

07 / 2015



## DOSSIER

# Retours d'expériences sur 18 bâtiments performants de la région Rhône-Alpes

Pathologie, risques et bonnes pratiques

Enquête menée de Mars à Août 2014

\_\_\_ Zoom sur : \_\_\_\_\_

- L'utilisation des éco-matériaux \_\_\_\_\_ p.18
- La réhabilitation énergétique \_\_\_\_\_ p.30

Centre d'échanges et de ressources pour la qualité environnementale des bâtiments et des aménagements en Rhône-Alpes

Ce dossier présente les résultats de l'enquête de terrain menée par Martin Lefort pendant 6 mois sur 18 bâtiments performants en Région Rhône-Alpes et qui vise à collecter les retours d'expériences des acteurs précurseurs de la construction durable dans le but de faire remonter les bonnes pratiques, les pathologies, les difficultés et les dysfonctionnements. Les principaux résultats de cette enquête ont été présentés en septembre 2014 aux professionnels de la Région Rhône-Alpes au cours d'un atelier organisé à Saint-Etienne, en partenariat avec l'AQC et l'ALEC 42.

Illustrations : source VAD sauf mention contraire

## REMERCIEMENTS

*Nous remercions vivement l'ensemble des acteurs interrogés lors de l'enquête pour leur disponibilité et la richesse de leur partage.*

*Nous tenons également à remercier les relecteurs du dossier qui ont apporté leur regard critique et professionnel sur l'ensemble du travail.*

## SOMMAIRE

1) PRÉSENTATION DE LA MISSION	03
A) Présentation des organismes partenaires de la mission	03
B) Descriptif de la mission	04
C) Descriptif du mode opératoire	05
2) DÉSORDRES ET BONNES PRATIQUES OBSERVÉS	07
A) Désordres relevant de l'enveloppe	07
B) Désordres relevant des systèmes et équipements	12
C) Qualité d'usage des équipements	15
D) Conclusion et synthèse	17
3) ZOOM SUR L'UTILISATION DES ÉCO-MATÉRIAUX	18
A) Intégration des éco-matériaux dans les projets visités	19
B) Motivations de la maîtrise d'ouvrage	19
C) Structuration des filières et disponibilité de la ressource	20
D) Retours d'expérience sur les techniques observées	24
4) ZOOM SUR LA RÉHABILITATION ENERGÉTIQUE	30
A) Motivations de la maîtrise d'ouvrage	30
B) Particularités économiques	31
C) Côté conception	32
5) BILAN DE L'ENQUÊTE	38

## 1) PRÉSENTATION DE LA MISSION

Ce présent rapport présente les résultats de l'enquête de terrain menée en 2014 pendant 6 mois sur 18 bâtiments performants en région Rhône-Alpes. Ce travail s'inscrit dans le cadre de l'étude « REX Bâtiments performants » lancée en 2010 par l'Agence Qualité Construction. L'action a été menée en Rhône-Alpes en partenariat avec Ville et Aménagement Durable.

Cette enquête de terrain est basée sur l'interview de maîtres d'ouvrage, de maîtres d'œuvre, d'artisans, d'utilisateurs, d'exploitants... Elle vise à collecter les retours d'expériences des acteurs précurseurs de la construction durable sur des opérations exemplaires et novatrices dans le but de faire remonter les pathologies, les difficultés, les dysfonctionnements ainsi que les bonnes pratiques. Les résultats sont présentés de manière anonyme, le but n'étant pas de stigmatiser certains projets mais bien au contraire de partager l'expérience des professionnels pour pousser la filière vers une meilleure qualité et technique de réalisation.

L'orientation donnée à cette étude, en accord avec les partenaires, porte sur des cas exemplaires de réhabilitation mais également sur l'utilisation d'éco-matériaux que ce soit en neuf ou en rénovation.

### A. PRESENTATION DES ORGANISMES PARTENAIRES DE LA MISSION

#### AQC

L'Agence Qualité Construction (AQC) est une association loi 1901, financée par une participation volontaire de ses membres collectée par les assureurs. Elle regroupe 38 organisations professionnelles de la construction autour d'une même mission : prévenir les désordres dans le bâtiment et améliorer la qualité de la construction.

L'AQC garantit aux professionnels de la construction un cadre de travail unique et neutre, structuré en trois pôles :

- L'Observatoire de la qualité par des méthodes de recueil (SYCODÉS, DISPOSITIF ALERTE et REX Bâtiments performants)
- La Prévention : assurée par la Commission Prévention Produit (C2P) et la Commission Prévention Construction (CPC)
- La Communication : information diffusée sous diverses formes (articles, ouvrages, lettres, plaquettes, cédéroms, interventions, communiqués de presse, Revue Qualité Construction).

Chaque pôle s'appuie sur des réseaux de professionnels, des groupes de suivi constitués de représentants des organismes concernés, ainsi que sur des compétences extérieures.

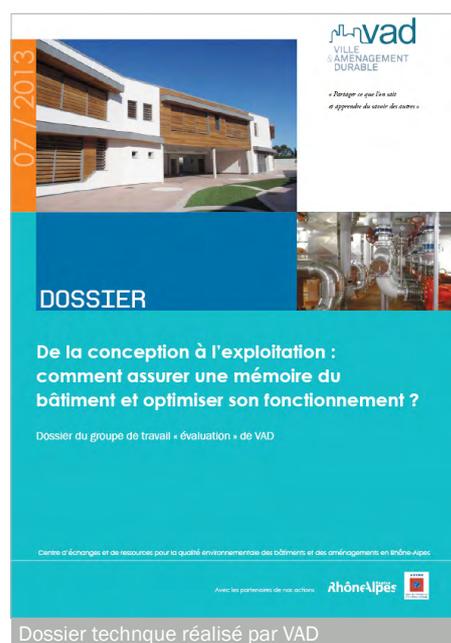
Les outils et les actions de prévention sont élaborés de façon collégiale dans des commissions, puis diffusés principalement par l'intermédiaire des organisations professionnelles et par les moyens de communication propres à l'AQC.

#### VAD

Ville et Aménagement Durable est une association loi 1901 qui regroupe aujourd'hui plus de 260 adhérents venant d'horizons variés : architectes, bureaux d'études, entreprises, maîtres d'ouvrage publics et privés, associations ...

Les actions de VAD sont basées sur le partage, la mutualisation et la diffusion des savoirs et savoir-faire en matière de construction et d'aménagement durables. Elles s'appuient sur l'expertise du réseau de professionnels avec comme objectif de faire évoluer les pratiques constructives tout en sensibilisant, informant et formant l'ensemble des acteurs à une approche globale et transversale ne faisant l'impasse sur aucun des enjeux du durable. Les actions de VAD :

- Réservoir d'idées : interpeller, éveiller, débattre (cycle de 3 à 4 conférences par an)
- Retours d'expériences : visites et recensement d'opérations, voyage d'étude et reportage chantier
- Animation réseaux et territoires : partenariat, mutualisation, animation du réseau et présence dans les territoires
- Problématiques métiers : ateliers, rencontres, animation d'une dizaine de groupes de travail et production de ressources techniques
- Outils d'information et de communication : newsletter, forum, enviroBoite et portail VAD
- Formation spécifique VAD et partenariat formations continues.



## 1. PRÉSENTATION DE LA MISSION

### B. DESCRIPTIF DE LA MISSION

#### >> Origine

En 2010 les bâtiments performants étant peu nombreux et récents, il est apparu que les dispositifs historiques de l'AQC ne suffisaient pas à collecter de l'information sur leur sinistralité. Suite à ces constats, l'AQC a décidé de lancer l'étude de terrain « REX Bâtiments performants ». Le but étant de capitaliser, auprès des acteurs et par la visite in situ des opérations, les

observations relevées et de mettre en avant les bonnes pratiques pour accompagner la filière vers une meilleure qualité de réalisation.



L'étude s'inscrit également dans le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » qui vise entre autre :

- à mettre à jour les règles de l'art en vigueur
- à réviser les référentiels de formations, initiales et continues, du secteur.

#### >> Historique

Elaborée en 2010, la méthodologie de l'étude a d'abord été validée par l'AQC sur 31 opérations. Une deuxième phase d'enquête s'est déroulée sur le second semestre 2010, ce qui a permis d'augmenter la taille de l'échantillon en renseignant 19 opérations supplémentaires.

En 2011, le Comité de pilotage du programme « Règle de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a décidé de poursuivre l'étude REX Bâtiments Performants à plus grande échelle en demandant aux organismes de certification de participer à l'enquête. En 2013, l'AQC poursuit son partenariat

en région avec l'appui d'associations engagées dans la valorisation des retours d'expériences.



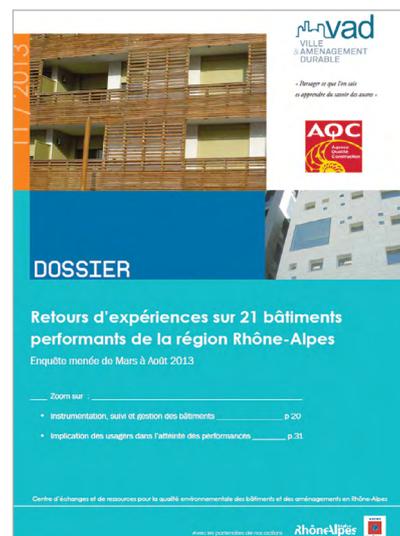
Partenaires régionaux en 2014

#### >> Avancement

Depuis 2010, ce sont plus de 550 opérations qui ont été visitées par l'AQC et ses partenaires. 1 100 acteurs ont été interrogés pour obtenir une base de données qui contient actuellement environ 2 800 observations.

Le rapport REX Bâtiments Performants sur les résultats de l'enquête jusqu'en 2013 est disponible sur le site internet « Règle de l'art et Environnement »<sup>1</sup>.

Les résultats de l'enquête menée en 2013 en Rhône-Alpes sont disponibles sur le site internet de VAD, rubrique « Dossier technique »<sup>2</sup>.



<sup>1</sup><http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr>

<sup>2</sup><http://www.ville-amenagement-durable.org>

### C. DESCRIPTIF DU MODE OPÉRATOIRE

#### >> Sélection des opérations

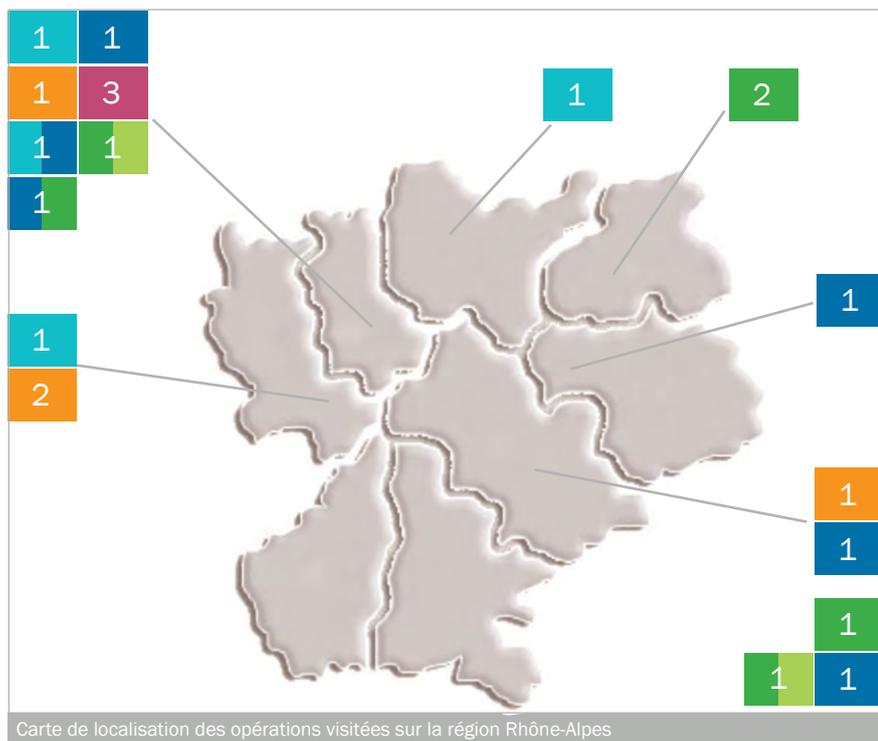
La sélection des opérations a été réalisée par VAD en partenariat avec l'AQC et en lien avec l'ADEME et la région Rhône-Alpes.

Les opérations ont été identifiées en interne par VAD et la liste a été complétée par des propositions des adhérents. La sélection s'est faite en partie sur la base du fil conducteur de l'enquête propre à la Région Rhône-Alpes, choisi par VAD et l'AQC, à savoir les projets de réhabilitation performants et l'utilisation d'éco-matériaux.

Cela a conduit à la sélection de 18 opérations rhônalpines, selon la répartition suivante :

- 12 projets de réhabilitation
- 12 projets ayant eu un recours massif aux éco-matériaux

Une présentation détaillée des opérations, sous la forme de fiches opérations ou de reportages chantiers, est disponible sur le site internet de VAD.



### CRITÈRES DE SÉLECTION

Les opérations ont été sélectionnées pour leur pertinence en termes d'utilisation d'éco-matériaux et/ou en termes de réhabilitation. L'enquête s'est intéressée aussi bien aux éco-matériaux utilisés en tant qu'isolant (paille, laine de bois, chanvre...) ou en tant que structure (bois, pisé). Les réhabilitations exemplaires sélectionnées concernent des bâtiments classés monuments historiques, des habitats traditionnels ou encore des bâtiments construits dans la deuxième moitié du XX<sup>ème</sup> siècle et dont l'objectif de réhabilitation énergétique est ambitieux.

Afin d'éviter de mettre de côté des projets pertinents utilisant des éco-matériaux, il n'a pas été exigé de performance énergétique minimale même si la majorité des projets dépasse le niveau BBC et 5 sur 18 atteignent le niveau passif.

L'accent a été mis sur la diversité territoriale des projets en couvrant l'ensemble des départements rhônalpins ainsi que sur une diversité de typologies (logement, tertiaire, scolaire...).

	Neuf	Existant
Logement		
Scolaire / Culture		
Tertiaires et Autres		

#### >> Visite des opérations et rencontre des acteurs

L'étude est menée sous la forme d'une enquête de terrain permettant de collecter les observations in situ lors de la visite des bâtiments, complétée par un entretien avec les acteurs ayant participé à leur conception, à leur construction et à leur exploitation, ainsi qu'avec les usagers.

La visite du bâtiment est indispensable et permet à l'enquêteur de s'approprier le contexte afin de faciliter les entretiens ultérieurs et de les orienter vers les spécificités du projet. La prise de photos lors de la visite vient illustrer et conforter les observations.

Pour chaque opération, 3 à 4 acteurs intervenant à différentes phases du projet ont été interrogés afin de croiser leurs expériences et d'avoir une vision globale et objective.

## 1. PRÉSENTATION DE LA MISSION

### >> Capitalisation des données

#### Alimentation de l'étude nationale « REX Bâtiments Performants et Risques »

Il s'agit d'alimenter la base de données nationale de l'AQC accessible en ligne sur internet. Cette bibliothèque des désordres et des savoir-faire regroupe, au travers de fiches, les données collectées opération par opération. Les caractéristiques des opérations ainsi que les informations recueillies sur les désordres y sont retranscrites.

Pour permettre le traitement des données, une interface de recherche permet de réaliser des extractions par :

- lot(s) technique(s) ou élément(s) technique(s)
- origine(s)
- impact(s).

Interface internet de la base de données nationale de l'AQC

#### Alimentation régionale, contribution aux actions de VAD

- Réalisation de fiches opérations présentant les caractéristiques techniques et environnementales des opérations visitées afin d'alimenter le recensement d'opération présent sur le site internet de VAD,
- Réalisation de reportages chantiers traitant les opérations en phase mise en œuvre et avec des zooms sur des phases spécifiques du chantier (réparation des murs en pisé, mise en œuvre de l'étanchéité à l'air, ...). Ils sont illustrés par des photos du chantier, des plans et des schémas techniques, et complétés par l'expertise des acteurs,
- Rédaction du présent rapport de synthèse présentant les résultats des 6 mois d'enquête,
- Présentation des résultats au cours d'un atelier de restitution pour les professionnels rhônalpins de la filière. Celui-ci a eu lieu en septembre 2014 à Saint-Etienne.

#### Consolidation des données

- L'ensemble des événements recueillis et renseignés dans la base de données est analysé au sein de l'AQC par des experts construction qui suivent l'enquêteur tout au long de sa mission. Par la suite, un groupe de spécialistes et d'experts de la construction sont associés à la restitution des informations afin de déterminer de manière objective les causes techniques et le niveau de risque associé.
- Des professionnels membres de VAD viennent également en appui à l'enquêteur afin d'apporter leurs expertises et leurs expériences.

## 2) DÉSORDRES ET BONNES PRATIQUES OBSERVÉS

L'enquête a permis de recenser 100 évènements de bonnes pratiques et de non-qualités, sur les 18 opérations visitées de la région Rhône-Alpes. Ce chapitre met en évidence les dysfonctionnements les plus fréquents et surtout les bonnes pratiques qui auraient permis de les éviter.

Les évènements sont classés par éléments techniques et présentés sous forme de tableau. A chaque évènement sont associés :

- Le constat identifié sur place lors de la visite et/ou par le témoignage des acteurs
- L'origine et l'impact de l'évènement
- Des photos illustrant les différents propos
- Les bonnes pratiques (issues des témoignages mais aussi de l'expérience de l'enquêteur).

Pour rappel, les résultats sont présentés de manière anonyme, le but n'étant pas de stigmatiser certains projets mais bien au contraire de partager l'expérience des professionnels pour pousser la filière vers une meilleure qualité et technique de réalisation.

### QUELQUES CHIFFRES

- 18 opérations visitées
- 35 acteurs interrogés
- 105 évènements recensés
- 2/3 de rénovations dont 2 patrimoniales et 2 en pisé
- 10 opérations utilisant la laine de bois ou la paille en isolation principale
- 13 projets à ossature bois en neuf ou en isolation extérieure de la structure existante
- 50 % avec chauffage au bois
- 60 % en chantier

### A. DÉSORDRES RELEVANT DE L'ENVELOPPE

#### ÉTANCHÉITÉ

##### MENUISERIES

**Constat :** Défauts d'étanchéité à l'air entre le dormant de la menuiserie et le support (maçonnerie, charpente)

**Origine :** Défaut d'exécution

**Impact :** Perte de performance thermique de l'enveloppe, risque de condensation et risque d'inconfort au froid localisé



La mousse polyuréthane est à éviter car ce produit ne s'adapte pas aux variations dimensionnelles de dilatations et devient poreux avec le temps



1. Assemblage de 2 pièces de menuiseries réalisées sans feuillure. Le silicone appliqué sans fond de joint ne permettra pas d'assurer une bonne étanchéité à l'air.
2. La bande de mousse imprégnée n'est pas étanche car elle a été posée en dehors des tolérances dimensionnelles indiquées par le fabricant



La bande de mousse imprégnée ne suffit pas à compenser les défauts d'assemblage des menuiseries.

#### Bonnes Pratiques :

- Bande adhésive fixée par-dessus le joint de mousse expansive
- Bande de mousse imprégnée : respecter les plages d'utilisation indiquées par le fabricant
- Anticiper en conception l'étanchéité des assemblages (ex : réalisation de feuillures) afin d'éviter les solutions non pérennes (ex : silicone posé sans fond de joint)



La bande adhésive est fixée par-dessus le joint de la mousse expansive

ETANCHÉITÉ

RÉSEAUX FLUIDES : PASSAGE DE GAINÉ VMC



Le mortier liquide ne s'adapte pas aux variations dimensionnelles

**Constat** : Emploi de produit ne s'adaptant pas aux variations dimensionnelles du tube de VMC

**Origine** : Défaut de conception

**Impacts** : Perte de performance thermique de l'enveloppe



La mousse polyuréthane ne s'adapte pas aux variations dimensionnelles

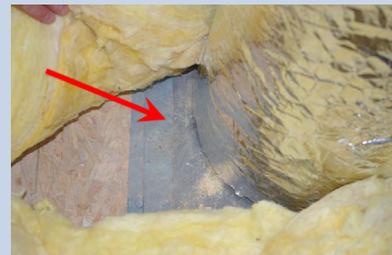


Utilisation de joint membrane souple



**Bonnes Pratiques :**

- Utilisation de joint membrane souple
- Utilisation de manchette spécifique adaptée aux gaines VMC



Utilisation de manchette spécifique



RÉSEAUX FLUIDES : PASSAGE DE GAINÉ ÉLECTRIQUE

**Constat** : Passage de plusieurs gaines dans une seule réservation

**Origine** : Défaut d'exécution

**Impacts** : Solution peu performante au regard de l'étanchéité à l'air, dégradation de la performance thermique de l'enveloppe



Passage de plusieurs gaines dans un trou



**Bonnes pratiques :**

- Utilisation de manchette spécifique adaptée au passage de gaine
- En conception, implanter les organes principaux (ex : tableaux électrique) à l'intérieur de l'enveloppe étanche à l'air



« Une gaine, un trou » et utilisation de manchette spécifique



**ETANCHÉITÉ**

**LIAISONS MURS-PLANCHERS**



Bande adhésive oubliée



**Constat** : Oubli de pose d'une bande adhésive pour réaliser la liaison mur-plancher

**Origine** : Défaut d'exécution

**Impacts** : Infiltration d'air dans les fondations, perte de performance thermique de l'enveloppe

**Bonne Pratique** : Utilisation de bande adhésive

**LIAISON MUR-CHARPENTE**



Bande adhésive oubliée



**Constat** : L'étanchéité à l'air entre le mur et la solive est difficile à réaliser en raison des nombreux angles

**Origine** : Défaut de conception du plan d'étanchéité à l'air

**Impacts** : Défaut d'étanchéité à l'air, perte de la performance thermique de l'enveloppe

**Bonne Pratique** : Pose d'un morceau de membrane d'étanchéité entre les éléments de charpente au moment de l'assemblage. Cette membrane pourra être connectée par la suite avec le plan d'étanchéité. L'étanchéité à l'air doit être envisagée dès le début du chantier et non pas au moment de la finition

**MODE OPÉRATOIRE TEST ETANCHÉITÉ**

**Constat** : Malgré un résultat au test d'étanchéité conforme au niveau exigé, des fuites d'air conséquentes ont été repérées sur les menuiseries. Elles génèrent localement des inconforts.

**Origine** : Règlementaire

L'exigence d'un résultat global au test d'étanchéité final garantit une certaine performance thermique de l'enveloppe mais ne permet pas d'éviter des inconforts localisés dus à la présence de fuites

**Impacts** : Inconforts localisés près des menuiseries, risque de condensation et de moisissures

**Bonnes pratiques** : Vérifier systématiquement toutes les menuiseries, même si l'objectif d'étanchéité à l'air a été atteint

**Constat** : Pour atteindre l'objectif d'étanchéité à l'air de l'enveloppe de niveau bâtiment passif (0,6 vol/h), il a fallu procéder par itérations et réaliser de nombreux tests d'étanchéité

**Origine** : Objectif niveau bâtiment passif

**Impacts** : Perte de temps liée aux nombreux tests réalisés

**Bonnes pratiques** : Inciter les entreprises à réaliser des tests d'étanchéité d'auto contrôle en cours de chantier sur certaines sections, avant le test d'étanchéité global

## MATÉRIAUX BIOSOURCÉS

### SÉCHAGE DU BETON DE CHANVRE BANCHÉ



Apparition de moisissures pendant le séchage, laissant des tâches sombres dans les angles notamment. Défaut esthétique rattrapé par un enduit à la chaux.

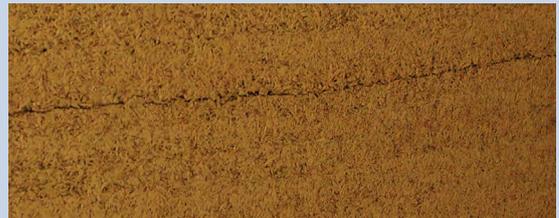
**Constat** : Le béton de chanvre banché est mise en œuvre avec une forte teneur en eau. En cas d'isolation intérieure, les murs peuvent mettre plusieurs semaines à sécher

**Origine** : Humidité du matériau et difficulté de ventilation

**Impacts** : L'humidité des murs peut occasionner des désordres caractéristiques (développement de moisissures impactant la qualité de l'air intérieur et défaut esthétique)



Pose de la faïence sur le béton de chanvre encore humide. Le béton de chanvre observe un retrait en finissant de sécher, les joints ont fissuré et généré un dégât des eaux



Irrégularité entre les différentes passes du coulage du mortier à la chaux visible sur le rendu final (ligne horizontale) car le mortier a pris pendant la pause

#### Bonnes Pratiques :

- Eviter la contrainte du temps de séchage en utilisant des blocs de béton de chanvre préfabriqués comme support de faïence
- Pendant le chantier : assurer une bonne ventilation du bâtiment et bien anticiper les délais de séchage

### POCHES DE RÉSINES SUR LE BOIS DE CHARPENTE (EN MÉLÈZE)

**Constat** : Le bois utilisé pour la charpente (mélèze) contenait d'importantes poches de sève

**Origine** : Problème de fournisseur. La présence de poches de sève est un défaut naturel de certaines grumes. Ces bois de plus faible qualité pour la construction sont à trier au moment du sciage

**Impacts** : Coulées de sève dans le bâtiment très salissantes



Charpente en mélèze gorgée de sève

**Bonnes pratiques** : Assurer un contrôle attentif du bois au moment du sciage et de l'approvisionnement. Description précise de la qualité des bois à la rédaction du cahier des charges.

### DALLE ET SÉCHAGE

**Constat** : La mise hors d'air du bâtiment et les mauvaises conditions climatiques de l'hiver ont retardé le séchage de la chape du plancher chauffant de ce bâtiment petite enfance. Des moisissures se sont développées sur le cadre des menuiseries bois

**Origine** : Phasage du chantier rendant la ventilation du bâtiment difficile au moment du séchage de la chape

**Impacts** : Défaut esthétique et risque sanitaire pour ce bâtiment destiné à accueillir un public sensible (enfants en bas âge)



Développement de moisissures sur la menuiserie. Ponçées et repeintes à l'aide de peinture naturelle, les moisissures demeurent visibles

**Bonnes pratiques** : Mettre en place une ventilation provisoire de chantier

**MATÉRIAUX BIOSOURCÉS**

**ISOLATION DES MURS PAR L'EXTÉRIEUR**

**Constat :** Le type de pose de l'isolant peut créer une lame d'air entre les couches d'isolant ou entre le mur et l'isolant. Le renouvellement de cette lame d'air avec de l'air extérieur dégrade la qualité de l'isolation thermique

**Origine :** Défaut de conception et/ou mise en œuvre

**Impacts :** Perte de performance thermique de l'enveloppe

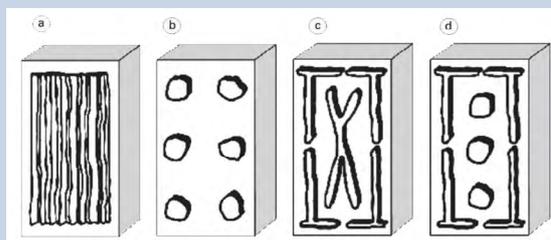


Manque de chevilles pour plaquer les deux couches de laine de bois contre le mur



Collage du polystyrène « par plots » directement sur le mur existant. Ce type de pose crée une lame d'air entre le mur et l'isolant

**Bonnes pratiques :**  
 Une pose en plein (cas a) ou par boudins (cas c) limite la convection de cette lame d'air.  
 En cas de collage par plots, comme illustré dans le cas (b), alterner le type de pose.  
 Le cahier des prescriptions techniques du CSTB exige la réalisation d'un collage d'une rangée de panneaux isolants en plein ou par plots tous les deux étages et sur la dernière rangée de la façade. Cette disposition permet de limiter le renouvellement de la lame d'air située entre le mur et l'isolant.



Bonne pratique : extrait du cahier des prescriptions techniques du CSTB de l'isolation en polystyrène. Modes de collage des panneaux isolants (exemples) a : en plein ; b : par plots ; c : en boudins ; d : par boudins et plots

**ISOLATION DES MURS PAR L'EXTÉRIEUR**



Protection des angles saillants de l'ITE à la sortie du local poubelle



**Constat :** L'ITE en polystyrène est sensible aux chocs mécaniques. La sortie du local poubelle est un endroit particulièrement à risque

**Origine :** Faible résistance mécanique du polystyrène

**Impacts :** Risque de dégradation de l'isolant

**Bonnes pratiques :** Mise en place d'éléments de protections des angles saillants

**ÉCOULEMENT DE L'EAU SUR LES PUIITS DE LUMIÈRE**

**Constat :** L'eau stagne sur la surface transparente et des mousses se développent ce qui diminue la transparence du puits de lumière

**Origine :** Défaut de conception / maintenance

**Impact :** Diminution de l'éclairage naturel. Augmentation de l'éclairage artificiel



Développement de mousses sur les puits de lumière

**Bonnes pratiques :**  
 - Préférer des puits de lumière bombés permettant un meilleur écoulement de l'eau  
 - Réaliser un nettoyage régulier des puits de lumière

## MATÉRIAUX BIOSOURCÉS

### ÉTANCHÉITÉ À L'EAU



Défaut de pose des couvertines (pas de recouvrement des tôles)



**Constat** : Noircissement du bardage dû à des fuites d'eau

**Origine** : La jonction des couvertines (tôle en aluminium posés sur les dessus d'acrotères pour éviter l'écoulement de l'eau sur la façade) n'est pas étanche. En cas de pluie, l'eau s'infiltré entre les tôles

**Impacts** : Risque de dégradation de l'isolant des murs (laine de bois) soumis à une humidité prolongée. Perte de performance d'un isolant gorgé d'eau  
Dégradation esthétique et diminution de la durée de vie du bardage



Dégradation du bardage



**Bonnes Pratiques** : Plusieurs méthodes existent pour réaliser une jonction étanche entre les couvertines (recouvrement, rajout de profil métallique...)

## B. DÉSORDRES RELEVANT DES SYSTÈMES ET ÉQUIPEMENTS

### VENTILATION DOUBLE FLUX

#### UTILISATION DE GAINES SOUPLE POUR LA VENTILATION

**Constat** : Les gaines souples utilisées pour les tuyaux de VMC ont tendance à s'écraser au niveau des colliers de fixation

**Origine** : Défaut de conception (CCTP lot ventilation)

**Impact** : Diminution des débits de renouvellement d'air



Gaine souple sensible à la diminution de diamètre au niveau des colliers de fixation



Utilisation de tubes semi-rigides



#### Bonne Pratique :

- Utiliser des colliers de serrage et des tuyaux rigides pour éviter l'étranglement des gaines de VMC
- L'utilisation de gaine lisse est favorable au maintien d'une bonne qualité de l'air intérieur car elle évite le dépôt de poussière ou le développement de moisissure. Le nettoyage de l'intérieur des gaines est facilité

#### LINÉAIRES DE GAINES DE VMC EN LOCAL NON CHAUFFÉ



Tube de VMC dans l'espace non chauffé



**Constat** : Dans le cas d'une ventilation double flux, l'air entrant traverse un local non chauffé sur plusieurs mètres après avoir récupéré les calories de l'air extrait dans un échangeur situé dans les combles non chauffés. Les déperditions sur le trajet entre l'échangeur et l'espace chauffé sont non négligeables en dépit du calorifugeage de la gaine

**Origine** : Conception

**Impact** : Perte de performance de l'équipement

**Bonne Pratique** : Limiter au maximum les linéaires de réseau de VMC double flux dans les espaces non chauffés

## VENTILATION DOUBLE FLUX

### CALORIFUGE DES GAINES DE VMC

<p><b>Constat :</b> Lors d'opérations de maintenance sur les réseaux de VMC, le calorifuge a été enlevé pour permettre l'accès aux trappes de visites, puis celui-ci n'a pas été remis en place</p>	 <p style="text-align: right; color: red; font-size: 2em;">✘</p> <p style="text-align: center;"><i>Le calorifuge n'a pas été remis en place</i></p>
<p><b>Origine :</b> Défaut d'exécution</p>	
<p><b>Impact :</b> Perte de performance thermique du calorifugeage, diminution de la performance de l'équipement</p>	

**Bonnes Pratiques :** Prévoir un calorifuge amovible pour conserver un accès aisé aux trappes de visites des gaines

### FONCTIONNEMENT NOCTURNE

**Constat :** Dans un bâtiment de bureaux passifs équipé d'un système de ventilation double flux couplé à une chaudière bois pour assurer le chauffage par air, le fonctionnement de la ventilation en réduit de nuit (diminution du débit et arrêt du couplage avec le chauffage) n'a pas pu être mis en place car la puissance du système de chauffage-ventilation ne permettait pas d'atteindre à nouveau la température de consigne en journée

**Origine :** Défaut de conception

**Impact :** Déperditions thermiques pendant les périodes d'inoccupation des bureaux supérieures à ce qui a été calculé dans l'étude thermique

**Bonnes Pratiques :**  
En conception, anticiper la problématique de performance d'enveloppe, de puissance de chauffe pour la relance et de fonctionnement du système de chauffage – ventilation en réduit de nuit

### BOUCHE D'ENTRÉE D'AIR DE LA VMC

<p><b>Constat :</b> Apparition de taches sombres autour de gaines d'entrée d'air de VMC double flux</p>	 <p style="text-align: right; color: red; font-size: 2em;">✘</p> <p style="text-align: center;"><i>Apparition de taches sombres autour de la bouche de VMC</i></p>
<p><b>Origine :</b> Défaut d'étanchéité de la bouche de reprise par rapport à la gaine (fuites)</p>	

**Bonnes pratiques :** Réaliser un test d'étanchéité des réseaux avant la mise en service

## CHAUDIÈRE BOIS

### ENTRETIEN DES SILOS À GRANULÉS

<p><b>Constat :</b> Le système pneumatique d'approvisionnement de la chaudière n'a pas été bien réglé. Il prélève des granulés alternativement dans les deux silos sans en vider un complètement pour permettre le nettoyage</p>	 <p style="text-align: right; color: red; font-size: 2em;">✘</p> <p style="text-align: center;"><i>Système d'approvisionnement pneumatique mal réglé</i></p>
<p><b>Origine :</b> Défaut de conception du système pneumatique d'approvisionnement en granulés</p>	
<p><b>Impacts :</b> Difficulté d'entretien du silo</p>	

**Bonnes pratiques :** Réglage correct du système pneumatique d'approvisionnement

## CALORIFUGEAGE DES RÉSEAUX DE CHAUFFAGE

**Constat :** Les tuyaux de chauffage ne sont souvent pas calorifugés

**Origine :** Défaut d'exécution

**Impacts :** Déperditions en dehors de volume chauffé, perte de performance du réseau, surconsommation énergétique



Tuyaux non isolés

### Bonnes pratiques :

- Calorifuger les tuyaux à l'aide de produits adaptés
- Utiliser des supports de fixation des tuyaux eux-mêmes calorifugés



Calorifugeage des supports de tuyaux de chauffage



Calorifugeage des tuyaux de chauffage bien réalisé

## MAÎTRISE DES CONSOMMATIONS D'ÉCLAIRAGE

### CÔNE DE DÉTECTION

**Constat :** L'éclairage artificiel du bureau est asservi à un détecteur de présence. Le cône de détection ne couvre pas l'ensemble des postes de travail. La lumière s'éteint inopinément

**Origine :** Défaut de conception

**Impacts :** Inconfort visuel pour l'utilisateur

**Bonnes pratiques :** S'assurer que l'étendue du cône du détecteur de l'éclairage convient avec les usages de la zone concernée et adapter la temporisation ou la régulation à l'activité

### LUMINAIRE FIXE

**Constat :** Le luminaire conçu pour être placé juste au-dessus du bureau ne permet pas de changer l'organisation du bureau tout en conservant le même confort visuel

**Origine :** Défaut de conception. Manque de prise en compte de l'évolution des usages

**Impacts :** Inconfort visuel



Luminaire fixe ne facilitant pas un réaménagement du bureau

**Bonnes pratiques :** Utilisation de luminaires amovibles

**AMBIANCES THERMIQUES / CONFORT****POSITION DU CAPTEUR DE TEMPÉRATURE DANS LA PIÈCE**

**Constat :** La température ressentie au sein du bureau est hétérogène. Il fait plus froid à proximité des fenêtres qu'à l'endroit où est situé le capteur thermique du thermostat d'ambiance. La température de consigne affichée ne correspond donc pas à la température ressentie par les usagers

**Origine :** Phénomène de parois froides, fuites d'air au niveau des menuiseries et système de chauffage-ventilation peu performant

**Impacts :** Inconfort thermique

**Bonnes pratiques :**

- Éviter les fenêtres toute hauteur au nord qui favorise le phénomène de paroi froide
- Vérifier l'étanchéité de toutes les menuiseries
- Choisir des vitrages avec un coefficient de transmission thermique (Ug) performant
- Attention à la position du capteur thermique
- Préférer un système de chauffage par rayonnement

**C. QUALITÉ D'USAGE DES ÉQUIPEMENTS****AUTOMATISATION DE L'ÉCLAIRAGE****ÉCLAIRAGE AUTOMATIQUE**

**Constat :** L'allumage automatique de l'éclairage des bureaux dépend de réglages de détecteurs de présence et de luminosité. Les usagers subissent les défauts de réglages et l'allumage / extinction intempestifs lors de journées nuageuses où la luminosité est variable

**Origine :** Défaut de conception

**Impacts :** Inconfort des usagers

**Bonne pratique :** Conception d'un système d'éclairage semi-automatique, avec un réglage et un allumage automatique (détecteur de présence photosensible), tout en laissant la possibilité à l'utilisateur de commander manuellement l'éclairage. Le mode automatique est réarmé tous les soirs

**SENSIBILITÉ DES USAGERS À L'ALLUMAGE DES LUMINAIRES SELON LA SAISON**

**Constat :** Les usagers de bureaux dont l'éclairage est asservi à un détecteur de présence photosensible préfèrent augmenter la sensibilité du capteur en hiver et la diminuer en été, ce qui n'est pas toujours facile à régler lorsque le problème n'a pas été anticipé en conception (réglage manuel peu précis des détecteurs, parfois peu accessibles)

**Origine :** Subjectivité des perceptions de l'utilisateur variant selon la saison

**COMPORTEMENT DES USAGERS**

**Constat :** Dans un bâtiment où l'éclairage est automatisé, certaines pièces ont gardé une commande manuelle de l'éclairage. Les usagers ont perdu l'habitude d'agir sur l'éclairage et laissent ces luminaires allumés

**Origine :** Comportement de l'utilisateur (perte d'habitude de contrôler l'éclairage artificiel)

**Impacts :** Surconsommation d'énergie

**Bonne pratique :** Sensibilisation / information des usagers

**LUMINAIRES À GRADATION LUMINEUSE**

**Constat :** Difficulté de remarquer que les luminaires à gradation lumineuse sont allumés quand ils sont réglés au minimum de leur intensité lumineuse. Ils ne sont alors pas éteints par le dernier usager qui quitte la pièce.

**Origine :** Comportement de l'utilisateur

**Impact :** Surconsommation d'énergie

**Bonne pratique :** Sensibilisation / information des usagers

## USAGE DU THERMOSTAT

**Constat :** Décalage entre la technicité des systèmes de chauffage et de ventilation et la capacité de contrôle par les usagers. Certains systèmes sont équipés de thermostat mais leur usage n'est souvent pas maîtrisé par les occupants

**Origine :**

- Défaut de conception du thermostat : fonctionnement complexe et peu intuitif
- Défaut de formation de l'utilisateur : manque d'explication du fonctionnement technique du système
- Défaut de moyens humains pour la gestion de bâtiments

**Impacts :**

- Utilisation non optimale de la régulation pouvant entraîner des surconsommations énergétiques
- Inconfort des usagers

**Symbole entouré :** Le thermostat est muni d'un mode « absence de bureau » qui réduit les débits de ventilation au minimum et change la température de consigne. Des utilisateurs non avertis ont utilisé ce mode sans en connaître les conséquences

**Symbole encadré :** Affichage peu intuitif : le thermostat affiche une température qui n'est pas celle de la pièce mais la température de consigne du bâtiment (26 °C !) qui peut être modulée de  $\pm 3$  °C par pièce. La modulation n'est visible que par la barre graduée



Interface du thermostat peu intuitive et affichage des consommations peu lisible

## COMMANDE DES PROTECTIONS SOLAIRES : AUTOMATIQUE OU MANUELLE ?

### COMMANDE AUTOMATIQUE

**Avantages:** Limite les risques de surchauffes en cas de négligence des usagers

**Inconvénients :** Peut présenter des inconforts visuels pour les usagers, surtout par temps variable (protections solaires pouvant se baisser et se relever de manière intempestive)

La mise en place d'une commande semi-automatique peut être complexe car se pose ensuite la question de la mise en place de commandes manuelles différenciées sur chaque ouverture pour satisfaire aux attentes des différents usagers (confort visuel subjectif)

### COMMANDE MANUELLE

**Avantages :** Permet de satisfaire les attentes des différents usagers (confort visuel subjectif)

**Inconvénients :** En cas de manque de vigilance des usagers entraînant l'absence de mise en place des protections solaires, risques de surchauffes d'autant plus problématiques si le bâtiment a une forte inertie (retour plus long à une température de confort)

**Point de vigilance :** Les stores intérieurs à commandes manuelles et individuelles ne protègent pas des surchauffes car ils protègent de l'ensoleillement direct mais la chaleur est alors « piégée » dans le bâtiment

## » CONCLUSION SUR LES DÉSORDRES ET BONNES PRATIQUES

Sur l'échantillon des 18 bâtiments étudiés, il n'a pas été constaté de difficultés ni de désordres propres à la région Rhône-Alpes. Les événements observés se rapprochent des résultats de l'étude nationale « REX Bâtiments performants ». La synthèse de cette enquête permet néanmoins de faire ressortir des points de vigilance.

- **Étanchéité à l'air**

L'étanchéité à l'air est plus qu'un souci de finition. Les artisans sont de plus en plus sensibilisés à cet enjeu, notamment grâce aux actions de formation réalisées par les équipes de maîtrise d'œuvre. Cependant, une meilleure anticipation du traitement de points singuliers permettrait de faciliter l'obtention d'un résultat performant.

Les défauts d'étanchéité viennent souvent de l'emploi de produits supposés performants mais dont les propriétés s'altèrent avec les conditions climatiques, les mouvements ou les variations dimensionnelles des éléments. S'ils permettent d'atteindre l'objectif du test d'étanchéité, leur usage posera des problèmes de durabilité de l'étanchéité à l'air et du maintien des performances thermiques du bâtiment dans le temps. A ce titre, un produit à base de mousse de polyuréthane n'est pas une solution pérenne.

Les bâtiments performants sont très sensibles aux défauts d'étanchéité à l'air et la réalisation d'un test visant un objectif de résultat global n'exclut pas l'apparition d'inconforts thermiques localisés dus à des fuites d'air.

- **Pertes énergétiques dans les réseaux**

Les linéaires importants de tubes de VMC double flux, même isolés, passant dans les locaux non chauffés dégradent le rendement global des installations.

Les réseaux d'eau chaude sanitaire et de chauffage de nouvelles installations sont souvent non calorifugés.

- **Automatisation et qualité d'usage**

L'automatisation des systèmes de régulation thermique et d'éclairage offre un potentiel de gisement d'économie conséquent mais ignore souvent la perception des usagers et la subjectivité du confort. Il est important de laisser une marge de manœuvre aux usagers pour qu'ils puissent rester acteurs de leur environnement. Aujourd'hui, le lien entre la conception et l'utilisation du bâtiment constitue le maillon faible de la performance.

- **Gestion - Maintenance**

Le réglage des systèmes techniques et la maintenance sont parfois mal anticipés. Il a été observé des manques de moyens humains pour la gestion de bâtiments publics de petites collectivités locales notamment. Les pannes sont parfois signalées tardivement et les interventions peuvent se faire lors de l'apparition des premières pathologies.

### 3) ZOOM SUR L'UTILISATION DES ÉCO-MATÉRIAUX

Dans une démarche d'approche environnementale globale de la construction, il est nécessaire d'aller plus loin que la maîtrise des consommations énergétiques et de prendre en compte l'impact énergétique, environnemental et sanitaire des bâtiments pendant tout leur cycle de vie. L'utilisation d'éco-matériaux est une réponse intéressante à cet enjeu car ils présentent d'une part un impact sur l'environnement limité : matériaux issus de ressources renouvelables ou abondantes, cycle de vie peu énergivore (notion d'énergie grise), qualités sanitaires, recyclabilité en fin de vie... D'autre part, du point de vue économique et social, ils peuvent permettre de développer l'économie locale et de valoriser des savoir-faire avec une notion forte d'intensité sociale, c'est pourquoi VAD et l'AQC ont souhaité orienté l'enquête en Rhône-Alpes sur cette thématique. On y inclut les matériaux biosourcés (issus du végétal ou des animaux), des matériaux issus du recyclage (ex : ouate de cellulose) et certains matériaux minéraux peu transformés (terre crue, chaux, pouzzolane...).

De plus en plus de bâtiments font appel aux éco-matériaux pour leur structure, les revêtements ou l'isolation. Des filières de production se développent et se structurent sur le marché européen mais également à l'échelle locale. Dans ce domaine, la région Rhône Alpes n'est pas en reste, et cette étude a permis de recenser et d'analyser certaines initiatives régionales.

L'enquête met en avant dans quelle mesure les éco-matériaux ont été intégrés dans les projets visités et quelles ont été les motivations des maîtres d'ouvrages. La question de la structuration des filières et de la disponibilité régionale sera ensuite abordée. Enfin, des retours d'expériences sur les techniques de mise en œuvre observées seront présentés.

#### ↳ Présentation des résultats

Les retours d'expériences suivants présentent une liste non-exhaustive des difficultés rencontrées par les acteurs des projets visités sur cette thématique.

Pour chaque évènement constaté sont proposés :

- un exemple,
- une analyse,
- des pistes de solutions, sous la forme de bonnes pratiques, de témoignages ou de renvois à des guides afin d'apporter aux acteurs des solutions adaptées à chaque problématique.



## A. INTÉGRATION DES ÉCO-MATÉRIAUX DANS LES OPÉRATIONS VISITÉES

Sur le panel de 18 bâtiments, 12 ont été retenus pour leur recours aux éco-matériaux en structure, isolation et/ou au niveau des revêtements. 4 de ces bâtiments ont intégré les éco-matériaux sur l'ensemble des postes cités précédemment. Il s'agit de bâtiments à ossature bois et d'une rénovation en pisé.

Concernant la répartition des types d'éco-matériaux utilisés en isolation, on remarque la part très importante des produits industrialisés comme la ouate de cellulose et surtout la laine/fibre de bois. En effet, la facilité de mise en œuvre de la laine de bois, sa forte disponibilité chez les fournisseurs de matériaux et ses qualités sanitaires en font un isolant très compétitif même si sa fabrication est plus énergivore que d'autres éco-matériaux comme la paille ou la ouate de cellulose.

En structure, c'est majoritairement le bois qui est utilisé pour plus de la moitié des constructions neuves visitées. Les projets de réhabilitation, y compris ceux qui utilisent des isolants traditionnels comme de la laine minérale, ont souvent recours à des ossatures bois pour la pose de l'isolation thermique par l'extérieur.

## B. MOTIVATIONS DU MAÎTRE D'OUVRAGE

Dans le cadre de l'étude, il semble pertinent de s'interroger sur les motivations des maîtres d'ouvrage ayant utilisé des éco-matériaux :

- La dimension environnementale est, sans surprise, la motivation qui revient le plus souvent avec une volonté plus ou moins forte de communiquer sur ce sujet.
- La valeur architecturale des éco-matériaux séduit les maîtres d'ouvrages par leur côté naturel ou patrimonial quand ils sont utilisés de façon apparente.
- Certaines propriétés physiques des éco-matériaux représentent un réel atout. Leur perspiration permet une meilleure régulation de l'humidité dans le bâtiment et les rend très adaptés à la rénovation de bâti ancien comme l'habitat en pisé. L'isolation en laine de bois a plusieurs fois été préférée à l'isolation en laine minérale car présentant une meilleure diffusivité qui peut aider à diminuer les risques de surchauffe estivale grâce à un déphasage plus important.
- Les qualités sanitaires des éco-matériaux sont mises en avant par les maîtres d'ouvrages dans presque la moitié des projets. La recherche d'utilisation de matériaux naturels est souvent associée à la proscription des matières nocives.
- Sur les projets visités en milieu rural, la filière bois par exemple mobilise le tissu économique local dans la production et la mise en œuvre de dérivés du bois.

### LES PRINCIPALES UTILISATIONS DES ÉCO-MATÉRIAUX DANS LES BÂTIMENTS VISITÉS SE SITUENT :

- **En structure** (ossature bois, pisé, pierre de pays)
- **En isolation** (dérivés du bois, ouate de cellulose, paille et autres fibres végétales, béton de chanvre)
- **En revêtement extérieur** (enduit à la chaux, pierre de pays, bardage en bois)
- **En revêtement intérieur** (parquets, sol souple, cloison, parement, faux plafond...)



- La construction paille en panneaux préfabriqués permet de réaliser un chantier en filière sèche moins sensible aux intempéries que la construction en béton. Par ailleurs, la publication de règles professionnelles a permis de crédibiliser la filière paille aux yeux des maîtres d'ouvrages. Pour les 14 projets ayant intégré des éco-matériaux, une forte implication de la maîtrise d'ouvrage publique est à noter (9 projets, contre 3 de particuliers et 2 de bailleurs sociaux)

## 3) L'UTILISATION DES ÉCO-MATÉRIAUX

## C. STRUCTURATION DES FILIÈRES ET DISPONIBILITE DE LA RESSOURCE

## &gt;&gt; Création et accompagnement de filières d'éco-matériaux

**RETOUR D'EXPERIENCE : Création d'un projet fédérateur de la filière bois**

## &gt;&gt; Exemple

Une communauté de Communes de la région a lancé un projet de fédération des acteurs de la filière bois sur son territoire autour de la construction d'un bâtiment exemplaire. L'idée était de montrer qu'il est possible de construire un bâtiment en bois avec les ressources et les savoir-faire locaux. Propriétaires forestiers, bûcherons, scieurs, fabricants d'isolant (laine et fibre de bois), menuisiers et charpentiers se sont mobilisés pour fournir l'essentiel des matériaux de construction. Parmi les dérivés du bois, seuls quelques éléments, comme les panneaux de contreventement en OSB, ont été importés d'autres régions.

### ↳ Analyse

La construction bois est en constante croissance et la demande de bois de qualité de plus en plus élevée. Les ressources forestières sont importantes en France mais très peu exploitées. L'éclatement en de nombreuses parcelles de petite taille rend souvent leur exploitation impossible (manque de voie d'accès) et/ou trop peu rentable. Certains propriétaires sont en outre non identifiés.

Il manque une industrie de transformation du bois pour apporter une forte valeur ajoutée aux produits sur le territoire. Aujourd'hui, on trouve surtout des scieries de petite taille, ayant une forte intensité sociale, mais pas assez équipées pour répondre à la demande de bois à forte valeur ajoutée (ex : bois contrecollé) et qui peinent à concurrencer les scieries industrielles européennes.

### PISTES DE SOLUTION

- Des associations de propriétaires forestiers comme les CRPF (Centres Régionaux de Propriété Forestière) permettent de développer la formation des propriétaires et les outils de gestion forestière. La loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt n° 2014-1170 promulguée en octobre 2014 vise notamment à la création de Groupement d'Intérêt Economique et Environnemental Forestier qui devrait faciliter les démarches collectives des propriétaires forestiers volontaires.
- L'investissement dans des équipements collectifs de séchage du bois par exemple permettrait aux scieries d'augmenter la valeur de leur bois. Cela suppose de fédérer des acteurs qui n'ont pas l'habitude de travailler ensemble, ce qui présente un réel défi.
- Les travaux du CNDB (Comité National pour le Développement du Bois), du FCBA (Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement), de la FIBRA (Fédération Forêt Bois Rhône-Alpes) visent également au développement des métiers du bois (mutualisation des moyens, développement de la filière...).



## RETOUR D'EXPÉRIENCE : Difficulté d'assurer la construction en terre crue avec les outils réglementaires existants

### ↳ Analyse

Les éco-matériaux comme la terre crue sont difficilement assurables par le cadre réglementaire usuel (DTU, Avis techniques...) qui a une approche de qualité tournée vers la caractérisation des matériaux et des techniques à l'échelle nationale. On retrouve une grande hétérogénéité de composition du matériau terre crue et une diversité de pratiques de mise en œuvre selon les régions. Il est donc difficile d'établir un cadre national pour servir de base à leur assurabilité. De plus, un des facteurs déterminants pour garantir la qualité de la construction est le savoir-faire de mise en œuvre.

### PISTES DE SOLUTION

- La Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages (DHUP) et la Région Rhône-Alpes travaille actuellement sur la question de l'assurabilité de Systèmes Non Industrialisables pour aboutir à un système plus souple à l'échelle de la région et favoriser les innovations. Un groupe d'évaluation composé d'experts régionaux de la construction terre crue a été créé à titre expérimental. L'objectif n'est pas d'aboutir à la création de règles professionnelles mais à un système d'évaluation des projets au cas par cas. Cette évaluation collégiale a été lancée pour la construction en terre crue mais pourrait aussi s'ouvrir à des systèmes constructifs en paille qui ne sont pas intégrés dans les Règles Professionnelles de la Construction Paille comme l'isolation extérieure en bottes de paille.
- Depuis 1979, CRATerre (association et laboratoire de l'ENSAG) œuvre à la reconnaissance du matériaux terre afin de répondre au triptique suivant : utilisation des ressources locales, humaines et naturelles ; amélioration de l'habitat et des conditions de vie ; valorisation de la diversité culturelle. Le Festival Grains d'Isère permet des rencontres autour de la matière.
- L'association AsTerre, fondée en 2006, a pour priorité le regroupement et la promotion des entreprises et des techniques de terre crue, la transmission des savoir-faire et le développement des formations concernant la terre crue, l'optimisation des échanges entre les professionnels, avec les partenaires de l'acte de bâtir, au niveau national et européen.
- L'association TERA<sup>3</sup>, née en mars 2014 et fédérant les acteurs professionnels de la construction en pisé en Rhône-Alpes, est en charge de la rédaction des guides de bonnes pratiques à l'horizon 2017.



<sup>3</sup> Plus d'informations sur ces 3 organismes : <http://craterre.org>, <http://www.asterre.org>, <http://www.terre-crue-rhone-alpes.org>

## 3) L'UTILISATION DES ÉCO-MATÉRIAUX

**RETOUR D'EXPÉRIENCE : Difficulté d'utiliser du bois local dans la commande publique****↳ Analyse**

Les grands principes sur lesquels sont basées les règles des marchés publics tels que le libre accès à la commande publique et la non-discrimination peuvent constituer un frein à l'emploi de matériaux locaux. De fait, les critères de provenance sont interdits dans le cahier des charges de l'appel d'offre et peuvent faire l'objet de procédures pénales. Ceci explique que les maîtres d'ouvrages publics intègrent peu le critère « local » pour les matériaux car ils risquent l'invalidation de leurs appels d'offres occasionnant retards et autres complications dans le projet. Pourtant des outils existent comme a pu le montrer l'atelier organisé par ECOBATP LR<sup>4</sup> sur le thème « Des clés pour faciliter l'éco-construction et l'innovation dans les marchés publics » .

**PISTE DE SOLUTION****1) Dissocier la fourniture du bois du marché de la construction bois**

Un premier outil consiste à dissocier la fourniture du matériau de la mise en œuvre de celui-ci. La collectivité locale peut délivrer son propre bois, issu de forêt communale ou acheter le bois (brut ou prêt à l'emploi) via un appel d'offre dont les critères techniques et environnementaux permettent aux entreprises locales de répondre de façon compétitive. Il est donc nécessaire d'avoir une bonne vision des ressources disponibles localement et des savoirs faire locaux et ce, dès la conception architecturale et technique du bâtiment. La gestion de la procédure est cependant plus complexe pour la collectivité qui prend en charge la responsabilité de la fourniture de la matière première : les exigences de qualité, les délais de séchages et les estimations des volumes de bois brut nécessaires à la construction.

**2) Utiliser des labels**

Un second outil consiste à faire appel à des marques collectives de certification régionale assurant des critères de traçabilité et de qualité technique et environnementale. Ces labels peuvent être intégrés dans les marchés publics avec la mention « ou équivalent » qui ouvre à la concurrence les produits répondant aux mêmes critères (sus-cités), sans exigence d'origine. C'est le cas du label « Bois des Alpes » qui garantit du bois 100% d'origine alpine grâce à un système de traçabilité, une transformation « locale » dans un périmètre élargi aux départements limitrophes, un référentiel de qualité technique et la provenance d'une gestion durable de la forêt (label PEFC). Cette démarche issue de collectivités territoriales vise d'une part à créer un marché régional pour valoriser le bois produit sur leur territoire. D'autre part, l'objectif est d'encourager les entreprises locales à se regrouper pour gagner les marchés ainsi créés. Le cadre coercitif imposé aux entreprises implique des efforts pour s'adapter aux exigences (certification PEFC, qualité du bois...) et des coûts, qui ont été accompagnés par des subventions du FEDER (Fonds européen de développement régional). L'enjeu est de pouvoir pérenniser ces partenariats locaux d'entreprises engagées dans une logique de qualité au-delà de ces chantiers exemplaires.

**3) Favoriser l'offre et la demande de bois massif de meilleure qualité**

L'association des Communes Forestières qui a développé le label « Bois des Alpes » travaille également sur une optimisation de la classification de la résistance mécanique des bois avec des techniques de mesures innovantes pour tirer le meilleur parti des bois coupés grâce à l'utilisation d'appareils à ultrasons par exemple. Aujourd'hui, il arrive que des bois de charpente de classe supérieure soient vendus pour réaliser des charpentes dimensionnées avec du bois de classe inférieure faute de demande sur le marché de bois massif de meilleure qualité. La construction d'un bâtiment multifonctionnel « Bois des Alpes » en Savoie a montré que l'on pouvait produire localement du bois de résistance mécanique très élevé (classe C40 selon la norme EN 338) ce qui permettrait d'utiliser du bois massif à la place de bois lamellé collé dans de nombreux cas. Il existe peu de scieries produisant du lamellé collé en région Rhône-Alpes, l'utilisation de bois massif peut être un moyen de favoriser le bois local.

***Pour aller plus loin sur la question de l'insertion du bois local dans la construction publique***

*Voir les guides et mémentos cités p. 39.*

<sup>4</sup>ECOBATP LR : Centre de Ressources Régional de la Construction, la Rénovation et l'Aménagement Durables en Languedoc - Roussillon

## RETOUR D'EXPÉRIENCE : Difficulté de trouver des entreprises locales en construction paille

### >> Exemple

L'appel d'offre pour une construction de maison à ossature bois isolée en paille dans le département de l'Ain (01) a amené 3 entreprises de charpente à répondre. Du fait de la technicité du projet liée aux contraintes parasismiques et à l'architecture du bâtiment, c'est une entreprise de la Drôme, plus expérimentée, qui a été retenue.

### ↳ Analyse

Avec la rédaction des règles professionnelles de la construction paille et les formations pro-paille, la filière essaime sur tout le territoire. Mais le maillage encore peu dense d'artisans compétents et de fournisseurs de bottes de pailles compatibles avec la construction paille (dimensions, densité, qualité) sur le territoire contraint parfois les maîtres d'ouvrage à faire appel à des artisans installés dans d'autres départements.

### PISTES DE SOLUTION

- Oïkos, qui s'est vu confié par la Région Rhône Alpes le développement de la filière paille en lien avec le RFCP (Réseau Français de la Construction Paille) dénombrait, en mai 2014, 131 professionnels liés à la filière paille (conception et mise en œuvre) et 300 bâtiments isolés en paille en Rhône Alpes, recensés dans leur rapport intermédiaire sur la « Structuration de la filière paille en Rhône Alpes »<sup>5</sup>
- Dans ce contexte, certains maîtres d'ouvrages préfèrent privilégier des matériaux plus standardisés comme la laine de bois dont le savoir-faire moins spécifique permet de mobiliser plus facilement le tissu économique local.



## RETOUR D'EXPÉRIENCE : Certains éco-matériaux innovants ne sont pas disponibles sur le marché français

### >> Exemple

La maîtrise d'ouvrage d'un projet de rénovation situé en Haute-Savoie souhaitait mettre l'accent sur l'utilisation de matériaux à faible impact environnemental et sanitaire. Le choix s'est porté sur une isolation en laine de mouton. Cependant, les acteurs du projet n'ont pas réussi à trouver une laine sans fibres synthétiques en France.

### PISTES DE SOLUTION

Le choix d'un matériau doit tenir compte du gisement et des filières existants sur le territoire. Cela met en exergue le besoin d'une cartographie régionale de la disponibilité des différents éco-matériaux.

Si l'on dépasse l'échelle régionale, le marché européen s'avère intéressant pour se fournir en éco-matériaux innovants relativement proches, étant donné la situation géographique de la région Rhône-Alpes. La Suisse, l'Allemagne et l'Autriche possèdent des filières déjà bien structurées. Le label allemand NaturePlus® fixe des critères exigeants de qualité environnementale et sanitaire pour de nombreux produits (isolants, menuiseries, revêtements, colles, bois...). Par exemple, les isolants en laine de mouton labellisé NaturePlus® doivent répondre aux critères suivants :

- Composition à 90% minimum de laine de mouton et fibres synthétiques proscrites
- 75 % de la laine doit provenir de moutons élevés en Europe
- Traitement anti-mites encadré (substances proscrites, comme le sel de bore et composés organiques halogénés)
- Contrôles de présence de pesticides, d'émissions d'odeurs et de COV.

<sup>5</sup>A consulter sur le site de VAD : [www.ville-amenagement-durable.org](http://www.ville-amenagement-durable.org)

## 3) L'UTILISATION DES ÉCO-MATÉRIAUX

## D. RETOURS D'EXPERIENCES SUR LES TECHNIQUES OBSERVÉES

## LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE DE L'HABITAT EN PISÉ

Le système constructif en terre crue le plus courant en région Rhône-Alpes est le pisé. Ce béton de terre crue compactée associant en quantité variable argile, silts, sables, gravier et cailloux permet de construire des bâtiments d'une grande durabilité mais reste très sensible à l'humidité. La pathologie humide du pisé peut avoir de graves conséquences sur le bâti allant jusqu'à l'effondrement des murs. La rénovation énergétique des bâtiments en pisé constitue un réel enjeu en région Rhône-Alpes où une grande partie de l'habitat d'avant-guerre est construit avec cette technique, comme en Isère, où le pisé est présent dans 75% de l'habitat traditionnel<sup>6</sup>. Cependant l'isolation des murs en pisé va modifier le comportement hygrothermique de la paroi. Il convient d'accorder une vigilance particulière au transfert de vapeur d'eau afin que l'eau ne s'accumule pas dans le mur. Les retours d'expérience ont permis de recenser plusieurs techniques de rénovation énergétique de l'habitat en pisé, présentées ci-dessous.

## 1) Correction thermique intérieure en béton de chanvre

Le béton de chanvre banché est constitué d'un mortier de chaux et de granulats de chènevotte, la partie intérieure de la tige de chanvre, coulée par lits successifs entre le mur en pisé et un coffrage. Cette technique s'adapte bien à l'isolation intérieure de murs en pisé car elle permet de rattraper les irrégularités de planéité du mur, et sa perspiration<sup>7</sup> facilite la migration de la vapeur d'eau vers l'extérieur.

## Exemple de mise en œuvre rencontrée

Épaisseur : 15 cm - Conductivité :  $\lambda = 0,15 \text{ W/m.K}$  - Conductance  $U = 1 \text{ W/m}^2.\text{K}$



Vue de face d'un mur en béton banché. Les lignes horizontales sont dues aux lits successifs de chanvre



Vue transversale d'un mur intérieur en béton de chanvre banché

## Désordres observés

Le béton de chanvre banché se met en œuvre en voie humide et la durée de séchage est de plusieurs semaines. Les moisissures peuvent apparaître durant le séchage, laissant des tâches sombres par la suite. Le mur peut alors être recouvert d'un enduit à base de chaux.

En cas de mise en œuvre de revêtement imperméable en finition (comme de la faïence en salle de bain), une vigilance particulière doit être accordée sur la teneur en eau du support car en finissant de sécher, le béton de chanvre observe un retrait. Celui-ci peut entraîner la fissuration des joints de faïence et occasionner un dégât des eaux. Afin d'éviter les délais de séchage, des blocs de chanvre préfabriqués peuvent être utilisés comme support de faïence.

## Pour aller plus loin

- Article « Béton de chanvre, une filière d'agromatériaux en phase de consolidation », revue Qualité Construction, n° 148, 2014
- Règles professionnelles d'exécution des ouvrages en béton et mortier de chanvre, édition SEBTP, acceptées en Juillet 2012 par la Commission de Prévention Produit (C2P) de l'AQC.

<sup>6</sup>Source : Revue Agence Qualité Construction n° 143 « La pathologie humide du pisé » Philippe HEITZ

<sup>7</sup>Perspiration : capacité d'un matériau ou d'une paroi à permettre la migration de la vapeur d'eau

## 2) Isolation par l'extérieur en laine de bois

Une ossature bois est rapportée sur la façade et fixée à l'aide d'équerres métalliques. Deux couches croisées de laine de bois sont positionnées derrière et entre les montants de l'ossature. Il est ensuite fixé un pare-pluie en cas de finition par un bardage, soit des panneaux de fibre de bois type Agepan® qui sont recouverts d'une trame de fibre de verre puis d'un enduit à la chaux.

Il est également possible de disposer une trame en toile de jute (en fibre végétale), moins énergivore et facilement recyclable, mais plus difficile à mettre en œuvre et plus chère.

La laine de bois souple permet de rattraper les défauts de planéité de la paroi. La fibre de bois vissée sur l'ossature vient comprimer la laine de bois contre le mur, afin d'éviter une lame d'air entre les couches d'isolants qui dégraderait la performance du système. Il convient de proscrire les matériaux non perspirants (OSB, pare pluie étanche à la vapeur d'eau, enduit à base de ciment ...) qui empêcheraient les transferts d'humidité et entraîneraient des risques de condensation dans le système isolant.

### Exemples de mise en œuvre rencontrées

Composition de la paroi du complexe isolant	Résistance thermique de l'ITE	Prix indiqué par la maîtrise d'ouvrage (fourniture et pose)
<u>Finition par un enduit</u> Enduit à chaux / trame en fibre de verre / fibre de bois 40 mm / laine de bois en couches croisées 60 mm + 120 mm	R = 5,5 m <sup>2</sup> .K/W	160 €HT / m <sup>2</sup>
<u>Finition par un bardage</u> Bardage en mélèze non traité / pare pluie / laine de bois en couches croisées 2 x 120 mm	R = 6 m <sup>2</sup> .K/W	120 €HT / m <sup>2</sup>



Deux types de finition (enduit ou bardage) pour l'isolation par l'extérieur en laine de bois



Mise en œuvre de la finition par enduit à la chaux sur les panneaux rigides de fibre de bois



Mise en œuvre de l'isolation par l'extérieur avec finition bardage

© Yoann Saugéy

### Observations

La solution d'isolation par l'extérieur du pisé avec finition par un bardage permet d'atteindre une performance thermique plus élevée ( $R = 6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ) qu'avec la technique précédente et de conserver l'inertie qu'apportent les murs en pisé. Cependant, l'esthétisme du pisé est « perdu » et l'on manque de retour d'expérience quantifié sur le gain énergétique effectif. En effet, en modifiant le comportement hygrothermique de la paroi, cette technique influe sur deux phénomènes :

- Le captage des apports solaires pendant la journée et la restitution des calories dans l'habitat avec un déphasage temporel de 10h à 12h<sup>8</sup>
- Les gains thermiques dus à la condensation de la vapeur d'eau dans la paroi. Les changements de phases gazeux / liquide libèrent ou captent des calories. Une fois le mur isolé par l'extérieur, la température au sein du pisé est relativement homogène ce qui réduit ces phénomènes de changement de phase. L'impact énergétique de ces phénomènes est encore peu maîtrisé mais fait l'objet de recherches. L'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (ENTPE) travaille sur un modèle de simulation numérique du comportement hygrothermique des murs en pisé au sein du projet de recherche Primaterre.

### Pour aller plus loin

- Articles « La pathologie humide du pisé », revue Qualité Construction n° 143 et « Isolation et préfabrication : les nouveaux enjeux du pisé », revue Qualité Construction n° 144, 2014
- Travaux de l'ENTPE sur le comportement hygrothermique et mécanique du pisé, projet de recherche Primaterre

## 3) L'UTILISATION DES ÉCO-MATÉRIAUX

**RETOUR D'EXPÉRIENCE : Conformité aux réglementations des logements réalisés en panneaux à ossature bois préfabriqués et isolés en paille****>> Exemple**

L'enquête a permis de visiter un projet de logements sociaux en R+1 labellisé Minergie P et une maison individuelle de niveau passif construite dans une centre-ville situé en zone sismique (sismicité 3). Cela démontre donc que le matériau paille peut satisfaire les réglementations thermique, acoustique, incendie, sismique et sanitaire en vigueur.

**↳ Analyse**

La filière de construction paille se développe et se professionnalise. Grâce au travail du Réseau Français de la Construction Paille (RFCP), elle s'est dotée en janvier 2012 de règles professionnelles approuvées par la Commission de Prévention Produit (C2P) de l'Agence Qualité Construction qui permet d'obtenir une assurance décennale sur les travaux réalisés. Surnommées « Règles CP 2012 » elles couvrent l'utilisation de la paille en tant que :

- remplissage isolant (thermique et acoustique),
- support d'enduit (liants normalisés ou non, y compris à base de terres locales).

Une formation « Pro-paille » porte sur ces règles CP 2012. Elle est délivrée dans des organismes de formation accrédités par le RFCP, et obligatoirement encadrée par des formateurs certifiés par le RFCP. Cette reconnaissance réglementaire a permis de banaliser l'acceptation de projets paille par les bureaux de contrôle.

Cette formation permet d'apprendre à concevoir des bâtiments isolés en paille et de mettre en œuvre ce matériau. Elle est destinée essentiellement à des professionnels du bâtiment (architectes, artisans, ingénieurs, ouvriers, etc.) mais peut aussi concerner des auto-constructeurs.

Par ailleurs, en Rhône-Alpes, une des actions du projet Filière Paille RA 2 mené par Oïkos et le RFCP vise à lever les freins en termes d'assurances et de contrôle technique via l'information des assureurs et des contrôleurs techniques.

**PISTE DE SOLUTION**

Le réseau Français de la Construction Paille (RFCP) travaille actuellement sur l'assurabilité d'autres techniques comme l'isolation thermique par l'extérieur en bottes de paille et la technique de la paille porteuse via le projet PAIPITE (PAille Porteuse et Isolation Thermique par l'Exterieur). L'assurabilité de ces techniques représente un réel enjeu pour leur diffusion mais aussi pour la réduction des coûts de construction. En effet, la majoration demandée par les assurances pour obtenir une garantie décennale fait mécaniquement augmenter le prix au mètre carré.

**Pour aller plus loin : application de la réglementation incendie sur un immeuble à structure bois de 7 étages isolé par des caissons en paille**

Le retour des professionnels du bâtiment est que la réglementation incendie, et notamment l'instruction technique IT249 relative à la transmission du feu en façade, est appliquée de plus en plus sévèrement par les bureaux de contrôle. Son application peut constituer un frein à l'utilisation d'éco-matériaux car elle impose des restrictions aux façades disposant d'éléments inflammables (masse combustible mobilisable). Un retour sur l'application de la réglementation incendie dans le cas d'un immeuble d'habitation à 7 étages isolés par l'extérieur par des caissons remplis de paille a pu être réalisé lors d'un voyage d'études organisé par OIKOS (hors de la mission AQC).

**Applicabilité de l'IT249**

L'IT249 n'est pas directement applicable à ce bâtiment qui entre dans une famille de Bâtiment d'Habitation (troisième famille A) ayant des prescriptions particulières. Le bâtiment a néanmoins dû se conformer à la règle dite du « C + D » qui impose une distance minimale entre les ouvertures en façades.

**Mesures préventives**

La maîtrise d'ouvrage a pris volontairement les mesures suivantes pour limiter les risques liés aux incendies :

- Pose d'un pare-pluie coupe-feu sous le bardage en terre cuite
- Utilisation de menuiseries triples vitrages pare-flamme.

**Divergence d'interprétation de la réglementation concernant les escaliers**

Des escaliers à l'air libre en ossature métallique ont été mis en œuvre pour accéder à une coursive desservant les logements en façade Nord à chaque étage. Cette façade est revêtue d'un bardage bois.

L'arrêté relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation a alors été source de désaccord entre la maîtrise d'ouvrage et le bureau de contrôle. Le premier désignait l'article 30 en considérant les escaliers comme des circulations horizontales à l'air libre tandis que le second pointait l'article 23 relatif aux cages d'escalier. L'article 30 impose l'utilisation de matériaux MO (incombustibles) en revêtement des parois verticales alors que l'article 23 autorise le bois... Au moment de notre enquête, le sujet n'était pas encore résolu.

## RETOUR D'EXPERIENCE : Bâtiment en structure bois - Utilisation de barrières physiques manufacturées anti-termites en maille d'acier

**>> Exemple**

Un produit sous Avis Technique a été mis en œuvre sur un chantier de construction neuve d'un bâtiment à ossature bois dans la département du Rhône. Ignorant l'utilité de la maille en acier, la produit a été dégradé par une entreprise. Dans le cadre de l'accompagnement à la pose des produits sous Avis Technique par le fabricant, le désordre a été détecté et réparé à l'aide d'une résille.

### DÉFINITION : LES BARRIÈRES PHYSIQUES MANUFACTURÉES

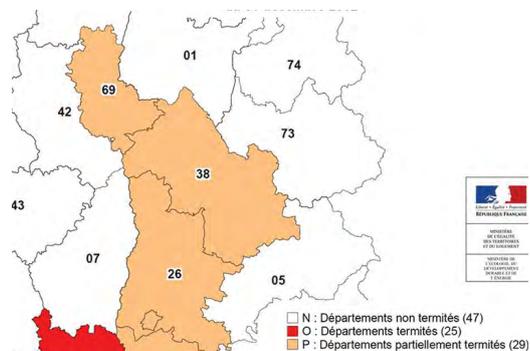
« Ce sont des dispositifs qui utilisent des matériaux qui, de par leurs propriétés intrinsèques ou la manière dont ils sont associés, sont infranchissables par les termites. Ces barrières sont mises en œuvre suivant les préconisations d'emploi du fabricant. Elles peuvent faire l'objet d'Avis Techniques délivrés par le CSTB et / ou de certifications délivrées par l'institut FCBA<sup>9</sup>. Le descriptif de la barrière physique mise en œuvre doit être joint à la notice technique à remettre au maître d'ouvrage ». Extrait du Guide technique et réglementaire de prévention contre les termites à l'interface sol-bâti édité par le Ministère de l'écologie, du développement durable et l'énergie et le Ministère de l'égalité des territoires et du logement.



Maille anti termite endommagée

### 📌 Analyse

Depuis le 1<sup>er</sup> Novembre 2007, la réglementation impose de nouvelles mesures pour protéger les constructions neuves contre les risques d'infestation par les termites souterrains. L'arrêté préfectoral du 31 décembre 2012 classe 3 départements de la région Rhône-Alpes en zones partiellement terminées : la Drôme (26), l'Isère (38) et le Rhône (69).



<sup>8</sup>Source : Revue Agence Qualité Construction n° 144 « Isolation et préfabrication : les nouveaux enjeux du pisé »

<sup>9</sup>FCBA : Institut Technologique Forêt Cellulose Bois - construction Ameublement

## 3) L'UTILISATION DES ÉCO-MATÉRIAUX

## RETOUR D'EXPÉRIENCE : Eco-matériaux en contact avec le sol - difficulté d'utilisation en sous-bassement ou dans les parties enterrées du fait de leur faible résistance à une humidité prolongée

### >> Exemple

Dans la majorité des bâtiments visités, l'isolation en sous-bassement a été réalisée par un matériau synthétique (polyuréthane ou polystyrène). Pourtant il existe des éco-matériaux imprutescibles qui pourraient dans certains cas se substituer à ces isolants issus de l'industrie pétrochimique.

## PISTES DE SOLUTION

### 1) Le liège, une durabilité naturelle élevée

Le liège est un matériau naturel, imputrescible et résistant aux termites. Issu de l'écorçage du chêne liège très présent en climat méditerranéen, il ne peut être prélevé que tous les 20 - 25 ans. Sa ressource est donc limitée et coûte relativement cher comparé aux autres isolants biosourcés, mais les panneaux de particules de liège expansées et agglomérées sont faciles à mettre en œuvre (à l'aide de colle ou de chevilles). L'utilisation du liège en isolation de mur de sous-bassement ne dispose cependant pas de DTU.

### 2) Le verre cellulaire, un matériau inerte

Le verre cellulaire est issu du recyclage de déchets de verre. Il est cuit à haute température (1 000 °C) en présence de carbone qui lui donne sa structure poreuse le rendant très léger.

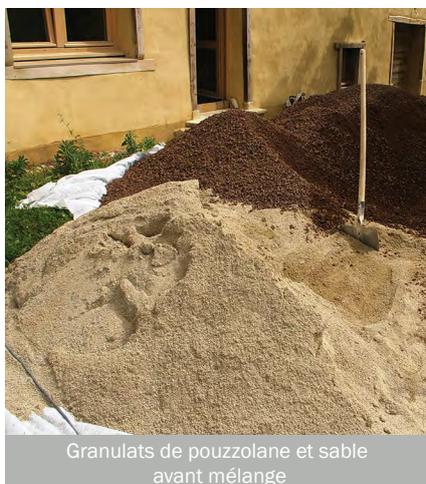
Pour un projet de maison individuelle en ossature bois réalisé sur un sol de mauvaise qualité, il a été choisi de la réaliser sur un radier (dalle lourde en béton armé) de 30 cm reposant sur un hérisson de verre cellulaire. Les avantages de cette technique sont les suivants : apport d'inertie par le radier et coupure de tous les ponts thermiques de contact avec le sol par le hérisson.

### 3) Chape de pouzzolane, un complexe perspirant

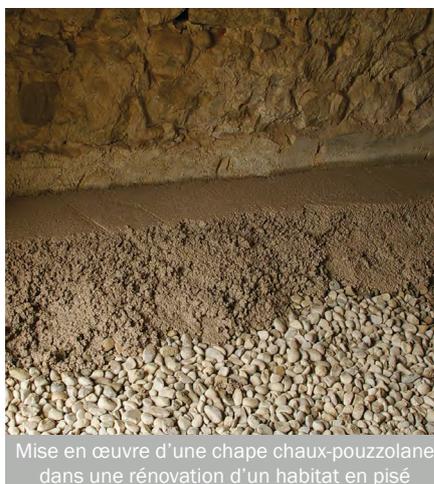
Le pouzzolane est une roche d'origine volcanique naturellement poreuse. Mélangé avec du sable et de la chaux, elle permet de réaliser des chapes isolantes. La perspiration du béton de chaux permet également la migration de la vapeur d'eau. Cette technique est ainsi très intéressante pour la rénovation de bâti ancien.



Mise en œuvre de liège en sous-bassement d'une maison à ossature bois



Granulats de pouzzolane et sable avant mélange



Mise en œuvre d'une chape chaux-pouzzolane dans une rénovation d'un habitat en pisé

## » CONCLUSION SUR L'UTILISATION DES ÉCO-MATÉRIAUX

Aujourd'hui, les éco-matériaux sont en général plus chers à utiliser que les matériaux conventionnels en raison du coût des matériaux ou du temps et du savoir-faire nécessaire à leur mise en œuvre. Même si les possibilités de préfabrication et la généralisation de leur usage permettra de réduire leur coût, il ne faut pas oublier que les éco-matériaux présentent également d'autres intérêts que leur faible impact environnemental : qualités sanitaires, valeur architecturale, pertinence pour la rénovation de bâti ancien, possibilité de réaliser des chantiers en filières sèches (ossature bois) et développement économique local.

Les filières d'éco-matériaux se développent en se fédérant pour rassembler les retours d'expériences, améliorer leur visibilité et lever les freins techniques et réglementaires. Le défi de la filière bois est de réussir à se moderniser pour améliorer en qualité et en quantité la production de dérivés du matériau et faire face à la concurrence européenne.

Les systèmes constructifs utilisant la terre crue ou la paille souffrent moins de la concurrence étrangère et militent pour la reconnaissance de savoir-faire, dont certains sont très anciens, par les assurances, avec le concept de systèmes constructifs non-industrialisables.

Le développement économique des différentes filières s'accompagne de choix stratégiques avec une notion d'intensité sociale et de développement local important.

Afin de favoriser un développement économique local et réduire l'impact environnemental des bâtiments, l'engagement de la construction publique serait un levier pertinent. Malgré des règles strictes dans les marchés publics sur la non-discrimination selon l'origine, des outils existent pour mobiliser le tissu économique local, mais il est avant tout nécessaire de bien connaître les ressources et les savoir-faire du territoire.

Les études de cas de rénovation d'habitat en pisé ont montré qu'il est possible de réaliser des rénovations performantes atteignant le niveau BBC Rénovation tout en utilisant des éco-matériaux. L'isolation des murs en pisé modifiant le comportement hygrothermique de la paroi, il convient d'accorder une attention particulière au transfert de vapeur d'eau afin que la structure ne soit pas endommagée. Les travaux de rénovation de bâtiments en pisé doivent s'accompagner également d'un contrôle des fondations, de la couverture ainsi que des éléments environnants afin de vérifier que les murs en terre crue soient bien préservés d'éventuelles infiltrations d'eau.

Si le contact avec l'eau constitue l'un des principaux points faibles des éco-matériaux (matériaux biosourcés ou pisé), l'eau pouvant entraîner la pourriture ou la perte de résistance mécanique du matériau, l'étude a aussi permis de montrer l'existence de certains éco-matériaux résistants à une humidité prolongée, qui peuvent constituer dans certains cas une alternative aux matériaux dits conventionnels.

Enfin, l'intégration des éco-matériaux dans le bâtiment doit s'accompagner d'une réflexion globale ne faisant pas l'impasse sur la provenance et l'acheminement des matériaux, leur qualité sanitaire, etc.

## 4) ZOOM SUR LA RÉHABILITATION ÉNERGÉTIQUE

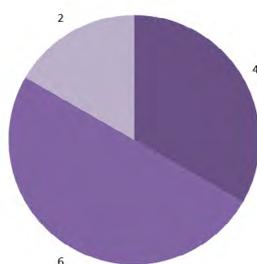
Afin de répondre aux besoins des acteurs et d'identifier plus précisément les difficultés, VAD et l'AQC ont souhaité également orienter l'enquête en Rhône-Alpes sur la thématique de la réhabilitation énergétique. En effet, celle-ci représente un réel enjeu pour réaliser la transition énergétique des bâtiments. Sur le plan environnemental, réhabiliter plutôt que raser et reconstruire peut constituer une source importante d'économie d'énergie grise. Toutefois, les coûts économiques et la complexité des projets de réhabilitation n'encouragent pas toujours les maîtres d'ouvrages à choisir cette option.

Dans un premier temps, l'enquête porte sur les motivations des maîtres d'ouvrages à engager des travaux en lien avec les moyens de financement et les objectifs de rénovation. Dans un deuxième temps, les désordres et techniques de réhabilitation observés seront présentés.

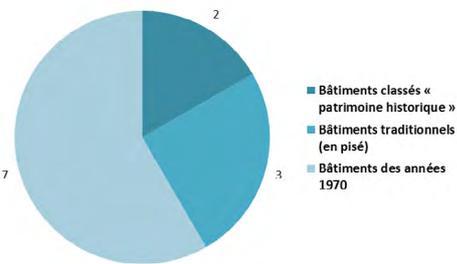
Cette enquête a permis de visiter et de collecter les retours d'expériences de 12 projets de réhabilitation énergétique dont l'usage après travaux et l'ancienneté sont variés, comme présenté ci-contre.

Les objectifs en terme de performance énergétique visée (sans certification systématique) sont :

- Moins élevés que le niveau BBC Rénovation pour 3 opérations
- Du niveau BBC Effinergie Rénovation pour 6 opérations
- Du niveau BBC Effinergie Neuf pour 3 opérations
- Du niveau passif pour 3 opérations.



Usage des projets visités après travaux



Ancienneté des bâtiments visités



### A. MOTIVATIONS DU MAÎTRE D'OUVRAGE

30% des projets visités a concerné une rénovation énergétique de bâtiment conservant le même usage. Parmi les motivations des maîtres d'ouvrages pour engager des travaux, il a pu être recensé :

- l'état de vétusté de l'enveloppe et des équipements,
- la mise en conformité réglementaire (incendies, personnes à mobilité réduite),
- une volonté de réaliser des économies d'énergie,
- la valorisation de l'usage d'un bâtiment ayant un intérêt architectural particulier (bâtiment classé ou architecture traditionnelle),
- l'opportunité foncière constituée par un bâtiment désaffecté mais dont la structure est en bon état, la situation géographique intéressante et l'architecture suffisamment compacte,
- des règles d'urbanisme défavorables à la construction neuve. Il peut être intéressant de conserver l'existant pour garder l'emprise au sol du bâtiment et maximiser l'exploitation du terrain.

## B. LES PARTICULARITÉS ÉCONOMIQUES

Les aides et subventions (liées à la performance énergétique ou non) dont ont pu bénéficier les projets de l'enquête sont les suivantes :

### 1) DEFFIBAT rénovation performante

3 projets visités ont bénéficié de la subvention accordée par l'ADEME et la région Rhône-Alpes dans le cadre de l'appel à projet DEFFIBAT. Cette subvention représente entre 5 et 8 % du montant des travaux de rénovation réalisés sur les bâtiments.

### 2) Aides nationales pour la rénovation énergétique

Crédits d'impôts, subvention directe des travaux (menuiseries, chaudière)

### 3) Subventions de l'Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat (ANAH) pour la réalisation de logements à loyers maîtrisés

6 logements ont été créés dans le cadre d'une réhabilitation en pisé. L'ANAH prévoit des subventions pour les travaux effectués sur des habitats privés destinés à la location en fonction de la convention d'encadrement des loyers contractée pour une durée de 9 ans. Plusieurs degrés de convention existent. Ils se définissent selon le montant du loyer du logement par rapport au loyer de référence fixé localement par l'ANAH en fonction des loyers du marché.

Type de convention	Loyer
Logement « intermédiaire »	- 20 % par rapport au loyer de référence
Logement « social »	- 40 % par rapport au loyer de référence
Logement « très social »	- 60 % par rapport au loyer de référence

Dans le cas de ce projet réalisé en 2011, voici les aides octroyées sur les différents logements réalisés :

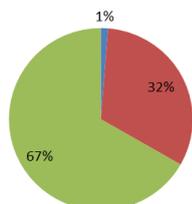
Subvention de l'ANAH	2 logements conventionnés « social »	4 logements à loyer intermédiaire
	Equivalent au loyer de référence - 40 % 80 000 € Déduction de 60 % d'impôt sur le coût des travaux	Equivalent au loyer de référence - 20 % 40 000 € Déduction de 40 % d'impôt sur le coût des travaux

Ces subventions ont permis de couvrir 21% du coût des travaux.

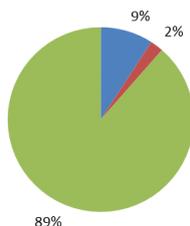
### 4) Aides régionales et départementales pour le développement d'activités touristiques

En vue de réaliser un gîte, ce même projet de réhabilitation en pisé a pu être subventionné à hauteur de 8 % du montant des travaux par le département et le région.

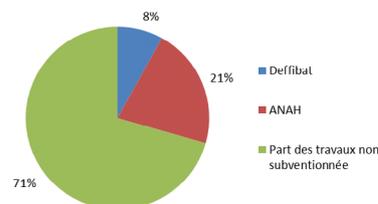
Les diagrammes ci-dessous présentent la part des différentes subventions reçues par rapport au coût des travaux (coût du foncier et des études non compris) pour 3 projets.



Répartition des subventions pour un centre médico-psychologique



Répartition des subventions pour un immeuble de bureaux



Répartition des subventions pour un logement social

### Pour aller plus loin sur la question du financement des opérations de rénovation

Compte-rendu de l'Atelier Réhabilitation organisé par VAD en avril 2014 : « Financement et montage d'opérations », disponible sur son site internet.

## 4) LA RÉHABILITATION ÉNERGÉTIQUE

**RETOUR D'EXPÉRIENCE : BBC Rénovation****>> Exemple**

Un cas d'opération immobilière visant la rénovation d'un bâtiment industriel pour la réalisation de logements en bande a fait l'objet d'une certification BBC Rénovation. Cependant, seule une partie des logements a été certifiée BBC Rénovation. Les logements ne visant pas la certification étaient par leur situation aux extrémités du bâtiment, plus défavorisés car possédant moins de parois mitoyennes et donc plus de surfaces déperditives.

Sans la plus-value commerciale représentée par la certification BBC, ces logements, déjà défavorisés au départ, ont fait l'objet de prestations de moins bonnes qualités (isolation et équipement) en se limitant aux exigences réglementaires. Ces logements non certifiés n'ont pas fait l'objet non plus de recherches d'architecture bioclimatique comme l'ouverture de la façade sud par des surfaces vitrées pour bénéficier des apports solaires en hiver.

**↘ Analyse**

La certification BBC Rénovation ne dépend pas de la conformité globale du bâtiment aux calculs thermiques réglementaires mais s'applique séparément aux logements. Ce fonctionnement incite certains promoteurs à certifier uniquement les logements les plus favorisés du point de vue du calcul, comme ceux ayant peu de surfaces déperditives.

**C. CÔTÉ CONCEPTION****RETOUR D'EXPÉRIENCE : Insuffisances de diagnostic du bâtiment existant et manque de traçabilité des modifications effectuées**

Les « surprises » apparaissant sur le chantier trouvent leur origine dans le conjunction de deux phénomènes :

- Le manque de mémoire des travaux effectués dans le bâtiment, dû à des lacunes au niveau des Dossiers des Ouvrages Exécutés.
- Les diagnostics réalisés au moment de la conception ne sont pas suffisants pour vérifier la composition de l'ensemble du bâtiment.

Afin de réaliser des économies sur les aléas de chantier, il est nécessaire d'améliorer la traçabilité des travaux effectués et la qualité des diagnostics réalisés avant travaux.

**>> Exemple : Réseaux sectionnés**

Des tuyaux d'eau noyés dans le béton ont été sectionnés au moment du carottage des dalles dans les gaines techniques pour permettre le passage des gaines de VMC double flux. Ces tuyaux ont été déviés.

**↘ Analyse**

Le noyage des réseaux dans les dalles rend difficile les interventions ultérieures car l'emplacement des réseaux est inconnu.

**BONNE PRATIQUE**

Les surcoûts liés à la déviation des réseaux sont à anticiper.

**>> Exemple : Dalle de composition hétérogène**

Les dalles d'un même bâtiment étaient différentes d'un étage à l'autre. La toiture terrasse, supposée en béton, était en réalité composée d'hourdis.

**↘ Analyse**

Une dalle en hourdis de béton n'assure pas la fonction coupe-feu pendant 1h comme l'exige la réglementation incendie et peut présenter des défauts d'étanchéité à l'air. Il convient donc de traiter l'isolation coupe-feu et l'étanchéité avec un système supplémentaire (enduit plâtre par exemple).

---

**BONNE PRATIQUE**

Réaliser un carottage systématique des dalles de chaque étage avec un maçon et un étancheur au moment du diagnostic.

---

**>> Exemple : Faible résistance des murs à l'arrachement**

La mauvaise qualité du béton des murs existants a nécessité de doubler le nombre de vis utilisées pour assurer une bonne fixation de la laine de verre sur la paroi par rapport au chiffrage du devis réalisé.

---

**BONNE PRATIQUE :**

Réaliser un test à l'arrachement avant de réaliser le chiffrage de l'ITE.

---



4) LA RÉHABILITATION ÉNERGÉTIQUE

**RETOUR D'EXPÉRIENCE : Les défis de la réhabilitation énergétique**

L'enquête a permis d'identifier quatre défis auxquels doit répondre la réhabilitation énergétique :

- La non-planéité de la façade en cas d'isolation par l'extérieur
- L'intégration d'une ventilation double flux nécessitant un volume important dans un espace contraint
- La gestion du confort d'été dans des bâtiments existants parfois mal orientés
- La conservation de l'aspect patrimonial tout en améliorant les performances énergétiques de bâtiments classés « monument historique »<sup>11</sup>.

**>> Exemple : Non-planéité de la façade et isolation par l'extérieur**

Constat : La façade à isoler n'est pas d'aplomb ou présente des reliefs. L'isolation par l'extérieur, ici prévue derrière un bardage, doit alors s'adapter à la non-planéité de la façade. Ces particularités doivent être bien anticipées en conception.



**PISTE DE SOLUTION**

Bien anticiper les défaut de planéité de la façade afin de choisir une solution optimale pour la conception du complexe isolant. Cette conception doit à la fois permettre d'éviter les vides créant un passage d'air et de gérer les ponts thermiques.

**>> Exemple : Intégration de ventilation double flux**

L'espace dans le volume chauffé existant est très contraint par la structure et le cloisonnement existants, ce qui rend difficile le passage de gaines de ventilation double flux qui requièrent un volume important.



<sup>11</sup>Ces « défis » sont ceux observés lors de l'enquête. Pour avoir une vision plus globale de la problématique, voir les travaux du groupe de travail réhabilitation de VAD consultables sur : [http://www.ville-amenagement-durable.org/rep-groupes\\_travail.html](http://www.ville-amenagement-durable.org/rep-groupes_travail.html)

## PISTE DE SOLUTION

- Création de gaines le long des poteaux de structure avec des sorties et entrées d'air pour éviter de passer les gaines au plafond
- Système collectif pour les fluides (ventilation, ECS et chauffage) permettant de passer l'essentiel du volume des gaines dans les circulations communes
- Bien réfléchir au choix de la ventilation à utiliser (simple ou double flux). Il existe des ventilations double flux par pièces par exemple.

### >> Exemple : Gestion du confort d'été

La position des ouvertures du bâtiment existant (façades Est et Ouest) peut favoriser le risque de surchauffe en été.

## PISTE DE SOLUTION

- Diminution de la surface vitrée en façade Est et Ouest en cloisonnant les ouvertures existantes en veillant à ne pas dégrader le confort lumineux et le bien-être des occupants
- Mise en place de brises soleil fixes ou orientables
- Conservation de l'inertie du bâtiment en privilégiant l'isolation par l'extérieur (mais il faudra dans tous les cas limiter l'entrée de calories ou bien gérer leur évacuation, par une surventilation nocturne par exemple)
- Diminution des apports internes et surventilation nocturne



Ouverture orientée plein Ouest munie de brises soleil orientables. Les lames en aluminium permettent de conserver un apport lumineux par réflexion

### >> Exemple : Rénovation patrimoniale de bâtiments classés à l'inventaire des monuments historiques

Les travaux de rénovation dans ce type de bâtiment nécessitent l'aval d'un Architecte des Bâtiments de France. Cette contrainte incite souvent les maîtres d'ouvrages à ne pas entreprendre des travaux de rénovation ambitieux. Pourtant des techniques de rénovations existent pour améliorer les performances énergétiques d'un bâtiment tout en conservant sa valeur patrimoniale. Sur un projet visité réhabilité en logements certifiés BBC Rénovation, la mise en place de l'isolation et l'installation de systèmes techniques performants (chaufferie gaz à condensation et ventilation double flux) ont représenté de réels défis.

## PISTE DE SOLUTION

- Afin de conserver des décors classés lors de la mise en place d'une isolation par l'intérieur, ceux-ci ont été déposés puis reposés après travaux.
- La géométrie des voûtes rend difficile une isolation efficace par l'intérieur en évitant les ponts thermiques. Dans ce projet, seule une isolation des murs en contact avec l'extérieur n'a pu être réalisée. En raison de la situation semi-enterrée de ces logements, une lame d'air ventilée a été créée entre l'isolation et le mur.



Ponts thermiques créés par les voûtes difficiles à traiter en isolation par l'intérieur

#### 4) LA RÉHABILITATION ÉNERGÉTIQUE

- Les planchers en bois existants doivent être préservés alors qu'ils présentent des défauts de niveaux et ne respectent pas les normes d'isolation acoustique. La mise en œuvre de plancher collaborant bois-béton permet d'améliorer la résistance des planchers et l'isolation acoustique. Dans ce type de plancher, sous Avis Technique TECNARIA, les atouts mécaniques du bois et du béton sont associés de sorte que le bois situé en sous-face de dalle travaille en traction et le béton, situé sur la face supérieure, travaille en compression. Ce système permet également d'utiliser un volume moins important de béton armé que pour une dalle composée uniquement de ce matériau et ayant la même tenue mécanique.



Plancher existant en bois présentant des problèmes de niveaux



Les reprises de charpente à l'aide de bois lamellé-collé et d'éléments en acier ont permis de conserver les entrants d'origine en bois massif

## » CONCLUSION SUR LA RÉHABILITATION ÉNERGÉTIQUE

- **Comment favoriser la réhabilitation plutôt que la reconstruction ?**

Ce sont la compacité du bâti et les qualités patrimoniales ou fonctionnelles du bâtiment qui ont permis dans la majorité des opérations visitées de privilégier leur réhabilitation, même si cela nécessite de composer avec des paramètres peu favorables (ex : orientation non-modifiable, surface vitrée, etc.). Des contraintes réglementaires peuvent également inciter à réhabiliter plutôt que raser et reconstruire.

- **Des subventions disponibles**

Il est important de bien se renseigner sur les subventions existantes car il est possible de financer une partie de son projet via de nombreux biais, que ce soit par des appels à projet qui valorisent les projets performants ou novateurs comme DEFFIBAT, ou par des organismes favorisant la rénovation énergétique de l'habitat privé, la construction d'habitat social ou encore le développement de l'offre touristique régionale.

- **L'importance du diagnostic et d'une « mémoire » des travaux**

De nombreux désordres apparaissent en cours de chantier en raison d'un manque de diagnostic de l'existant et de la difficulté à conserver des documents précis recensant les interventions successives dans toute la vie du bâtiment.

- **Anticiper**

Le diagnostic doit faire ressortir pendant la conception les points singuliers qui exigeront un traitement particulier. Une bonne anticipation permet de mieux maîtriser les coûts et de concevoir une solution optimale.

## BIBLIOGRAPHIE



**CONSTRUCTION EN PAILLE**  
OIKOS, Rendu intermédiaire de l'état d'avancement du projet « *Filière Paille Rhône-Alpes* », Mai 2014  
[www.ville-amenagement-durable.org](http://www.ville-amenagement-durable.org)



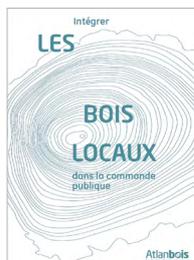
**CONSTRUCTION EN PISÉ**  
- Philippe Heitz, « *La pathologie humide du pisé* », revue AQC n° 143, p.62 - 69, Mars/Avril 2014  
- Philippe Heitz, « *Isolation et préfabrication : les nouveaux enjeux du pisé* », revue AQC n° 144, p.72 - 80, Mai/Juin 2014



**BOIS LOCAL DANS LES MARCHÉS PUBLICS**  
ECOBATP LR, Atelier d'expert « *Des clés pour faciliter l'éco-construction et l'innovation dans les marchés publics* », Juillet 2014



**CONSTRUIRE EN BOIS DES ALPES**  
BOIS DES ALPES, COMMUNES FORESTIÈRES, Guide pratique « *Etapes clés pour insérer une fourniture de bois certifiée Bois des Alpes dans la commande publique* », Juillet 2013  
[www.boisdesalpes.net](http://www.boisdesalpes.net)



**INTÉGRER LES BOIS LOCAUX DANS LA COMMANDE PUBLIQUE**  
ATLANBOIS, PROCOBOIS, Guide, Juin 2014  
[www.atlanbois.com](http://www.atlanbois.com)



**RECOURIR AU BOIS LOCAL DANS LA COMMANDE PUBLIQUE**  
RÉSEAU RURAL FRANÇAIS, ETD, Guide de recommandations, Novembre 2010  
[www.reseaurural.fr](http://www.reseaurural.fr)



**CONSTRUIRE EN BOIS LOCAL**  
PARC NATUREL RÉGIONAL DU VERCORS, Mémento pour l'insertion du bois local dans la construction publique  
[www.parc-du-vercors.fr](http://www.parc-du-vercors.fr)

## RÉGLEMENTATIONS

**ARRÊTÉ RELATIF À LA PROTECTION CONTRE L'INCENDIE DES BÂTIMENTS D'HABITATION**, Arrêté du 31 janvier 1986.

**INSTRUCTION TECHNIQUE IT249 RELATIVE AUX FAÇADES**, Arrêté du 24 juin 2010.

**SYSTÈME D'ISOLATION THERMIQUE EXTÉRIEURE PAR ENDUIT SUR POLYSTYRÈNE EXPANSÉ**, Cahier des Prescriptions Techniques d'emploi et de mise en œuvre, CSTB, 12 décembre 2012.

**GUIDE TECHNIQUE ET RÉGLEMENTAIRE : PRÉVENTION CONTRE LES TERMIES À L'INTERFACE SOL-BÂTI**, Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et le Ministère de l'égalité des territoires et du logement, Janvier 2013.

## BILAN DE L'ENQUÊTE

### >> Des désordres aux bonnes pratiques

Ce dossier a permis de regrouper les désordres affectant la performance énergétique finale du bâtiment selon qu'ils concernent l'enveloppe, les équipements ou encore la qualité d'usage du bâtiment afin de ne pas mettre de côté la place de l'utilisateur dans cet environnement technique.

Les observations, concernant l'étanchéité à l'air par exemple, ont montré que les professionnels du bâtiment étaient de mieux en mieux formés mais qu'une meilleure anticipation des points singuliers et conception et la diffusion de bonnes pratiques

devraient permettre d'atteindre plus facilement les objectifs visés et la durabilité des performances.

« L'erreur est un facteur d'apprentissage pour tous. Elle est d'autant plus utile qu'elle est transformée en expérience, d'autant plus efficace qu'elle est analysée et associée à une solution.

Extrait de la conclusion du rapport « Rex Bâtiment Performants et Risque - Résultats 2012 »



### >> La diffusion des résultats

Avec la mutualisation des enquêtes dans d'autres régions par l'AQC, ce travail, qui sera transmis aux rédacteurs de Recommandations Professionnelles, servira d'une part à faire progresser la réglementation et d'autre part, participera à la

formation de professionnels via une large diffusion de documentations techniques et l'organisation de conférence. Avec l'application de la Réglementation Thermique 2012, ce sont tous les acteurs de la construction qui sont concernés par

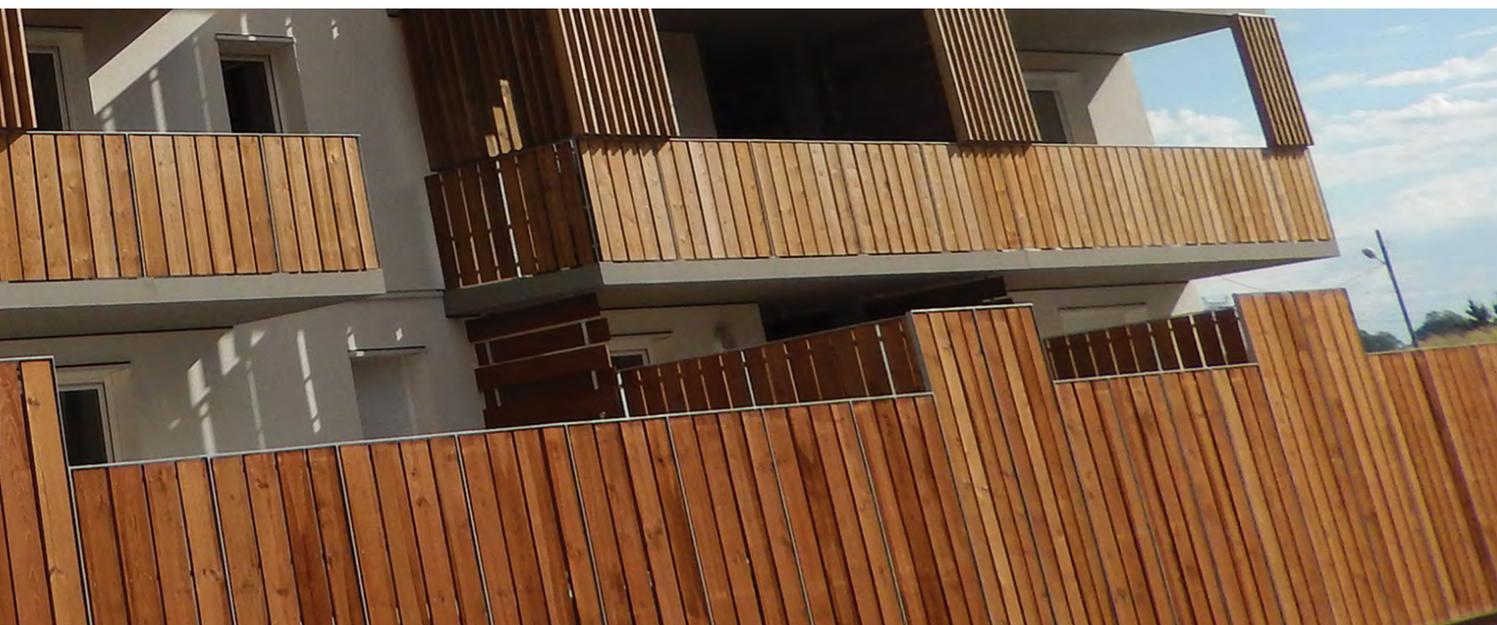
la recherche des performances. Il y a donc un enjeu fort à poursuivre et partager les retours d'expériences qui sont une réponse pour garantir les performances et la qualité souhaitées dans les bâtiments d'avenir.

## >> Les éco-matériaux en Rhône-Alpes

Les retours d'expérience réalisés sur les éco-matériaux ont démontré que leur usage était de plus en plus commun. Le bois et ses dérivés offrent un potentiel de développement important dans la construction par leur dimension industrielle. Le défi a relevé reste l'utilisation de ressources locales qui nécessite une modernisation de la filière. Mais pour développer l'offre locale, il est plus que pertinent de créer une demande.

Des initiatives privées existent, la construction de bâtiments publics est un levier également. Si les règles des marchés publics peuvent constituer un frein à l'utilisation de ressources locales, la dissociation de la fourniture du matériaux ou la fédération d'acteurs régionaux autour de référentiels de qualité peuvent permettre de parvenir à un développement économique local et à cette évidence environnementale.

L'étude a aussi montré la maturité de certaines techniques innovantes comme la construction paille et les opportunités d'avancées réglementaires au niveau de l'assurabilité d'autres systèmes constructifs comme ceux utilisant la terre crue.



## >> La réhabilitation

Choisir de réhabiliter plutôt que de démolir et reconstruire est d'autant plus intéressant quand il s'agit de bâtiments d'intérêt patrimonial ou traditionnels, mais certaines règles d'urbanisme peuvent également orienter le maître d'ouvrage vers cette option.

Afin de favoriser la réhabilitation, il est nécessaire de construire

des bâtiments à la fois robustes et présentant un certain nombre de qualités architecturales (esthétique, fonctionnel, adaptable et évolutif).

Travailler avec un bâtiment existant nécessite des compromis à la fois architecturaux et économiques car il n'est pas toujours possible de modifier le bâtiment à des

coûts acceptables. Des études approfondies en conception permettent de trouver la solution optimale pour chaque projet.

Les désordres observés sont souvent dus à une insuffisance de diagnostic et à un manque de traçabilité des travaux antérieurs effectués sur le bâtiment.



*« Partager ce que l'on sait  
et apprendre du savoir des autres »*

07 / 2015

**VILLE ET AMÉNAGEMENT DURABLE**  
19 rue Victorien Sardou – 69007 Lyon  
Tel : 04 72 70 85 59  
associationvad@orange.fr  
www.ville-amenagement-durable.org

Centre d'échanges et de ressources pour la qualité environnementale des bâtiments et des aménagements en Rhône-Alpes

Avec les partenaires de nos actions

