



LES CAHIERS TECHNIQUES  
DES 17-VIN DU  
CeRCAD  
L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR  
DES CONSTRUCTIONS  
**PAILLE**

**N.9**  
SEPTEMBRE  
2013



# L'ÉTANCHÉITÉ DES CONSTRUCTIONS PAILLE

## Et le loup souffla si fort...

Étape cadurcienne pour ce neuvième 17-Vin. Organisée en partenariat avec Quercy Énergies, cette nouvelle soirée du CeRCAD a été consacrée à la construction en paille. Elle faisait suite à une visite d'une maison individuelle durant laquelle les participants avaient pu assister à un test d'étanchéité à l'air ; qualité longtemps considérée comme le talon d'Achille de cette technique constructive. Cette poursuite indoor, à l'abri des vents, était l'occasion de débattre et ainsi lever les derniers doutes longtemps propagés par la périphéte des trois petits cochons !

En France, une des premières maisons en paille fût bâtie en 1921 à Montargis, dans le Loiret. Cette maison construite en ballots de paille sur ossature bois est toujours debout et est même encore habitée. Un bel exemple pour une technique longtemps expérimentale, souvent marginalisée, qui aujourd'hui fait de plus en plus d'émules. En effet, la construction en paille se développe à grands pas : en 2013, l'association La maison en paille estimait l'existence de 3000 bâtiments en paille construits en France.

Il faut dire que les qualités de la construction en paille ne sont plus à démontrer. La paille est en premier lieu, la matière ligneuse la moins chère sur le marché. En tant que sous-produit de culture disponible en grande quantité, la paille coûte environ 1 euro le ballot et peut être achetée localement. La construction en paille est également très écologique, puisqu'elle utilise un matériau naturel, durable et recyclable. Sans compter que les murs en paille peuvent être enduits de terre, de chaux et colorés de peintures naturelles, évitant de la sorte l'utilisation de solvants, de colles ou des produits et matières synthétiques en tout genre. Mieux encore la paille n'émet pas de fibres irritantes, ni de composés toxiques de type formaldéhyde. Donc pas de risques d'allergie pas plus que de risques d'incendie, ni d'attaque de rongeurs !

Seul petit bémol dans ce portrait dithyrambique : la paille qui a (aussi) la réputation d'être un bon isolant nécessite toutefois un traitement de l'étanchéité à l'air très performant. C'est la raison pour laquelle, s'inscrivant dans la problématique énergétique globale de l'habitat (dont les pouvoirs publics ont fait leur cheval de bataille avec la récente mise en place du Plan d'investissement pour le logement), le CeRCAD et ses partenaires ont volontairement orienté le débat sur cette étape délicate de la construction des bâtiments en paille. Une étape qui concerne d'ailleurs toutes les techniques constructives.

«Le projet de l'école en paille est venu naturellement. Nous souhaitions agrandir l'établissement sans dépenser trop d'argent. Il est vrai qu'au début, certains étaient perplexes sur l'idée de construire en paille : ils se demandaient si les souris n'allaient pas dévorer l'école !? Mais le projet a très vite convaincu l'ensemble du Conseil municipal. [...] En définitive, les caractères économe et écologique de notre école-paille ont même été un élément locomotive pour l'obtention de subventions.»

**Le maire de Saint-Paul-Loubressac qui a fait le choix de construire une école en paille**

### ⊕ Zoom sur Quercy Energies

Quercy Énergies est une association loi 1901, créée en 1991, dont l'objet est la «promotion de la Maîtrise de l'énergie et de l'utilisation des énergies renouvelables». Déclarée «Agence locale de l'Énergie», Quercy Énergies oeuvre avec les institutions, les collectivités, les structures territoriales et les professionnels de l'énergie au développement des programmes d'action sur ces thématiques.

Outil de proximité, ce type d'agence est surtout un véritable service public d'information à l'énergie dont l'intervention est protéiforme.

- Elle aide à la décision des particuliers et collectivités locales pour qu'ils fassent des choix raisonnés et mettent en oeuvre les actions nécessaires à une meilleure maîtrise de leurs consommations et dépenses énergétiques.
- Elle soutient le développement de solidarités locales dont la gestion de l'énergie et de l'eau est un des vecteurs principaux.
- Elle est un lieu d'échanges entre tous les acteurs de l'énergie : producteurs et distributeurs, autorités concédantes, bailleurs, consommateurs.
- Et enfin elle est un relais des politiques européenne, nationale et locale auprès des consommateurs.

[www.quercy-energies.fr](http://www.quercy-energies.fr)

# DES RÈGLES DE PLUS EN PLUS... ÉTANCHES !

L'étanchéité à l'air fait partie intégrante des obligations de résultats de la RT 2012. Le maître d'ouvrage est ainsi tenu de présenter à l'autorité qui lui a délivré le permis de construire, une attestation qui indique que sa construction respecte les critères de la réglementation thermique. Le test d'étanchéité à l'air devient de ce fait un passage obligé pour toutes constructions neuves ou parties nouvelles de bâtiment existant.

Le paramètre de l'étanchéité à l'air - c'est-à-dire les fuites de l'enveloppe - est pris en compte par le biais d'un calcul thermique qui existe depuis un certain temps déjà - depuis la RT 2000 exactement. «Sauf qu'on l'utilisait par défaut, sans vérifier sur le terrain» explique Emmanuel SARATTO, Chargé de Mission Bâtiment Durable de la DREAL.

C'est le label BBC qui a instauré le test à l'étanchéité à l'air afin d'augmenter le taux de performance en économie d'énergie. Réalisés par des organismes habilités à les réaliser, ces tests sont aujourd'hui devenus réglementaires pour tous les bâtiments d'habitation (individuels et collectifs). «Cela reste optionnel pour les bâtiments tertiaires qui s'en réfèrent toujours aux normes par défaut et non à la performance réelle».

«Le test à l'étanchéité ne vise pas à s'assurer qu'une maison est totalement étanche» rappelle l'intervenant. Cette action consiste davantage à mieux maîtriser le renouvellement de l'air par la ventilation, en limitant, grâce à la performance des isolants, les entrées d'air parasites réparties le long des parois. Voilà pourquoi il est important de combattre l'idée reçue et fautive que «la RT 2012 souhaite faire vivre les gens dans des thermos».

Le calcul de l'étanchéité à l'air s'effectue en fin de chantier. «C'est d'ailleurs la première fois que la réglementation introduit un contrôle qualitatif sur l'ouvrage réalisé». Un critère qui, par-delà son efficacité technique, impose aussi, en quelque sorte, un dialogue entre les différents corps de métier ; une étape devenue plus que nécessaire pour parvenir à gérer toutes les interfaces génératrices de l'étanchéité.

Il demeure toutefois un défaut sur ce test : «réalisé une fois l'ouvrage achevé, il ne garantit pas la pérennité de l'étanchéité sur le long terme». Il faut dire que c'est ici une question de savoir-faire dont la qualité n'est pas validée par le test ! Il est rappelé la possibilité de faire des tests intermédiaires permettant la reprise de défauts constatés lors de ce test.

## LES SEUILS AUTORISÉS

La RT 2012 impose que la perméabilité à l'air de l'enveloppe du bâtiment, sous 4 PA de pression, soit inférieure ou égale...

- à **0,6 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>** de parois déperditives en maison individuelle ou accolée
- à **1,00 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>** de parois déperditives en bâtiment collectif d'habitation.

# L'ISOLATION EN PAILLE A SES PROPRES RÈGLES

Rédigées par le Réseau français de la Construction Paille (RFCP), les règles professionnelles de construction en paille (CP 2012) ont été approuvées le 28 juin 2011 par la Commission prévention produit (C2P) qui appartient à l'Agence qualité construction (AQC). Dans ce cadre, depuis le 1er janvier 2012, les ouvrages isolés en paille conçus et construits conformément à ces règles appartiennent aux techniques courantes de construction. C'est à ce titre que leurs concepteurs et leurs constructeurs bénéficient de barèmes d'assurance standard. C'est aussi un moyen d'améliorer la technique et notamment l'étanchéité à l'air explique Luc FLOISSAC, l'un des rédacteurs de ces règles.

## Que contiennent les règles ?

De manière prosaïque, les règles professionnelles de la construction en paille normalisent les constructions utilisant ce matériau.

Le document en lui-même est complété par des procès-verbaux qui établissent les qualités du matériau et fournissent les moyens de concevoir et réaliser des bâtiments isolés en paille. «Les propriétés du matériau y sont rappelées ; les principales techniques constructives actuellement en vigueur en France et à l'étranger sont présentées ; les techniques connexes telles que le passage des gaines électriques, la plomberie, la fumisterie sont expliquées ; enfin les revêtements sur botte de paille sont décrits en détail, qu'il s'agisse des techniques sèches (de type caisson ou bardage) ou des techniques humides avec l'application d'enduits de plâtre, de terre ou de chaux».

Par ailleurs, cette «bible» comprend des annexes qui contiennent un cahier des charges très strict sur la production des bottes de paille, une procédure sur le contrôle de leur qualité et sur la qualité de mise en œuvre. «On y trouve notamment des process de validation des enduits sur support paille et notamment des procédures permettant de valider l'utilisation de terre locale pour réaliser des enduits sur paille».

Enfin, les règles professionnelles mettent à la disposition de chaque entrepreneur un formulaire qui permet de valider la mise en œuvre sur le chantier. «Ce cahier de chantier - qui est téléchargeable - sera renseigné par l'entreprise qui posera la paille. Il sera remis en fin de chantier au maître d'ouvrage qui l'enverra en copie au RFCP aux fins d'observation des points forts et faibles et ainsi améliorer les techniques de construction».

## Un chapitre pour l'étanchéité à l'air

L'étanchéité à l'air des bâtiments en paille est une problématique singulière : ces bâtiments sont le plus souvent un mélange de construction bois et de maçonnerie. «Par conséquent, on utilise les techniques à la fois employées dans les constructions maçonnées et celles à ossature bois». Une double problématique qui se traduit dans les règles professionnelles par des points de vigilance consignés dans le chapitre 3.

Dans le désordre, c'est par exemple, au niveau des soubassements, la nécessité de mettre en place une gestion attentive de l'interface entre la dalle et le mur du dessus : «c'est généralement là que l'on réalise une rupture capillaire pour empêcher l'humidité de remonter et l'air de s'infiltrer». Dans ce cas, les règles professionnelles préconisent entre autres l'usage d'un enduit tramé et renforcé qui recouvre l'interface - «des membranes ou des mastics spéciaux».

## LA PUISSANCE DE L'AIR EN QUESTION...

En France, l'indice d'étanchéité à l'air à atteindre est de 4 Pascals (Pa) de pression. Ce qui correspond à un vent qui souffle à 9 km/h ; à la marque 2 sur l'échelle de Beaufort ; à 4,8 nœuds pour les marins... Une force qui donne des petites vagues de 20 cm sur la mer et fait frémir les feuilles des arbres sur la terre ferme !

En comparaison, le seuil reconnu pour le Passivhaus est de 50 Pascals (norme N50 utilisée dans de nombreux pays européens). Ce qui correspond à un vent à 31 km/h qui fait balancer les petits arbres en campagne et forme de bonnes vagues sur la mer.

La tempête de 1999 équivaut, elle, à 2000 Pascals, soit des vents mesurés à plus de 200 km/h. Le seuil d'arrachement des enduits des règles professionnelles de la construction en paille étant fixé à 10 000 Pascals !

De la même manière, lorsque l'on a affaire à une paroi courante (un mur sans percement), selon le système constructif, selon si l'ossature est traversante à l'extérieur ou à l'intérieur, des dispositions particulières seront également préconisées. «En règle générale du papier craft ou des plaques OSB seront utilisées comme frein-vapeur».

Le grand classique des fuites d'air dans les bâtiments paille réside dans l'interface entre les huisseries et les murs. Par conséquent dans les règles professionnelles, il apparaît toute une série de détails qui montrent différentes techniques capables de résoudre la problématique de la gestion des ponts thermiques et de l'étanchéité à l'air. «Ce pourra être des bandes comprimées complétées de bandes collées ou d'un joint».

On trouve également des exemples qui concernent les couvertures mais aussi ce qu'on appelle «les ouvrages connexes», notamment s'agissant du passage de conduits de fumée ou de l'implantation des circuits électriques - «avec généralement l'utilisation de boîtes dédiées».

Autre caractéristique du traitement de l'étanchéité à l'air dans les bâtiments paille : la ventilation. «Il faut lutter contre un préjugé que l'on entend souvent, à savoir que ce n'est pas parce qu'on a de beaux enduits en terre sur de la belle paille qui laisse passer la vapeur d'eau, que l'on doit se passer de ventilation». Pour filer la métaphore, Luc FLOISSAC rappelle qu'à l'instar de l'être humain qui respire avec le nez et la bouche et perspire avec la peau, une maison a besoin d'oxygène. Dès lors, si «on l'a rend étanche à l'air, pour faire des économies d'énergie, il faut la ventiler - que ce soit avec une VMC simple flux, double flux ou en ouvrant les fenêtres... peu importe, il faut qu'elle respire».

Au final, il faut bien prendre conscience que l'étanchéité à l'air est primordiale pour la qualité de toute construction et «qu'elle n'est pas compliquée si l'on y pense avant». Dans le cas contraire, c'est une horreur : «d'une action qui est réalisée en quelques minutes, on passe à quelque chose qui peut prendre des heures, voire des jours, avec un réel surcoût et de surcroît pour un résultat beaucoup moins efficace».

[www.compailions.eu](http://www.compailions.eu)

## UNE APRÈS-MIDI DE TEST...

Initialement maçon-tailleur de pierres, Gwendal LECOMTE (GL Expertises) s'est intéressé dès 2002 aux maisons à basse consommation. L'étanchéité est alors presque devenue une obsession ; à tel point qu'il a embrassé la carrière d'expert-contrôleur spécialisé dans les tests d'étanchéité à l'air. C'est à son entreprise qu'avait été confié le test de la maison en paille visitée l'après-midi par les participants de cette journée. Une façon de mieux comprendre cette étape et de voir qu'une construction en paille n'est pas plus difficile à étanchéifier qu'une autre.

## UNE QUESTION [TRÈS PRATIQUE] DE LA SALLE

**Lorsqu'on prend possession d'une maison en ossature bois avec un remplissage en paille, peut-on fixer des meubles de cuisine dans les murs ?**

Luc FLOISSAC «Les règles professionnelles contiennent des standards de fixation au regard du poids des éléments à fixer (3 classes). Par ailleurs, lorsqu'il y a des «imprévus» légers, on les fixe dans l'enduit au risque d'abîmer l'étanchéité à l'air ; lorsqu'il s'agit «d'imprévus» lourds, on va les fixer dans l'ossature. Exactement comme dans une maison avec des plaques de plâtre. Mais de manière générale les maisons en paille n'ont pas davantage besoin d'une notice d'utilisation qu'une construction classique. C'est avant tout une question de bon sens et de culture d'habiter.»

## La paille et le K-Way

Pour expliquer rapidement, et de manière pédagogique, le principe de l'étanchéité à l'air, Gwendal LECOMTE aime utiliser la métaphore du pull en laine : «Lorsqu'en hiver, à l'extérieur, vous portez un gros pull de laine et qu'il n'y a pas de vent, vous n'avez pas froid. Par contre dès que le vent commence à souffler, vous grelottez. Pour éviter cela, il suffit alors d'enfiler un K-Way qui, malgré ses faibles propriétés thermiques, va faire l'effet d'un coupe-vent et vous rechauffera en quelques minutes. C'est, à peu près, la même chose pour une isolation en paille».

Autrement expliqué, la structure d'isolation idéale consiste à avoir une couche d'isolant totalement enfermée. C'est ce qui se passe pour la paille : elle est prise en sandwich entre un pare-vapeur du côté intérieur et un pare-pluie (ou un enduit) côté extérieur. Le test à l'étanchéité viendra valider le bon fonctionnement de ce système, sachant «qu'une entaille d'un millimètre dans le pare-vapeur (le K-Way) multiplie quasiment par cinq les déperditions thermiques» précise l'intervenant.

## Le principe du test

La méthode est définie selon la norme NF EN 13829. Une porte soufflante («Blower door» en anglais) est posée de façon hermétique sur un ouvrant du bâtiment. Celle-ci va créer une différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment à l'aide d'un ventilateur réglable, qui va être mesurée avec différents manomètres et un analyseur relié à un ordinateur afin d'identifier les débits de fuite et in fine les défauts d'étanchéité du bâtiment.

L'indicateur de fuite se base sur la norme européenne N 50 qui se calcule à partir du nombre de m<sup>3</sup> d'air par heure que l'on divise par le volume complet du bâtiment. Toutefois, en France, cette règle est quelque peu détournée : «on part toujours du nombre de m<sup>3</sup> d'air écoulé par heure, mais sur la surface des parois déperditives, hors plancher bas». Une technique qui ne va pas sans poser de problèmes lorsqu'on doit tester trois bâtiments accolés : «le bâtiment central a alors moins de surface déperditive, alors même que le volume est exactement le même ! Un paramètre qui le défavorise dans le calcul alors qu'il est le plus performant d'un point de vue thermique !»

## Le test en pratique

Seul un mesureur qualifié peut réaliser un test d'étanchéité à l'air dans le cas des tests en fin de travaux. Celui-ci devra alors avoir en sa possession une autorisation du ministère, justifiant sa qualification dans ce domaine. Dans les faits, le test autorise néanmoins une certaine souplesse dans son exécution. C'est ainsi que lors du test final, si le niveau d'étanchéité ne correspond pas au seuil RT 2012, il est possible de corriger les fuites et de refaire un test le jour même - en tous les cas, «lorsque le contrôleur est compréhensif». D'où l'intérêt de la présence des entreprises lors de sa réalisation !

Pour autant, rien n'empêche, pour éviter toute mauvaise surprise, que le test d'étanchéité final soit précédé d'un test intermédiaire en cours de chantier : «cela permet de repérer au plus tôt les défauts d'étanchéité et de les traiter plus facilement». Finalement, une façon de se tester...

# LE TEST IN VIVO

En amont de ce 17-Vin, Quercy Energies avait programmé un test d'étanchéité à l'air sur une maison individuelle en paille non régie par la RT2012 - par conséquent pour laquelle le test ne s'imposait pas. «Conçue par Philippe IBURO, les travaux de la maison des Ramonets, à Cahors, ont débuté en juin 2012 pour s'achever 13 mois plus tard» précise Éric HANDRICH, gérant d'Ecodomus, l'un des maîtres d'œuvre du projet. Au final, le test réalisé par Gwendal LECOMTE s'est avéré relativement positif : «l'étanchéité globale est très bonne. On atteint un débit de fuite d'environ 2 m<sup>3</sup>/h par m<sup>2</sup> de surface déperditive. Il y a simplement un petit défaut au niveau de la rupture capillaire avec l'arase du soubassement et le dessous de la lisse basse. L'utilisation expérimentale et économique d'une colle polyuréthane en est la cause.»

## UNE QUESTION [TRÈS PRATIQUE] DE LA SALLE

### D'où proviennent vos bottes de paille ?

Éric HANDRICH «Dans notre cas [Ecodomus], il nous faut un millier de bottes par an pour construire deux maisons. Je m'approvisionne chez un agriculteur installé près de chez moi. Par contre tout le monde n'a pas la chance d'avoir à sa disposition des bottes de paille de qualité, qui ont été pressées pour la construction et qui répondent au cahier des charges des Professionnels de la construction en paille.»

# ECOCERT CERTIFIÉ... QUE LA PAILLE EST ISOLANTE

**La construction en paille ne concerne pas que les propriétaires précurseurs de maisons individuelles : les cols blancs aiment aussi la paille. Pour le prouver, l'architecte Jean-François COLLART, fervent défenseur et maître d'œuvre de cette technique, est revenu sur l'expérience du tout nouveau siège social de la société Ecocert à l'Isle-Jourdain. Un siège en paille qui allait de soi pour une société spécialisée dans la certification des produits issus de l'agriculture biologique !**

Baptisé E+, l'édifice est l'un des plus hauts et des plus grands bâtiments en paille d'Europe, avec une surface totale de 2025 m<sup>2</sup> répartie sur 4 niveaux, pour une capacité d'accueil de 140 personnes. «Il doit son nom à l'énergie positive qui le caractérise : sa construction et son exploitation ont une très faible empreinte écologique, et ses panneaux photovoltaïques produisent plus d'énergie que n'en consomme le bâtiment».

## La paille, un matériau parmi les autres

Hormis les 800 bottes de paille locale, certifiée bio pour l'isolation extérieure, l'ensemble des techniques et des matériaux de construction ont été sélectionnés pour conjuguer performance technique et environnementale, durabilité mais aussi économie de projet.

Dans le détail, le projet est constitué d'un noyau central construit en blocs à bancher et en béton banché avec des fondations par plots et longrines et une dalle portée de 20 centimètres d'épaisseur. Entièrement enduit de terre, il participe au contreventement et à l'inertie du bâtiment, ainsi qu'à sa régulation hygrothermique. Ce noyau est entouré d'une ossature bois en pin Douglas (essentiellement des poutres de bois en lamellé collé) qui forme ainsi des caissons remplis par les bottes de paille issues d'une exploitation agricole de Samatan. «La paille, qui est complétée par de la fibre de bois pour éviter tous ponts thermiques, fait donc office de peau isolante».

## Pose des bottes de paille : technique

Lorsque l'entreprise de charpente retenue pour ce chantier a réalisé les plans d'exécution du bâtiment en septembre 2011, les caissons en bois des parois ont été dimensionnés en fonction du format des bottes. Ils ont ensuite été préfabriqués en atelier, et plus précisément assemblés en panneaux de fibres de bois. Les bottes ont été posées verticalement dans les caissons, ouverts côté intérieur, afin de faciliter la compression de la paille. «On peut en mettre jusqu'à trois les unes sur les autres, sachant qu'elles doivent être retaillées pour les caissons plus petits, notamment sous les fenêtres».

Une fois les bottes insérées, les caissons ont été bourrés à la main avec de la paille en vrac. Les caissons ont ensuite été fermés avec un pare-vapeur qui est déroulé et fixé ; «en évitant au maximum les découpes et les raccords qui sont autant

de risques de fuite d'air». Lorsqu'ils étaient indispensables, ces derniers ont été fermés avec un adhésif spécial pour finir d'assurer l'étanchéité à l'air. «C'est l'étape cruciale de la fabrication des parois. En effet, les propriétés thermiques des parois ne sont efficaces que si le bâtiment est parfaitement étanche».

Pour faciliter cette étape, l'équipe de charpentiers a choisi de ne pas poser une partie des planchers contre les parois. «Les murs sont ainsi désolidarisés du reste du bâtiment (planchers, poteaux, poutres et noyau central), seulement reliés par quelques points. On parle de «façade rideau». La face intérieure des murs, sur laquelle doit être posée le pare-vapeur, est ainsi libre sur toute la hauteur du bâtiment». Les lés de pare-vapeur peuvent ainsi être déroulés sur toute la hauteur des murs - «soit 10 mètres à certains endroits». Enfin, un panneau de bois en OSB est fixé par-dessus le pare-vapeur, afin d'assurer la rigidité des caissons et la planéité des murs.

## Un projet qui concerne tout le monde

Construire un bâtiment en paille demande une minutie particulière de la part des entreprises de maîtrise d'œuvre : «il faut savoir que dans le cas du bâtiment E+, le gros œuvre (en béton) a été fini à la ponceuse pour recevoir la charpente (caissons des façades-rideaux) avec une très grande précision et ainsi éviter toute imbrication fuyante. C'était parfois au millimètre près». Tous les intervenants avaient d'ailleurs été briefés en amont pour qu'ils connaissent et comprennent les exigences d'un tel chantier. «Au final tout le monde y a mis du sien pour arriver au projet le plus étanche possible».

Pour autant, dans ce type de bâtiment, il n'y pas que les entrepreneurs qui doivent être attentifs. Les usagers doivent également faire attention dans leur usage quotidien du bâtiment. C'est ainsi que «tout coup de perceuse intempestif est prohibé!»

*Le nouveau siège Ecocert a été inauguré le 18 octobre 2013.*

# MON ÉCOLE EST EN PAILLE

**Pour boucler la boucle et montrer l'éclectisme des constructions en paille, le troisième retour d'expérience était livré par l'architecte Boris BURZIO sur l'extension en paille de l'école de Saint-Paul-Loubressac. C'est plus exactement la prise en compte de l'étanchéité à l'air dès la conception qui constituait le fil rouge technique de la présentation d'un projet encore non réalisé.**

Saint-Paul-Loubressac est une petite commune de 500 habitants située à 21 kilomètres au sud de Cahors. Son école primaire, devenue trop petite pour accueillir les élèves, demande une extension. Pour ce faire, les élus disposent d'une enveloppe financière de 285 000 euros HT soit 1925 euros du m<sup>2</sup>.

### La paille : c'est pas cher et efficace lorsque c'est bien fait

C'est en voyant des projets de maisons individuelles déjà réalisés par Boris BURZIO que les élus se sont intéressés à ce mode constructif écologique. Ils ont alors sondé le jeune architecte sur l'utilisation de ce matériau sur un bâtiment collectif - pour un coût qui ne dépasserait pas celui d'un projet plus classique.

La réponse ne se fera pas attendre. «La paille est un matériau bio-sourcé abondant, thermiquement performant et particulièrement économe. Seul

petit défaut, il est très peu étanche à l'air. «La botte brute laisse passer l'air lorsqu'on provoque une dépression différentielle importante entre l'intérieur et l'extérieur».

Sur le projet de Boris BURZIO - un bâtiment de forme rectangulaire simple, avec une structure bois qui accueillera les bottes de paille - c'est un pare-vapeur recouvert de plaques de parement intérieur (en gibbs celluleuse) qui assurera l'étanchéité à l'air de la paille ; et ce «pour éviter que l'air ne traverse les murs et ne condense entre les parois». Pour se prémunir de ce problème, le maître d'œuvre a suivi les règles professionnelles de la paille. C'est ainsi par exemple qu'il a respecté le principe selon lequel la paroi extérieure (l'enduit à la chaux) doit être cinq fois plus perméable à la vapeur d'eau que la paroi intérieure : «il faut que le peu d'humidité qui parviendra à traverser la paroi puisse s'évacuer tout de suite vers l'extérieur». C'est à peu près le même principe en plafond, avec une plaque côté intérieur, le frein vapeur, la paille, un pare-pluie et une paroi ventilée à l'extérieur (des tuiles par exemple).

Certains points demandent plus d'attention. Ce sont notamment les points de liaison entre les parois verticales et horizontales : des adhésifs appliqués au niveau des pares-vapeur et des joints au niveau des plaques de gibbs celluluses feront l'affaire». C'est aussi vrai pour les raccords des menuiseries aux parois : «la fixation du pare-vapeur se fera directement sur la menuiserie avant qu'il ne soit mis en place».

Enfin, les passages de gaines nécessitent également une certaine technique. Les artisans ont plus exactement deux solutions : soit l'installation de boîtiers étanches qui traverseront les parois sans laisser passer l'air ; soit la pose d'éléments apparents du côté intérieur des salles. Enfin les raccords en pied de mur sont traités par des peintures collées au sol et à la paroi.

## Tenir compte de l'usage

Mais finalement, la principale difficulté de ce projet ne se trouverait pas sa construction mais plutôt dans son entretien et son usage. En effet, une école n'est jamais vide et l'énergie créée par ses occupants est conséquente : «on peut compter 250 watts pour le rétroprojecteur ou l'ordinateur du maître, 500 watts pour l'éclairage de la pièce, 100 watts dégagés par chaque élève (soit 2500 watts)... pour un total de 3250 watts qui créent de la chaleur mais aussi de l'humidité qu'il faut évacuer pour ne pas aggraver l'hygrométrie du bâtiment».

La ventilation est donc primordiale. «Si dans le cas d'un bâtiment classique, on utilise une ventilation haute pour évacuer l'air vicié avec une aspiration au niveau des fenêtres qui laissent entrer l'air froid et laisse sortir l'air chaud, pour un bâtiment étanche à l'air, il convient de recourir à une ventilation double flux qui permet de croiser l'air qui rentre avec celui qui sort. Avec un fort renouvellement d'air pour éviter l'humidité.

Reste que le traitement de l'étanchéité à l'air a ses limites. «C'est un travail très important et assez onéreux pour les maîtres d'ouvrage alors même que l'utilité d'un tel système n'est que saisonnière. «En effet, cela ne sert qu'en période de froid puisque le reste du temps les fenêtres seront ouvertes». Enfin, deuxième point d'interrogation beaucoup plus matériel concernant l'étanchéité : les scotchs tiendront-ils toujours le coup dans 10 ans ?

# L'EAU : L'AUTRE ENNEMI

Si une mauvaise étanchéité à l'air réduit les qualités thermiques de la paille, son principal ennemi reste l'eau. «Et pas seulement l'eau liquide. C'est plus largement l'humidité due à la condensation qui peut se former entre les parois» explique Boris BURZIO. Pour prévenir ces désagréments, il existe plusieurs parades : au sol, les infiltrations seront stoppées par un soubassement minéral de 20 cm de haut et une rupture de capillarité. Il faut également faire attention qu'il n'y ait pas d'infiltrations aux entourages des portes et fenêtres. En extérieur, il faut veiller à créer des débords de toiture suffisamment larges. Enfin, la vapeur d'eau provenant de l'intérieur de la maison doit pouvoir être facilement évacuée en utilisant des matériaux plus perspirants sur la face extérieure que sur la face intérieure. Pour cela, on applique généralement un enduit en terre ou à base de chaux à l'extérieur. Un bardage bois peut également convenir pour les différentes techniques utilisant une ossature en bois. Dans ce cas, la paille est protégée avec un pare-pluie et une lame d'air entre le bardage et le mur. En intérieur, il est possible de recouvrir le mur avec un lambris ou des plaques de plâtre.

## **LES CAHIERS TECHNIQUES DES 17-VIN DU CeRCAD :**

**Directrice de publication :** *Jocelyne Blaser*

**Comité de rédaction :** *Illona Pior, Pierre Viola*

**Rédaction :** *Echocité - echocite@free.fr*

**Conception graphique et mise en page :** *Arterrien - info@arterrien.com*

**Impression :** *Art et Caractère*



Papier recyclé



**IMPRIM'VERT®**



# L'ÉTANCHÉITE DES CONSTRUCTIONS PAILLE