégradation :
 - Le complexe mur / isolant ne fonctionne pas correctement (support mal préparé, mauvais isolant au mauvais endroit, etc.),
 - Pose de membrane d'étanchéité non adaptée encourageant l'accumulation d'eau (pare-vapeur au lieu de frein vapeur),
 - Isolant mis en situation de pourrissement. Positionnement dans un endroit à risque (ex : sur un mur non traité vis-à-vis des remontées capillaires, sous un complexe étanche à la vapeur d'eau, sous rampant sans écran de protection, par des conditions de stockage non adaptées),
- Perte de qualité de l'isolant et dégradation du mur, que l'isolant soit biosourcé ou non. **Placé en situation d'humidité constante, tout isolant sera dégradé.** Issu du vivant, le matériau biosourcé pourrira plus vite que le minéral. Avantage : La pathologie pourra être plus rapidement visible donc traitée.



Décollement de l'enduit ciment non adapté au matériau support.



Développement de moisissure suite à la mise en œuvre de matériaux inadaptés, étanche à la vapeur d'eau : Enduit, peinture.



Gonflement de la partie basse du mur : Remontées capillaires, matériaux étanches et accumulation d'humidité.

Quelques clés de réussite :

- Adjoindre à la consultation des différents acteurs du projet les points de vigilance soulevés via le diagnostic. Ex : indiquer la nature des matériaux de structure, les matériaux pare vapeur existants pour les déposer (papier peints, joint ciment, enduit ciment, etc.)
- En phase conception (pour les parois en contact avec l'extérieur) :
 - Porter attention constante aux risques liés au phénomène de condensation,
 - Le traitement des pathologies sera un préalable à toute intervention,
 - En cas de doute, faire valider le complexe isolant/ mur par un bureau d'étude thermique. L'inclure dans la mission BE ou dans les études complémentaires que pourra solliciter le maître d'œuvre. (étude thermique ou Simulation Thermique Dynamique)
 - Respecter la perméabilité croissante de l'intérieur vers l'extérieur,
 - Veiller à ce que l'humidité ne soit pas emprisonnée entre des matériaux trop fermés à la diffusion de vapeur.
 - Dans le bâti ancien, la mise en place d'un hérisson ventilé contribuera à limiter les remontées capillaires,
 - Veiller à mettre en œuvre des matériaux compatibles entre eux pour favoriser une réaction adaptée en cas d'humidité, de gel, etc. (ex : enduit ciment incompatible avec des joints chaux/sable)
 - Dès la phase programme, prévoir le cas échéant le nettoyage des parois, le décroûtage des enduits, le piquetage des joints, etc.
- Dans les pièces « marché » s'assurer de la bonne traduction des objectifs et points de vigilances,
- Traiter la question de l'étanchéité à l'air et les ponts thermiques dans les phases Avant-Projet par le biais de schémas de principe qui permettront aux entreprises de mieux appréhender le projet et de valoriser leur proposition,
- Mettre en évidence des interfaces entre les différents lots :
 - Demander lors de la consultation des entreprises un carnet de détail sur ces points,
 - Indiquer le cas échéant la réalisation d'un test d'étanchéité intermédiaire,
 - Recourir à des professionnels pouvant témoigner d'une expérience dans la rénovation (via des formations, des exemples de réalisations, la note technique, etc.)
- Sur chantier :
 - Veiller à la bonne mise en œuvre de l'étanchéité à l'air,
 - Veiller à la mise en œuvre des bonnes membranes d'étanchéité,
 - Assurer des bonnes conditions de stockage des matériaux,
 - Protéger les matériaux des intempéries.

Zoom
Humidité et Bâti ancien
Pages 19 à 21

3. Connaître les matériaux biosourcés pour mieux les utiliser



Constats :

- Mise en œuvre de matériaux biosourcés en lieu et place de matériaux conventionnels sans adaptation au regard de leurs caractéristiques techniques,
- Mise en œuvre de matériaux biosourcés en situation de dégradation,
- Excès de précaution vis-à-vis du feu (doublement de cloison),
- Refus de « procédé constructif » par l'entreprise ou le bureau de contrôle,
- Modification des finitions en phase chantier
 - Perturbation possible du principe de **perméabilité croissante**
- La nature des matériaux est souvent clairement indiquée dans les pièces « marché » (ex : « chanvre/lin » ou « Laine de bois »)
 - Ceci témoigne du fait que c'est possible.
- Après des entreprises :
 - Certaines entreprises craignent de ne pas être assurées pour la mise en œuvre de ces matériaux.
 - Changement de matériaux en phase chantier : les entreprises répondent aux solutions retenues en phase conception et une fois retenue cette solution est devenue « impossible »,
 - Discontinuité dans la nature des pare vapeur posés,





Origines :

- Fort à priori et confusion de la part des professionnels dû à la méconnaissance des caractéristiques techniques des matériaux (intérêts & conditions d'emploi) ainsi qu'aux habitudes de travail (plus de 30 ans de mise en œuvre de laine minérale),
- Fonctionnement intrinsèque des matériaux biosourcés différents, notamment face à l'humidité,
- Condition de découpe différente entre les fibres végétales et minérales,
- Défaut d'information de la part des fournisseurs,
- Le matériau n'est pas perçu comme élément d'un choix constructif global mais plutôt comme variable d'ajustement,

- Protections défectueuses en phase chantier (ex : condition de stockage non adaptée et/ou protection insuffisante du chantier)
- Certains fabricants n'ont pas la capacité de faire certifier (ACERMI) leur matériau notamment pour plusieurs domaines d'emploi (certains matériaux, acceptés dans les DTU ne disposent pas d'ACERMI dans le domaine d'emploi où il sera utilisé. Coût trop important au regard des utilisations pour le domaine d'emploi ciblé),
- Méconnaissance de l'intérêt et des caractéristiques techniques des freins vapeur (impact de la valeur Sd des membranes).
- Refus par les bureaux de contrôle des solutions techniques proposées.



Principaux risques :

- Matériau non adapté à la fonction de « remplacement » auquel il est destiné,
- Relations supports/isolants non adaptés
 - Risque de pathologies, mise en fragilité du support et de l'isolant,
- L'intérêt technique du matériau n'est pas exploité (perte de performances thermiques, acoustiques, et transferts hygrométriques),
- La technique de mise en œuvre du matériau ne lui permet pas d'assurer la fonction recherchée (ex : mise en œuvre pour ses qualités capillaires sur un support partiellement étanche),
- Détérioration du matériau (phase chantier et/ou exploitation),
- Report du classement au feu sur le matériau plutôt que sur la solution constructive,
- Les retours d'expériences négatifs
 - Remise en cause du matériau plutôt que du complexe paroi, des conditions de mise en œuvre ou de la solution constructive.



Défaut de protection en phase chantier.



Conditions de stockages non adaptées. Matériaux non abrités des intempéries.



Méconnaissance des conditions de découpe des matériaux. Déchirement du Matériau.

Quelques clés de réussite :

- Repositionner le choix des matériaux d'isolation comme partie intégrante d'une solution constructive globale (intérêt technique du matériau),
- Préciser le cas échéant dès la phase programme et dans les pièces marchés les raisons du choix de tel ou tel type d'isolant (économique, environnementale ou technique),
- S'assurer dès la phase conception que les solutions techniques envisagées sont réalisables,
- Interroger les caractéristiques techniques du matériau utilisé au regard de sa destination (pourquoi tel matériau à tel endroit et éventuellement quelle précaution),
- Prendre les mesures adéquates permettant au matériau mis en œuvre de répondre à ses fonctions dans les meilleures conditions (bonne condition de stockage et protection des intempéries),
- Si le matériau biosourcé est choisi pour ses caractéristiques de transfert hygrométrique, il conviendra d'assurer une

continuité capillaire entre le mur existant et l'isolant rapporté (nature du support : nécessité ou non de procéder au nettoyage, croutage, etc.)

- Vis à vis du transfert de vapeur, vérifier en cas de doute le fonctionnement de la solution constructive auprès du bureau d'étude (simulation dynamique, étude du transfert de vapeur),

- Définir et prescrire le recours des matériaux biosourcés dès le début et dans les pièces « marché » et limiter le recours aux variantes,

- Vérifier les conditions de découpe (matériel adéquat), les contraintes techniques de mise en œuvre (poids, etc.) auprès du fabricant ou fournisseurs,

- Vérifier la certification des matériaux pour l'usage défini dès le départ et, s'il y a lieu, engager les démarches adaptées auprès du CSTB.

- Interroger le plus en amont possible les bureaux de contrôle sur leur expertise et assurance vis à vis des Matériaux Biosourcés.

Zoom
Transfert de vapeur
Page 20
Matériaux Biosourcés
Page 21



Paroi en tuffeau non nettoyée des papiers peints et rebouchée avec un mortier ciment :
- Transfert de vapeur perturbé et non homogène,
- Matériaux ayant une capacité d'absorption différente,
- Risque d'accumulation de la condensation,
- Risque de dégradation du matériau biosourcé.



Paroi nettoyée de ses enduits ciment avant mise en œuvre du complexe isolant.

Matériau correctif non adapté au matériau support..



ENCOURAGER LE PARTAGE D'UNE VISION GLOBALE DU PROJET

La compréhension et le partage des objectifs du projet entre ses différentes parties prenantes va favoriser l'implication de chacun, la qualité de mise en œuvre ainsi que l'atteinte des résultats. La transmission d'informations tout au long du projet (fil rouge) est donc nécessaire à la compréhension et au partage des objectifs.

1. Mettre en avant les objectifs du projet



Constats :

- L'objectif global de performance n'est pas systématiquement repris dans les différents documents d'étapes du projet (contrat de maîtrise d'œuvre, APD, CCTP).
- Le diagnostic Energétis semble considéré comme l'étude thermique du bâtiment plutôt que comme un outil d'aide à la décision.
- Dans les pièces « marché de travaux » :
 - ▶ Les objectifs :
Le niveau de performance énergétique global ciblé dans la commande n'est pas mise en avant, Seule la performance thermique des isolants est indiquée, L'origine biosourcée des matériaux d'isolation est souvent demandée.
 - ▶ Les moyens :
Certaines consultations de maîtrise d'œuvre et CCTP renvoient directement à l'étude Energetis.
- L'attention à porter sur le traitement de l'étanchéité à l'air des ouvrages n'est pas mis en avant.
- Le recours aux matériaux biosourcés ne s'appuie généralement pas sur des considérations techniques.



Origines :

- Le diagnostic Energetis apporte une vision globale du projet et des travaux prioritaires permettant de baisser les consommations énergétiques du bâti.
- L'exigence relative à l'étanchéité à l'air des ouvrages est encore récente et questionne encore les professionnels :
 - ▶ Sur son intérêt réel,
 - ▶ Sur son impact sur la pérennité des ouvrages : La confusion entre étanchéité à l'air et étanchéité à la vapeur d'eau est encore très présente et génère des craintes.
- Vu comme simples matériaux de remplacement, les caractéristiques techniques des matériaux biosourcés ne sont pas interrogées voire utilisées.
- Les professionnels de la conception à la mise en œuvre ne disposent pas d'un socle de connaissance commun sur les questions liées à la rénovation énergétique ni sur les impacts liés aux défauts d'étanchéité à l'air sur chantier.
- Le maître d'œuvre « hésite » à questionner le matériau « imposé » dans le scénario « Matériaux biosourcés » du diagnostic Energétis par crainte de ne plus répondre au cadre défini pour l'obtention de l'aide par le maître d'ouvrage.

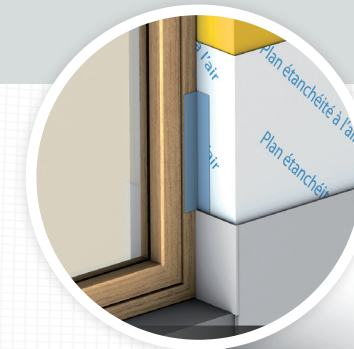


Principaux risques :

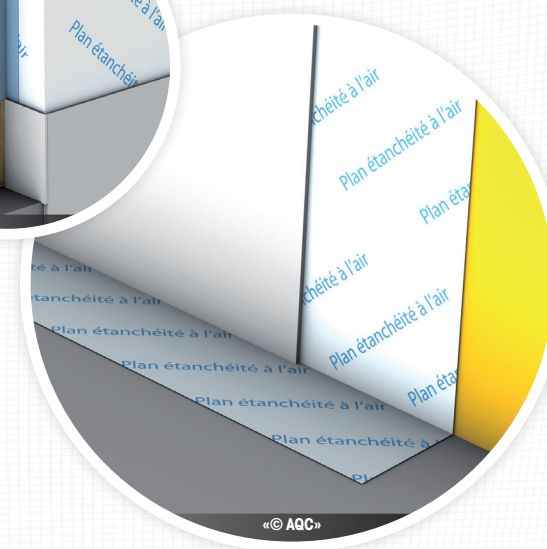
- Le renvoi au diagnostic Energetis seul ne peut garantir l'atteinte des performances. Par ailleurs, sa mise en avant dans le CCTP tend à le considérer comme une fin et non un outil.
- Il devient prescriptif, ce qui limite son interprétation et son adaptation notamment sur le choix des matériaux.
 - ▶ La responsabilité des choix techniques opérés est transférée à un autre acteur.
- L'importance donnée aux objectifs de performance globale et de qualité souhaités par la commande ne sont pas perçus et/ou transmis dans les différentes pièces du marché.
- Les performances et le confort recherchés ne seront pas atteints.
- Le projet risque d'être une somme de solutions techniques sans lien entre elles :
 - ▶ Performance globale diminuée,
 - ▶ Matériaux mis en œuvre non adaptés (fragilisation/ altération de l'isolant voir de son support),
 - ▶ Risque de renforcement ou développement de pathologies.
- L'intérêt des matériaux biosourcés sur le confort hygrothermique n'est pas utilisé ni perçu.

Quelques clés de réussite :

- Utiliser l'étude Energetis comme un outil dans la définition des performances et non comme élément de prescription :
 - ▶ Supprimer les références telles que « suivant les recommandations de l'étude Energetis » mais préciser les performances recherchées, la nécessité de recours à des matériaux biosourcés,
 - ▶ Dissocier le lien direct entre l'isolation et la masse globale de matériaux biosourcés à atteindre sur l'ensemble du projet (isolation + aménagement)
- Solliciter l'expérience en rénovation énergétique du maître d'œuvre et des professionnels (formation réalisée, expériences, appréciation de la note technique, etc.).
- Indiquer clairement aux différentes étapes du projet (fil conducteur) les exigences recherchées et moyens mis en œuvre en faveur de la performance environnementale et/ou thermique.
- Mettre en avant dès la phase APD et dans le CCTP les liaisons complexes à traiter.
- Rappeler, dans les pièces « marché » l'attention qui sera portée aux traitements des ponts thermiques et à l'étanchéité.
- S'adjoindre le cas échéant les compétences d'un AMOA ou d'une assistance technique (ATMO).
- Lorsqu'il se justifie, souligner l'intérêt technique des matériaux biosourcés dans le diagnostic, le programme ou l'APD (inertie, capillarité, acoustique, etc.).
- S'appuyer sur l'accompagnement des structures locales d'accompagnement (ADAC, CEP).



Malette pédagogique
étanchéité paroi opaque.
<http://mallette-pedagogique-bp.programmepacte.fr>



Zoom
Humidité et Bâti ancien
Page 21



2. Renforcer le sens donné au choix des matériaux biosourcés

Constats :

- Le recours aux matériaux biosourcés résulte plus d'une opportunité financière que d'un intérêt technique réel,
- La recherche d'une masse à atteindre pour l'obtention d'une aide complémentaire peut conduire à des choix techniques parfois incompris au vu de leur objectif initial (impact environnemental) :
 - Le choix de certains matériaux pose question quant à leur provenance et leur disponibilité (ex : Liège ou bois d'Europe de l'est...),
 - Les choix techniques s'orientent principalement vers des matériaux issus de filières n'ayant pas d'impact local,
 - Le critère « masse » limite le spectre des matériaux étudiés voire la pertinence de leur destination dans l'ouvrage.
- Allotissement peu développé et recours aux variantes.
L'intérêt de ces matériaux sur l'économie locale, circulaire et le développement de débouchés agricoles n'est pas mis en avant.



Champ de chanvre

Origines :

- Possibilité d'obtention d'une bonification des aides financières régionales en cas de recours à une masse significative de matériaux biosourcés,
- La « masse » demandée pour l'obtention de l'aide conduit à l'utilisation de matériaux à masse volumique élevée,
- La demande en matériaux biosourcés, si elle progresse significativement d'année en année, reste minoritaire et la disponibilité de certains matériaux biosourcés, est encore limitée chez les fournisseurs,
- Méconnaissance de la diversité des matériaux biosourcés de leurs caractéristiques techniques et leur domaine d'emploi,
- Difficulté d'appropriation de l'intérêt bas carbone et de lisibilité des matériaux biosourcés,
- L'impact à moyen ou long terme sur les filières locales n'est pas perçu.
Absence de lien visible entre le produit et la production.

Principaux risques :

- Le maître d'œuvre sera limité dans sa capacité à proposer une autre solution que celle prévue dans le document de référence
 - Crainte de ne plus répondre au cadre défini pour l'obtention de l'aide par le maître d'ouvrage.
- Simple remplacement d'un isolant minéral par un isolant végétal sans prise en compte de ses caractéristiques techniques (capillaire) :
 - L'isolant pourra être placé dans une situation de dégradation,
 - Dysfonctionnement du couple support / isolant,
 - Perte de durabilité, fragilisation du support et de l'isolant,
 - Difficulté de découpe et de mise en œuvre par les entreprises,
 - Perte de qualité.
- Incompréhension de la politique publique : situation de paradoxe entre le recours aux matériaux biosourcés et l'origine de ces derniers (ex : Liège).
- Opportunité sur les filières locales non perçue par la commande
 - Peu d'impact des choix opérés sur les filières locales,
- Le recours aux variantes augmente le risque de surcoût dans le recours à ces matériaux.

Quelques clés de réussite :

- Concernant la masse demandée :
Prendre en compte l'ensemble des éléments biosourcés du projet tels que présentés dans la grille d'analyse « biosourcé ». (ex : escaliers, parquets, etc.) Ceci dans l'objectif de réaliser le cas échéant des compromis acceptables et cohérents vis-à-vis du projet dans sa globalité.
- Considérer les matériaux biosourcés comme une réponse dans une solution constructive globale.
- L'orientation sur un matériau présentant une certaine masse s'expliquera aussi pour des raisons techniques (recherche d'inertie, confort d'été, etc.).
- Interroger les filières locales :
Même si le matériau n'est pas produit localement, la plante qui en est à l'origine peut l'être et ainsi impacter l'emploi local voire le développement de filière .
- Réaliser des actions de **sourcing**.
- S'appuyer sur les acteurs locaux tels que l'ALEC et l'ADAC.
- Allotir les marchés : facilite le recours aux entreprises et les solutions constructives locales.

Zoom
Matériaux Biosourcés
Page 21



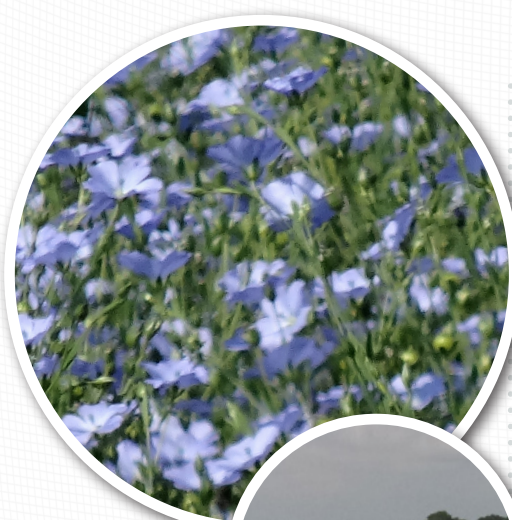
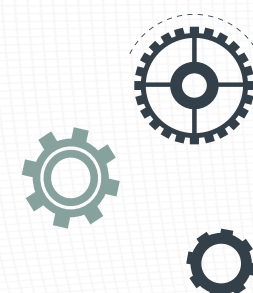
Correction thermique chaux chanvre
contribuant au transfert hydrique



Fibre de bois



Variété des matériaux biosourcés



Champ de lin sur le
Pays Loire Nature



Fleurs de lin issues d'un
champ situé sur le Pays Loire
Nature.



5. Favoriser le transfert d'information :

Le lien entre les objectifs du projet et leurs traductions techniques semble s'atténuer au fil du projet et de ses contraintes techniques, financières et administratives.



Constats :

- PHASE DIAGNOSTIC ET PROGRAMME :
l'analyse du bâti existant (diagnostic) et des points de vigilance à observer ne sont pas transmis lors de la consultation de la maîtrise d'œuvre ni repris dans les pièces marché destinées aux entreprises,
- PHASE CONCEPTION :
Les orientations prises en phase conception sont peu traduites dans les pièces.
- Les **APS** et **APD** sont parfois très peu détaillées sur les solutions proposées (le détail apparaît dans le chiffrage),
- PHASE CHANTIER :
Remplacement de matériau de finition et d'isolant en phase chantier qui remet en question la qualité du transfert de vapeur,
- Discontinuité dans la nature des membranes posées et difficulté de traitement des interfaces,
- Refus par les bureaux de contrôle des solutions techniques proposées ayant recours aux matériaux biosourcés,
- Réalisation d'études complémentaires non prévues en phase diagnostic.



Origines :

- Diagnostic inexistant ou incomplet,
- Les points de vigilance observés ne sont pas repris dans le programme ou la consultation de la maîtrise d'œuvre,
- Craintes de la part des maîtres d'œuvre de voir des schémas de principe interprétés comme des carnets de détails par les entreprises.
- Méconnaissance des phénomènes de transfert d'humidité.
- Les bureaux de contrôle ne sont généralement pas consultés au préalable sur leurs expériences dans la mise en œuvre de matériaux biosourcés,
- Manque de retour d'expérience des bureaux de contrôle vis-à-vis des matériaux biosourcés,
- Les objectifs de performances et de qualité sont peu vus non mis en avant dans les pièces marché
 - Limite leur prise en compte par les différents intervenants du projet et les entreprises.



Principaux risques :

- Le maître d'ouvrage, responsable de la commande et souvent non professionnel du bâtiment, a besoin d'appréhender les prescriptions proposées par le maître d'œuvre au regard de ses objectifs de performances et d'exploitation.
L'appréhension partielle de l'ouvrage existant ne lui permet pas de mesurer les enjeux liés à sa réhabilitation :
 - Les choix et compromis techniques réalisés au cours du projet risquent de s'en trouver affectés,
 - Le risque de voir le budget global de l'opération modifié à la hausse, voire la faisabilité du projet remis en question est plus grand.
- Les professionnels qualifiés (architectes, artisans, etc.) répondront plus difficilement à une consultation présentant des éléments insuffisants,
- Le maître d'œuvre ne disposera que d'une vision partielle qui limitera sa capacité à optimiser les travaux et coûts associés,
- L'absence de lien apparent entre l'existant et les orientations techniques proposées ne permet pas de justifier les choix opérés : Ceci peut limiter la qualité des propositions qui seront faites.
- L'intérêt à porter sur les points de vigilances observés et leur traitement ne seront pas perçus par les entreprises et n'apparaîtront pas comme une priorité,
- Manque d'adhésion et faible implication des acteurs,
- Qualité de la mise en œuvre risque d'être défectueuse et d'impacter la durabilité de l'ouvrage réalisé,



Quelques clés de réussite :

- Faire réaliser un diagnostic de l'existant, intégrer la mission diagnostic à la mission de maîtrise d'œuvre,
- Solliciter l'appui des structures locales telles que le Pays, l'ADAC et l'ALEC (préprogramme, dispositif d'aides, conseils),
- En cas d'observation de pathologie, prévoir le recours à une mission d'étude complémentaire,
- En amont de la consultation du bureau de contrôle, interroger ce dernier sur son expérience, son « appréhension » des matériaux biosourcés et l'associer le plus en amont possible, dans le choix des solutions constructives,
- Indiquer clairement dans les différentes pièces les objectifs du projet en terme de performance et de qualité (qu'ils soient énergétiques, économiques, techniques ou environnementaux).



En phase conception :

- Transmettre la synthèse des pathologies et points de vigilances observés lors de la consultation de la maîtrise d'œuvre et dans les **DCE**,
- Reprendre les éléments du diagnostic dans les pièces marché (APD et CCTP) pour traduire les points de vigilance et choix techniques. Y adjoindre des schémas de principe associés afin d'illustrer ce qui est demandé auprès des entreprises.
- Solliciter les détails d'exécution auprès des entreprises (ponts thermiques et de l'étanchéité),
Ces éléments contribueront à :
 - vérifier la compréhension du projet et des orientations prises,
 - l'appropriation par les entreprises du traitement des liaisons complexes,
 - faciliter la validation des propositions faites par les entreprises.

Publication « Isolants biosourcés : points de vigilances »

Décollement du revêtement suite à mise en œuvre de matériaux inadaptés étanches à la vapeur d'eau, type peinture à base de liants synthétiques



Sur chantier :

- Dédier, lors de la première réunion de chantier, un temps consacré au rappel des points de vigilances et principales orientations du projet,
- Repérer dans le calendrier de travaux, les périodes clés de traitement de ces points de vigilances pour les rappeler,
- Prévoir de réaliser en phase chantier, des temps de démonstration permettant de corriger les défauts (ex : test Infiltrométrie ou autre).



ZOOM « BATI ANCIEN »

Si la date de construction nous renseigne pour déterminer si nous sommes face à un bâti ancien ou non, les principales caractéristiques de ce dernier peuvent être reprises au travers des points suivants :

- L'hétérogénéité de ces bâtiments entre eux concernant la nature des matériaux qui les composent (pierre, en brique, en terre etc.) et les savoir-faire locaux auxquels ils ont pu faire appel représente une des premières caractéristiques de ce bâti. On y entrevoit d'ores et déjà la diversité d'approche possible en cas de rénovation.
- Les matériaux qui constituent les parois, sont le plus souvent perméables à la vapeur d'eau. Soit par la nature des matériaux de structure (ex : tuffeau) soit via les liants utilisés.
- Les murs prennent généralement appui sur des bulbes de compression qui servent de fondations et dont l'arase n'est pas étanche à l'humidité, ils sont donc capillaires.
- De conception bioclimatique, ces ouvrages ont été conçus pour bénéficier des apports solaires et se protéger des intempéries. Composés de matériaux lourds, ils étaient plutôt confortables (notamment en été) car capable de stocker une partie des calories accumulées durant la journée (déphasage).
- La ventilation y était souvent assurée de façon naturelle par des entrées d'air dédiées ou parasites ce qui réduit la sensation de confort notamment en hiver.

Éléments de contexte :

En Région Centre-Val de Loire, les bâtiments construits avant 1948 concernent 34% des logements.

Ces bâtiments sont soumis à la Réglementation Thermique dite « RT existant, éléments par éléments ».

Néanmoins au regard des risques issus de la mise en œuvre d'une isolation rapportée non compatible avec les matériaux d'origine, l'article 2 de l'arrêté du 3 mai 2007 modifié par l'arrêté du 22 mars 2017 indique que l'isolation des parois opaques n'est pas exigée pour les bâtiments anciens.

ZOOM « DIAGNOSTIC BÂTIMENT »

GÉNÉRALITÉS

Dans le cadre des marchés publics, le diagnostic ou « DIA études de diagnostic » au sens de la loi MOP définit les « éléments de mission de maîtrise d'œuvre pour les opérations de réutilisation ou de réhabilitation d'ouvrage de bâtiment ».

Il vise à renseigner le maître de l'ouvrage sur l'état du bâtiment et sur la faisabilité de l'opération de rénovation au travers de la réalisation des étapes suivantes :

- Etat des lieux,
- Analyse du fonctionnement urbanistique, de perception architecturale de l'existant, et de prise en compte des attentes des usagers,
- Analyse technique sur la résistance mécanique des structures en place et sur la conformité des équipements techniques aux normes en vigueur, et aux règlements d'hygiène et de sécurité,
 - ▶ Dont identification des matériaux composants les différentes parois,
 - ▶ Repérage des actions de rénovation et isolants existants et évaluation de leur état,
 - ▶ Repérage et évaluation des systèmes de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire et de ventilation,
- Programme fonctionnel d'utilisation du bâtiment et estimation financière afin de définir la faisabilité de l'opération,
- Proposition éventuelle d'études complémentaires d'investigation de l'existant.

Source : Annexe II Arrêté du 21 décembre 1993

Dans ses préconisations, le rapport RAGE sur la stratégie de rénovation propose un ensemble simple d'éléments complémentaires à identifier en phase diagnostic pour chaque solution technique d'isolation envisagée.

Dans le cadre d'une rénovation dite énergétique il conseille par exemple de veiller à :

- Caractériser le mur existant et son comportement à la vapeur d'eau afin d'y adjoindre des solutions adaptées
- Maintenir la capacité du mur à réguler et évacuer l'humidité qu'il contient, tout en limitant les apports (limiter les remontées capillaires, s'assurer du bon état des enduits, éviter les risques de condensation)
- Assurer la continuité capillaire entre le mur et l'isolant (pas de lame d'air entre l'isolant et la paroi)
 - ▶ Pour les murs non plans il faudra privilégier un isolant souple, en vrac ou encollé sur toute sa surface.
- Maintenir la capacité du mur à sécher,
- Garantir la ventilation de l'ouvrage,
- Veiller à l'étanchéité de l'enveloppe.

ZOOM HUMIDITÉ & BÂTIMENT ANCIEN

L'humidité dans le bâtiment a plusieurs sources qu'il conviendra d'identifier afin de traiter ou de prévenir tout désordre. Sont repris ci-dessous les trois principales sources de désordres liés à l'humidité.

LA PLUIE

Battant la façade, la pluie peut infiltrer les murs et conduire à de nombreuses pathologies dues à la stagnation, au ruissellement répété (moisissure) ou au gel (craquellement, éclatement, etc.). Il conviendra de protéger les façades contre la pluie tout en leur laissant la capacité de sécher (produits hydrofuges et ouverts à la vapeur d'eau, voire capillaire).

Points d'attention :

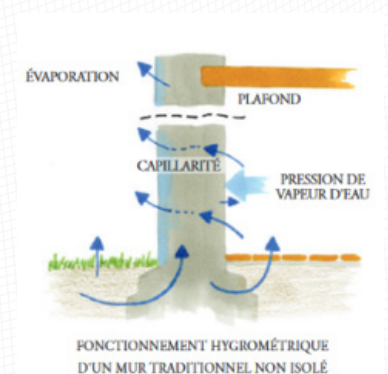
- Identifier en phase de diagnostic les chemins d'eau de pluie afin de prévenir toute infiltration dans le bâti.
- Pour faciliter le séchage du mur : respecter le principe de la perméabilité croissante de l'intérieur à l'extérieur du mur.

LES REMONTÉES CAPILLAIRES

Elles concernent principalement le bâtiment ancien dont les pieds de mur (arases) ne sont pas étanches à l'eau. Cette dernière remonte donc du sol vers le mur sous forme liquide.

Les matériaux constituant le mur, étant quant à eux généralement poreux (hygroscopiques) et capillaires, ils contribuent à assurer le transfert de l'eau sous forme liquide. Ce transfert hydrique adjoit à des murs dont les revêtements sont perméables (non étanches à la vapeur d'eau), facilite le séchage du mur.

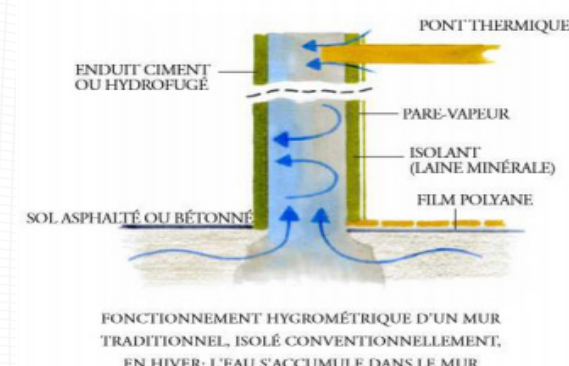
L'imperméabilisation systématique des sols extérieurs, voire intérieurs, ne laisse à l'eau que le mur pour s'échapper. Si ce dernier accueille en revêtement des matériaux non perméables à la vapeur d'eau, cette dernière n'a aucun moyen de s'échapper. Elle va se concentrer et générer des désordres qu'il faudra traiter.



© Maison Paysanne de France - ATHEBA

Sur ce type d'ouvrage, il faudra prévenir les désordres en adaptant les solutions techniques à l'existant, d'où l'importance du diagnostic (Cf. § « Zoom Diagnostic »).

Une paroi qui laisse passer la vapeur d'eau, est dite « perméable ». Une paroi qui facilite la migration de l'eau sous forme liquide est dite « capillaire ».



© Maison Paysanne de France - ATHEBA

Attention : ici, même si les abords du bâtiment sont étanches (revêtement bitumeux ou autre), ceci ne signifie pas pour autant que le mur ne sera pas concerné par des remontées capillaires.

- En cas de désordre lié à l'humidité constatée, il faudra traiter le mur et l'origine du désordre avant toute intervention de rénovation,
- Une attention particulière devra être portée en cas d'isolation thermique par l'intérieur car le point de rosée se situera dans le mur,
- Les murs seront de préférence nettoyés de toutes barrières à la vapeur d'eau,
- La mise en œuvre de matériaux capillaires, perméables voire hygroscopiques, pourra être privilégiée afin de maintenir le transfert de l'eau sous forme liquide et la capacité de séchage du mur vers l'intérieur,
- Les matériaux capillaires seront mis en contact les uns avec les autres,
- La perméabilité croissante des matériaux composant la paroi devra être respectée,
- La maîtrise des flux d'humidité dans une paroi étant complexe, il conviendra de faire appel à des professionnels formés et à vérifier, par le biais d'un bureau d'étude, la pertinence des solutions choisies.

LA VAPEUR D'EAU

L'air contient toujours une partie d'eau sous forme gazeuse (vapeur d'eau) en quantité variable. La capacité de l'air à contenir de l'eau sous forme gazeuse va dépendre de la température. Plus l'air est chaud, plus il peut contenir d'eau. Si cet air chaud est brusquement refroidi, il va condenser pour évacuer la vapeur d'eau qu'il contient.

Ainsi, au sein d'un bâtiment, l'activité humaine va générer de la vapeur d'eau (respiration, douche, cuisson, etc.) qui va chercher pour s'équilibrer, à migrer vers un air plus sec. Ainsi, pour faciliter l'évacuation (ou la migration) de l'humidité dans le bâtiment, l'attention sera portée sur 3 points :

1 - La ventilation :

Elément indispensable pour faciliter l'évacuation de l'humidité présente dans le bâtiment, la ventilation contribue à la performance énergétique de l'ouvrage ainsi qu'à la bonne qualité de l'air intérieur.

- Son existence et son efficacité seront systématiquement revues en cas de rénovation énergétique.
- Pour vérifier de sa bonne mise en œuvre et de son bon fonctionnement, des mesures de débit pourront être prévues (pièces marchées) et réalisées lors de la mise en service de l'ouvrage.

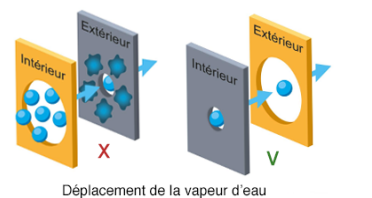
2 - Étanchéité à l'air ≠ Étanchéité à la vapeur d'eau :

L'amélioration de l'étanchéité à l'air d'un ouvrage va contribuer à réduire les consommations énergétique liées aux fuites d'air parasites par exemple, mais elle va également réduire la capacité d'évacuation de la vapeur d'eau contenue dans cet air (puisqu'on va limiter les fuites d'air). Néanmoins, étanchéité à l'air ne veut pas dire étanchéité à la vapeur d'eau.

En effet, les membranes ou enduits mis en œuvre pour assurer l'étanchéité à l'air auront, comme tout matériau, une capacité plus ou moins importante à assurer le transfert de la vapeur d'eau en leur sein. C'est la valeur S_d d'un matériau qui déterminera s'il est plus ou moins perméable.

- Pour le **choix du matériau d'étanchéité**, il conviendra donc de déterminer la capacité des éléments de structure à transférer la vapeur d'eau.

Étude Enertech / Climaxion : « Migration d'humidité et de vapeur d'eau dans les parois du bâti ancien »



© AQC - Mallette Pédagogique

Schéma illustrant le risque de condensation au cœur de la paroi en fonction du S_d et du positionnement des matériaux utilisés.

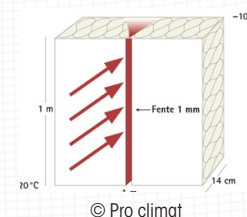
La perméabilité du matériau sera croissante de l'intérieur vers l'extérieur du bâtiment afin de limiter les risques de condensation (valeur S_d de plus en plus faible). On parle d'un rapport de « 5 pour 1 » (paroi intérieure 5 fois plus fermée à la vapeur d'eau que la paroi extérieure). Cette règle doit pouvoir se vérifier sur l'ensemble des composants de paroi, de la peinture à l'enduit extérieur.

- **L'homogénéité entre les matériaux** contribuera également à la qualité du transfert.



Exemple sur la compatibilité des matériaux face à l'humidité. Remontées capillaires et développement fongiques dus à la réalisation d'un enduit ciment réalisé en intérieur sur pierre calcaire tendre

- Lorsque cela est possible, il conviendra de déposer ces matériaux limitant le transfert de vapeur (enduit plastique, papier peint, colle, peinture plastique, toile de verre avec colle plastique).
- L'attention devra également être portée sur la **qualité de mise en œuvre** de cette étanchéité et devra permettre de limiter les points de condensation liés aux flux d'air traversant la paroi. En cas de défaut, les dégâts seront d'autant plus importants que la différence de température intérieure /extérieure sera grande, et que les matériaux constitutifs des parois sont peu résistants à la migration de vapeur d'eau.



Une fente large d'1 mm dans la membrane d'étanchéité. La valeur U d'un matériau passe de 0,30 $W/(m^2 \cdot K)$ à 1,44 $W/(m^2 \cdot K)$.
Source : Étude Pro climat

Remarques :

- La mise en œuvre d'une membrane type pare-vapeur (étanche à la vapeur d'eau) bloquera tout transfert d'humidité et limitera la capacité de séchage d'une paroi soumise à une humidité accidentelle. Cf. § Matériaux biosourcés.
- Les enduits épais (Exemple = chaux + chanvre) en amélioration thermique par exemple, constituent aussi une bonne alternative pour assurer une étanchéité à l'air "low tech". En effet, les écrans frein-vapeur ne sont pas nécessairement des membranes.

3 - Traiter les ponts thermiques :

Les ponts thermiques doivent être traités car ils représentent des points froids, source de condensation.

En ITE :

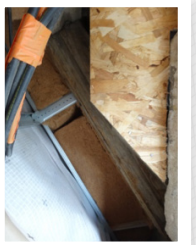
L'ensemble des ponts thermiques seront traités plus aisément. Le risque de condensation est moins important et se situera principalement entre l'isolant et le parement extérieur
► La mise en place d'un parement ouvert à la vapeur d'eau corrigera le problème.

En ITI :

Le traitement des ponts thermiques est plus délicat et représentent une source d'humidité et de pathologie complémentaire à traiter.



La température superficielle au niveau des ponts thermiques est plus basse que celle environnante. Point de condensation privilégié par temps froid par hausse du rapport humidité intérieure /extérieure.



ZOOM « MATÉRIAUX BIOSOURCÉS »

Définition donnée dans le cadre du label « Bâtiment biosourcé » :

« Matière issue de la biomasse végétale ou animale pouvant être utilisée comme matière première dans les produits de construction et de décoration, de mobilier fixe et comme matériau de construction d'un bâtiment. »

IMPACT ÉCONOMIQUE

Dans bâtiment, ces matériaux sont issus des secteurs économiques suivants :

- Sylviculture (bois),
- Agriculture (chanvre, paille, laine de mouton, coton, etc.),
- Chimie verte (peinture, colles, etc.),
- Recyclage (ouate, textile).

Ces éléments, dans une région où la part de l'activité agricole est importante, suffisent à entrevoir l'intérêt en terme de développement local.

Leur coût :

Il dépend de facteurs tels que la demande, les conditions et techniques de mises en œuvre, leurs disponibilités locales auprès des fournisseurs et les conditions d'achat (souvent liées à une quantité minimale d'achat) qui au regard de leur méconnaissance et existence « récents » sur le marché peuvent être à la défaveur des matériaux biosourcés.

Ici, l'évolution de la demande et leur prise de part progressive sur le marché de l'isolation par exemple, joueront sur les écarts de prix avec des matériaux conventionnels. La commande publique peut jouer ce rôle de levier économique.

A noter que leurs caractéristiques techniques (hygrométrie, phonique, confort d'été) ne sont pas mesurées au regard des produits conventionnels.

C'est donc à l'échelle de l'opération qu'il conviendra d'optimiser le choix des matériaux et de réaliser les compromis technico-économiques en faveur d'un bon mix matériaux biosourcés/ matériaux conventionnels.

À noter :

Évolution du marché des isolants biosourcés de 40% entre 2011 et 2015 avec la création de 4 000 emplois.
Source : ASIV – ASsociation des Industriels du Végétal

Développement local :

Ils encouragent le développement local :

- Apportant un revenu complémentaire pour les agriculteurs,
- Diversifiant l'offre et favorisant l'innovation sur les produits de construction,
- Valorisant des co-produits issus de l'agriculture,
- Développant des circuits courts (réduction des intermédiaires – ex : de la paille) et encourageant l'économie circulaire.

Enfin, un des argumentaires en faveur du recours à ces matériaux tient à leurs caractéristiques techniques particulièrement adaptées au bâti ancien très présent sur le territoire régional.

IMPACT CARBONE / EMPREINTE ÉCOLOGIQUE ?

- Issus du vivant, ces matériaux nécessitent, pour leur croissance de capter et de stocker une partie du carbone présent dans l'air. Ils contribuent ainsi à réduire l'impact carbone du secteur bâti

À noter :

- La norme actuelle régissant les FDES tient compte du carbone stocké par la matière durant sa croissance, mais pas du fait que ce carbone est stocké sur toute la durée de vie du bâtiment. Chose qui devrait changer dans le cadre de l'entrée en vigueur de la prochaine réglementation.
- Le secteur du bâtiment représente 50% des ressources naturelles non renouvelables extraites dont la demande a augmenté de 22% de 2008 à 2014.
- Nécessitant le plus souvent moins d'étapes de transformation, l'énergie grise qu'ils contiennent est moins importante que pour des matériaux conventionnels (économie d'énergie, réductions des émissions de CO₂)
- Renouvelables, leur recours permet de réduire l'impact du secteur du bâtiment en terme de prélèvements sur les ressources non renouvelables.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Thermique :

Les matériaux biosourcés ont des caractéristiques thermiques comparables, voire supérieures, aux matériaux conventionnels. Pour certains d'entre eux, il faudra néanmoins assurer une épaisseur supplémentaire.

La densité de certains d'entre eux peut les rendre plus lourds que des matériaux conventionnels, ce qui peut être utilisé pour renforcer l'inertie du bâtiment.

Hygroscopique & capillaire :

Contrairement aux isolants non hygroscopiques (la laine de verre, polystyrène, etc.), les isolants biosourcés sont hygroscopiques de par leur nature morphologique et physico-chimique.

Ceci signifie qu'ils ont la capacité d'absorber (sorption) une certaine quantité d'humidité présent dans l'air ambiant et de la restituer en cas d'air sec (désorption).

Cette capacité de stockage de l'humidité permettra de réguler l'humidité relative intérieure et aura un intérêt certain sur le confort d'été.

Capillaires ils pourront contriuer à la circulation de l'humidité sous forme liquide (intérêt dans le bâti ancien). Cette capacité ne les altèrera pas dans le temps. Cependant, tout comme les laines minérales, le risque de prolifération de bactéries ou de moisissures existe en cas d'humidification prolongée.

Ces développements apparaîtront moins rapidement qu'avec des matériaux biosourcés. (bonne ou mauvaise chose ?).

Phonique :

Constitués de micropores, ces matériaux auront également un intérêt sur le plan acoustique.



Synthèse bibliographique des études sur la rénovation thermique du bâti ancien à l'aide de matériaux isolants biosourcés.

Il semblerait qu'en présence d'humidité dans le mur, les matériaux isolants biosourcés soient à privilégier par rapport aux matériaux isolants conventionnels, car ils permettent une meilleure évacuation de cette humidité. [...] Chaque projet de rénovation d'un mur ancien est unique et doit être étudié au cas par cas.

Source Cerema Octobre 2016



À noter :

Il conviendra de respecter les temps de séchage (mortiers végétaux), d'entreposage (abrités des intempéries) et de mise en œuvre (couvrir le chantier, respecter la continuité capillaire, la capacité de séchage, principe de perméabilité croissante, etc.) de ces matériaux,

Les fibres qui les composent (cellulose, lignine) demandent une légère adaptation du matériel de découpe.

DOMAINE D'EMPLOI

Existants sous différentes formes (laine, panneau, rouleau, vrac, mortier, etc.) et issus de différentes origines, les matériaux biosourcés ne sont généralement pas porteurs (sauf le bois & technique paille porteuse). Ils sont donc employés principalement en isolation (isolation intérieure, extérieure ou répartie) mais peuvent aussi être utilisés dans les finitions (linoléum, peintures, etc.)

La densité de certains d'entre eux (paille, brique de chanvre, etc.) limite l'apport de comburant et le risque de combustion. Néanmoins, très peu de matériaux biosourcés bénéficient d'un classement au feu B s1, d0. Il conviendra de tenir compte des caractéristiques au feu des matériaux dans la conception pour répondre à la réglementation.

À noter : Annexe I - arrêté du 24/09/2009

C'est la solution constructive qui est étudiée pour le classement au feu et la manière dont est mise en œuvre le matériau.

C'est donc un ensemble qui est pris et non seulement le matériau d'isolation.

Il serait regrettable ici de traiter des matériaux contre le feu (donc de les polluer par ajout de substances nocives) plutôt que d'interroger le mode constructif.



Dans tous les cas, il est souligné que « les points de vigilance évoqués ne résident pas dans les matériaux eux-mêmes [...] ». Tout matériau mal mis en œuvre est une source potentielle de désordre, voire de sinistre, pas seulement les matériaux biosourcés.



Source AQC « Isolants Biosourcés, points de vigilance »

ÉVALUATION TECHNIQUE, CERTIFICATION PRODUITS ET ASSURANCE ?



Les matériaux biosourcés répondent aux mêmes exigences que tous les autres matériaux.

Ce ne sont pas des matériaux particulièrement nouveaux, mais plutôt oubliés.

Pour leur mise sur le marché, ils passent les mêmes tests (marque CE et ou agrément technique européen) que les matériaux conventionnels et disposent pour la majorité d'un avis technique ou d'un DTU (document technique unifié).

Lorsque cela n'est pas le cas (ex : paille de blé), leurs conditions de mise en œuvre sont encadrées par des règles professionnelles.

Pour favoriser l'innovation technique/produits, la réalisation d'un ATEX (avis technique expérimental) est également possible en cas d'absence d'un avis technique, d'un DTU ou de règles professionnelles.

Pour que sa mise en œuvre soit assurable et permette aux entreprises de bénéficier de la garantie décennale, les sociétés d'assurance distinguent les techniques dites « courantes » des « non courantes » dont les référentiels techniques demandés sont indiqués dans le tableau suivant :

	Reconnaissance	Assurance	
		Travaux techniques courantes	Travaux techniques non
Domaine "traditionnel"			
DTU - Document technique Unifié		x	
Normes AFNOR		x	
Règles professionnels	Approuvées par la C2P	x	
	Non approuvées par la C2P		x
Domaine "non traditionnel"			
Avis techniques	Sur la liste verte de la C2P	x	
	Hors liste verte de la C2P		x

À noter : Annexe II – Arrêté du 06 Oct. 2014 modifié par l'arrêté du 24 sept.2009 - Guide d'emploi des isolants combustibles dans les établissements recevant du public.

Le coût d'élaboration d'un avis technique (lié à la destination d'usage du matériaux) ou d'un certificat ACERMI est onéreux pour un fabricant et donc pas toujours rentable au regard de l'intérêt ou de la commande qu'il peut y avoir pour telle ou telle destination d'ouvrage.

Exemple du liège : utilisation en isolant toiture terrasse

- Invoqué dans le DTU 43.3
- Pas d'ACERMI

L'ACERMI qui garantit la constance de fabrication d'un produit et de ses performances, relève quant à lui d'une démarche volontaire, non obligatoire. Son obtention n'influe pas sur le régime d'assurance de l'entreprise.



DÉFINITIONS

ADAC :

L'agence départementale d'aide aux collectivités locales, créée à l'initiative du Conseil Départemental, est un établissement public administratif couvrant 95 % des communes de l'Indre-et-Loire. Outil d'ingénierie départemental au service des collectivités, l'équipe de l'ADAC est constituée d'un architecte, d'un paysagiste, d'un urbaniste, de deux juristes et d'une spécialiste en finances publiques.

Afin d'aider les collectivités en matière d'architecture, de paysage et d'aménagement du territoire, l'ADAC intervient les domaines tels que :

- l'architecture, le paysage et l'urbanisme (esquisses, plans de composition, programmes, aménagement d'espaces, etc.)
- l'analyse financière du projet (analyse, prospective et simulation d'emprunt)
- le droit (rédaction des pièces des marchés publics, de concession de service ou de notes de synthèse)

ALEC :

Dispositif soutenu par l'ADEME et la région Centre-Val de Loire, les agences locales accompagnent les collectivités dans leurs actions en faveur de l'efficacité énergétique et de la mise en œuvre des énergies renouvelables.

Le rôle de l'ALEC 37 est de garantir le respect des objectifs énergétiques et environnementaux ciblés par la collectivité dans le programme afin de réduire durablement ses dépenses énergétiques, ainsi que le respect des critères techniques des subventions envisagées. L'ALEC 37 intervient au côté de la collectivité lors de la phase de définition du programme de travaux, de la phase de conception avec l'équipe de maîtrise d'œuvre, de la phase de travaux avec les entreprises et de la phase d'exploitation du bâtiment.

AMOa : assistance à la maîtrise d'ouvrage

L'AMO n'est définie par aucun texte officiel et commence à être citée par les pouvoirs publics dans la circulaire n° 2001-65 du 18 septembre 2001. Cette fonction reste donc récente et son recours a été renforcé face à la complexité croissante des opérations de construction (technologique, réglementaire, budgétaires, environnementale, etc.). Pour aider le maître de l'ouvrage dans sa fonction « d'homme orchestre » lui garantissant la hauteur de vue indispensable à l'exercice de ses prérogatives, l'AMO a un rôle d'interface entre le maître d'ouvrage (MOA) et le maître d'œuvre (MOE). Il soutient le maître d'ouvrage et s'assure de la traduction des objectifs, que ce dernier s'est fixé auprès de l'équipe de conception tout au long du projet, sur les aspects techniques, administratifs, financiers ou de management de projet.

Acronymes :

ADAC : agence départementale d'aide aux collectivités locales

ALEC : agence locale de l'énergie et du climat

APS : avant-projet sommaire

APD : avant-projet détaillé

AQC : agence qualité construction

ATEC : avis technique sur un produit de construction précisant son domaine d'emploi

CSTB : centre scientifique et technique du bâtiment

CCTP : cahiers des clauses techniques particulières

DTU : documents techniques unifiés – Règles de l'art pour les solutions courantes de la construction

ITI : isolation thermique par l'intérieur

ITE : isolation thermique par l'extérieur

MOA : maître d'ouvrage

MBS : matériaux biosourcés

ATMO : l'assistant technique au maître d'ouvrage

Il intervient principalement aux phases amont d'un projet selon son domaine d'expertise (technique, acoustique, accessibilité, environnement, etc.) pour apporter sa connaissance technique au maître d'ouvrage lui permettant ainsi d'avoir un second regard sur la prestation du maître d'œuvre.

Matériau capillaire :

Capacité d'un matériau à véhiculer l'eau sous forme liquide par simple contact et malgré la force de gravité. L'exemple le plus parlant est le sucre qui s'imbibe complètement quand il est en contact avec un liquide. La capillarité d'un matériau se caractérise par le coefficient d'absorption liquide A ($\text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1/2}$).

Déphasage :

Capacité des matériaux composant une paroi à ralentir les transferts de chaleur. Le déphasage thermique est notamment utile en été pour limiter la pénétration de l'énergie du rayonnement solaire le jour et la rejeter la nuit.

Énergie finale :

Énergie consommée et facturée à chaque bâtiment, en tenant compte des pertes lors de la production, du transport et de la transformation du combustible.

Énergie grise :

Énergie nécessaire à la fabrication des matériaux et équipements de la matière première jusqu'au recyclage. L'énergie grise d'un bâtiment est donc égale à la somme des énergies grises des produits qui le composent.

Matériau hydrofuge :

Matériau traité pour en réduire la sensibilité à l'humidité. Certains traitements hydrofuges permettent ainsi de limiter les pénétrations d'eau sous forme liquide (capillaires) tout en modifiant peu la perméabilité à la vapeur d'eau.

Matériau hygroscopique :

Caractéristique des matériaux poreux et à pores ouverts (c'est-à-dire reliés entre eux) qui ont la capacité d'échanger de l'humidité avec l'air ambiant – absorption/fixation de l'humidité de l'air et restitution lorsque l'ambiance s'assèche.

Compte tenu du matériau et de la durée stagnation de l'humidité dans ce dernier (humidité emprisonnée), le risque ici concerne le développement microbien.

Une grande partie des matériaux utilisés dans le bâtiment est hygroscopique. C'est notamment le cas de la plupart des matériaux naturels des constructions traditionnelles.

Les matériaux non hygroscopiques seront quant à eux vulnérables à l'humidité et verront leur qualité s'altérer en présence d'eau liquide (condensation).

Le coefficient résistance à la diffusion de vapeur :

Traduit la capacité d'un matériau à laisser passer la vapeur d'eau. Traduit par le symbole μ (sans unité), il indique la perméabilité relative du matériau comparée à celle de l'air. Plus le μ est élevé, plus le matériau sera étanche à la vapeur d'eau. Un matériau peu résistant à la diffusion de vapeur d'eau est également qualifié de « perspirant » ou « perméable ».

La valeur Sd :

Cet indicateur rend mieux compte de la capacité du matériau mis en œuvre à se laisser traverser par la vapeur, puisqu'il tient compte de l'épaisseur de ce dernier.

Sd :

Épaisseur en m d'une couche d'air immobile ayant la même perméance que l'épaisseur spécifiée d'un matériau donné. $Sd = \mu \times e$

Plus la valeur Sd est grande, plus la résistance à la diffusion de vapeur du matériau est élevée.

On parlera ainsi de matériaux « ouverts à la diffusion de vapeur » ou « perméants », lorsque leur Sd est faible. Et au contraire, de matériaux « fermés à la diffusion de vapeur » lorsque leur Sd est élevé.

Sourcing :

Mis en avant dans l'article 4 du décret du 25 mars 2016 relatif aux marchés publics, la notion de sourcing autorise l'acheteur afin de « préparer la passation d'un marché public » à « effectuer des consultations ou réaliser des études de marché, solliciter des avis ou informer les opérateurs économiques de son projet et de ses exigences ».

Pare-vapeur :

Ecran souple de protection constitué d'un film s'opposant à la migration de la vapeur d'eau. Il est donc étanche à l'air et à la vapeur d'eau. À la différence du frein-vapeur non totalement étanche à la vapeur d'eau et qui contribuera à réguler le passage de l'humidité.

Perméabilité croissante :

La valeur Sd de chaque couche de matériaux constituant une paroi doit être dégressive de l'intérieur vers l'extérieur avec un Sd du parement AD extérieur d'un mur cinq fois plus faible que celui du parement intérieur.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE & OUTILS

Les références bibliographiques disposant de ce pictogramme représentent des outils pratiques librement accessibles.

DIAGNOSTIC

- PACTE - Rapport « Stratégie de rénovation – Fiches solutions techniques » 
- Association Ajena - Programme Rénov'Act « Fiche pratique diagnostic complet » 
- Collection fiches CEREMA : « Maîtrise d'ouvrage publique : construire ou réhabiliter un bâtiment » 

BATI ANCIEN

- AQC & Ekopolis 2017 – Amélioration de la performance thermique du bâti ancien – 12 enseignements à connaître »
- Maison Paysanne de France – Fiche ATHEBA 2011 - « Comprendre le comportement hygrométrique du bâti ancien » 
- PNR Loire Anjou Touraine – Référentiel technique « Un bâti en tuffeau pour aujourd'hui » 
- Cerema Octobre 2016 – « Synthèse bibliographique des études sur la rénovation thermique du bâti ancien à l'aide de matériaux isolants biosourcés »
- Observatoire CREBA : <http://rehabilitation-bati-ancien.fr/fr> 
(outil d'analyse d'opportunité du projet de réhabilitation envisagé permettant de repérer les points de vigilance associés à ces différentes solutions)

HUMIDITÉ & RÉNOVATION

- Enertech 2011 Laure Carpentier - Note Technique et réflexion « Les transferts d'humidité dans les bâtiments »
- Enertech 2017 – Etude Climaxion « Migration d'humidité et de vapeur d'eau dans les parois du bâti ancien » 
- Ville et aménagement durable 2010 – Dossier technique « Migration de vapeur d'eau et risque de condensation dans les parois »

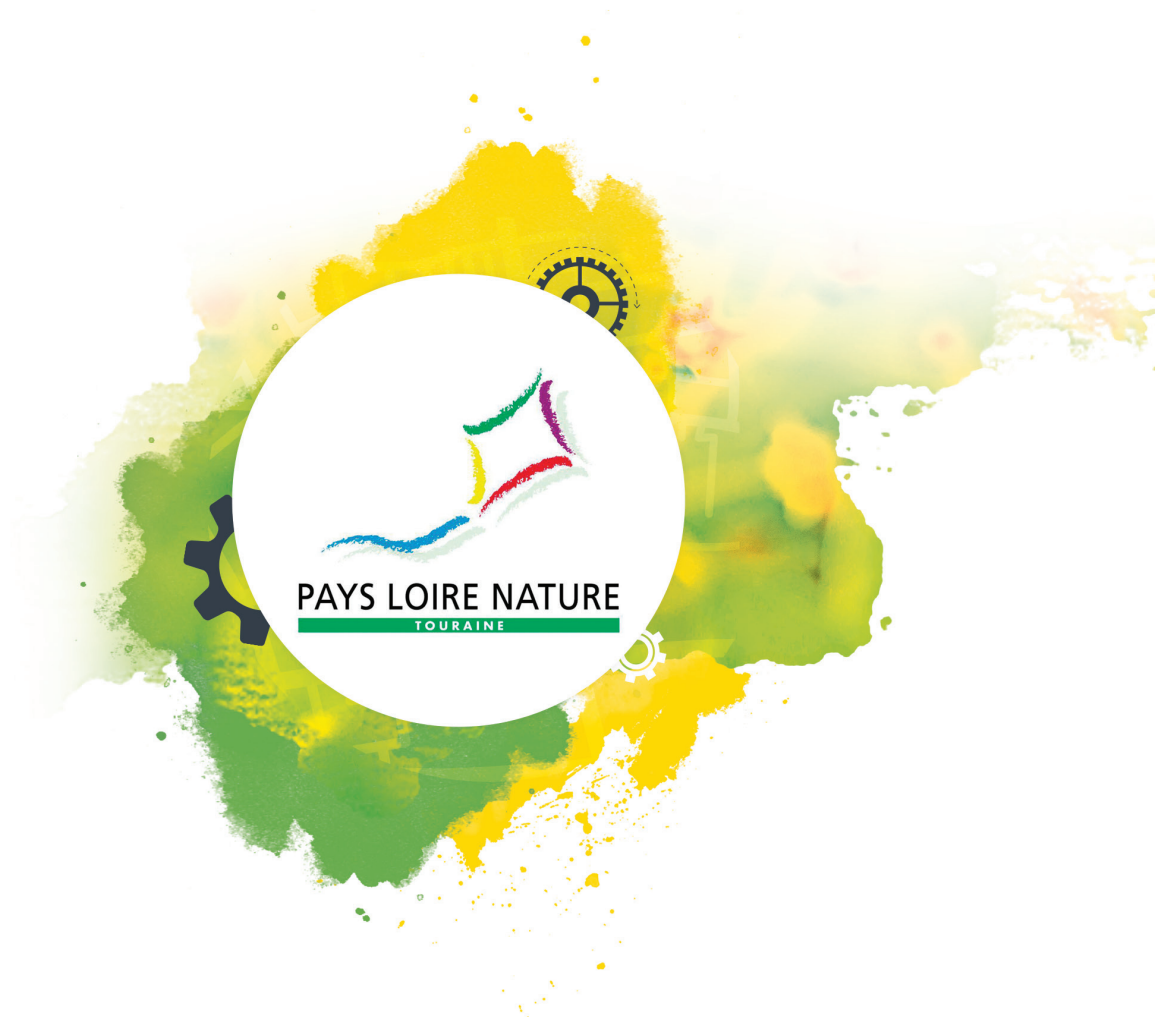
ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

- Étanchéité à l'air des bâtiments - Guide à l'usage des professionnels
ADEME 2012 régions Alsace, Bourgogne, Pays de Loire et Franche Comté 

MATÉRIAUX BIOSOURCÉS

- Cerema Octobre 2016 « Synthèse bibliographique des études sur la rénovation thermique du bâti ancien à l'aide de matériaux isolants biosourcés »
- Revue Prescription. Qualité construction 2012 – « Isolants biosourcés de bonne performances thermiques »
- AQC 2016 – « Isolants biosourcés – Points de vigilance »
- CRMAC 2014 – Guide de l'écoconstruction – Fiches techniques matériaux 
- DREAL Centre Val-de Loire – Fiche de synthèse : « Matériaux biosourcés et incendie » et « Bases de la réglementation incendie » 
- Outils pédagogiques REBAi Bio - Envirobot Centre 
- Réseau Breton bâtiment durable : Prévoir les éco-matériaux dans les marchés publics - 2018 
- Fiche filières matériaux biosourcés en région Centre Val de Loire - 2018 - Envirobot Centre 





RÉALISÉ PAR



AVEC LE SOUTIEN DE



OPÉRATION SOUTENUE PAR

