

Paille

Des solutions qui bottent la construction

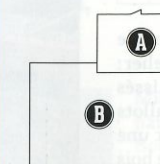
Ce qui n'était qu'un « déchet » agricole est devenu un matériau à part entière. La petite botte de paille de blé, d'une section d'environ 37 x 47 cm, s'applique aujourd'hui dans des configurations très diverses pour construire bas-carbone.

Le Réseau français de la construction paille (RFCP) fédère la filière paille depuis 2006. Il s'adresse aux entreprises, maîtres d'œuvre et maîtres d'ouvrage, ainsi qu'aux particuliers. En effet, la technique s'est développée en France dans les années 1990 à 2000 grâce à l'autoconstruction, souvent accompagnée d'architectes, de charpentiers et/ou de maçons prônant l'usage de matériaux écologiques. L'action du réseau national est portée par des structures régionales favorisant les circuits courts (1).

Respecter les DTU 31.1 et 31.2

« Les règles professionnelles ont été élaborées dans le cadre du réseau », rappelle Gabriel Martinez, coordinateur du RFCP. Validées en tant que techniques courantes en 2012, elles ont été par deux fois complétées. La version actuelle forme un document de plus de 200 pages (2). Pour bien maîtriser son usage, il est conseillé de suivre une formation dite « Pro-paille » de cinq jours, à la fois théorique et pratique. Dispensée par des centres de formation accrédités, elle a attiré plus de 400 professionnels en 2018.

« Les règles CP2012 encadrent la fonction isolation et support d'enduit », souligne Coralie Garcia, chargée de missions techniques pour le compte du réseau. Domaine d'application autorisé : les bâtiments dont le plancher bas du dernier niveau est à moins de 8 m du sol, en métropole. La fonction porteuse doit être conçue et calculée selon les normes existantes visant les différents types de structures, à base de bois, béton, maçonnerie ou métal.



A. Des chantiers rapides et efficaces grâce à la mise en œuvre de caissons fermés porteurs, préfabriqués et isolés en atelier, livrés éventuellement avec les menuiseries.

B. La surface totale des façades du collège Alexandre-Mauboussin de Marnes (22) s'élève à 2120 m². Derrière le parement doré du bardage composite Larson, découpé et aligné avec précision par la société Smac, se cachent des caissons bois/paille fermés, préfabriqués dans les ateliers de l'entreprise Cenomane et fixés sur une structure en béton armé.

MATÉRIAU

Caractéristiques techniques des bottes de paille

Cahiers des charges selon règles CP2012 :

- section courante d'environ 37 x 47 cm
- longueur variable entre 80 et 120 cm
- humidité inférieure à 20 %
- densité comprise entre 80 et 120 kg/m³, soit un poids de 11 à 25 kg

Conductivité thermique λ (RT2012) :

- 0,052 W/(m.k) avec fibres à plat
- 0,080 W/(m.k) avec fibres traversantes

Pose en 37 cm d'épaisseur (fibres à plat) :

- résistance thermique $R > 7,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
- coefficient de transmission thermique $U = 0,12 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$

Autres critères de confort :

- facteur de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau $\mu = 1,04$ ($S_d = 0,12 \text{ m}$)
- capacité thermique massique $C_p = 1558 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$
- déphasage entre 12 et 16 heures
- affaiblissement acoustique de -43 dB (avec enduit terre)

Données environnementales :

- valeur pour label bâtiment biosourcé de 40 kg/m²
- empreinte carbone (FDES) de -14 kg EqCO₂/m²
- étiquette qualité de l'air A+

A B

A. Remplissage en paille d'un caisson en atelier: les vides laissés par la trame des ballots sont ici comblés avec une isolation en fibres de bois

B. Préfabrication des caissons ouverts destinés au groupe scolaire Emmanuel d'Alzon, à Saint-Médard-en-Jalles (33), dans l'atelier de l'entreprise Lamecol.



À l'origine, l'isolation en bottes de paille, ou «ballots», est associée au bois. Elle peut s'inscrire dans une charpente poteaux-poutres conforme à la norme NF DTU 31.1 ou bien dans une ossature bois avec panneau de contreventement répondant à la norme NF DTU 31.2. Dans le premier cas, en maison individuelle, petit col-

lectif ou petit tertiaire, les façades peuvent être réalisées en paille autoportante ou en paille renforcée par une structure bois légère. Les bottes sont posées sur chantier à l'horizontale. Dans le second cas, la paille s'inscrit dans la trame des montants en bois. Les ballots sont placés sur chantier ou en atelier debout ou à l'horizontale.

Des structures hybrides aux multiples fonctions

Autre option, la technique élaborée par le Groupe de recherches écologiques de la baie (Greb), de façon expérimentale, au Québec en 2000. «Ce système conçu pour l'autoconstruction ne nécessite pas de moyen de levage», indique Aymeric Prigent, ingénieur au sein de l'association Approche-Paille, qui encadre la solution en France et a publié un guide descriptif intitulé *Construire son habitation en paille selon la technique du Greb* (3).

Concrètement, les bottes sont glissées en position horizontale entre deux rangs parallèles de montants en bois reliés par des feuillards métalliques. Des banches sont plaquées sur le bois pour couler le parement extérieur et intérieur avec un mortier bâtard allégé, composé de ciment (11 %), de chaux (11 %), de sable (33 %) et de sciure (45 %). D'une épaisseur de 4 à 5 cm, ce «béton de bois» participe à l'inertie et au confort hygrothermique, mais joue également un rôle de contreventement. Selon l'association Approche-Paille, la technique du Greb peut trouver des débouchés au-delà de l'autoconstruction.

«La nouvelle édition du guide prévoit un cahier complémentaire destiné aux professionnels, poursuit Aymeric Prigent. En l'absence de modélisation



Technique du Greb, avec coulage d'un mortier bâtard allégé sur les deux parements du remplissage en bottes de paille.

de cette structure hybride, la conception doit répondre aux exigences du DTU à ossature bois. Mais les parois ont démontré leur résistance, et elles sont couramment utilisées pour des bâtiments R+1. Plusieurs essais ont été conduits au Cerib et au CSTB pour valider le comportement d'un élément de mur sous charge verticale, avec analyse du contreventement et de la tenue du mortier. La conductivité thermique du béton de bois (λ de 0,313 W/(m.K)), ainsi que sa perméabilité à la vapeur d'eau (Sd moyen de 0,231 m), ont aussi été étudiées respectivement par le Cerib et le laboratoire du Codem Picardie.

Caissons : fermés ou ouverts

À l'heure actuelle, la construction paille prospère grâce aux systèmes d'ossature bois préfabriquée, privilégiés en logements collectifs, tertiaire et bâtiments publics. Le remplissage en paille s'effectue souvent en atelier, dans des conditions de travail facilitées, indépendantes des intempéries, ce qui permet de réduire la durée des chantiers. Les éléments de murs, planchers et toitures, sont livrés fermés avec parement intérieur et extérieur constitués de panneaux à base de bois ou autre, assurant le contreventement et/ou l'isolation. «Ce système, rassurant pour les acteurs qui ne sont pas familiers de la paille, représente 80 % de notre activité», déclare Maël Steck, cogérant de la scop Bati Nature dans la Drôme (26), entreprise de dix-huit personnes qui travaille depuis 2006 presque exclusivement dans la construction paille. Toutefois, les panneaux à base de bois ne sont pas toujours compatibles avec une perméabilité à la va-

FOCUS

Groupe scolaire Emmanuel d'Alzon, Saint-Médard-en-Jalles [33]



Mise en œuvre par l'entreprise Bouchard de l'enduit extérieur sur la paille, à base de chaux avec interposition d'une armature, après dépose du pare-pluie provisoire.

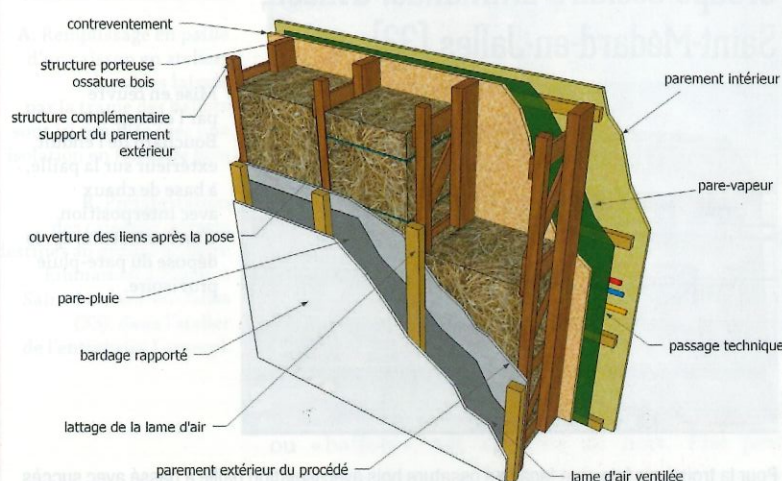
Pour la troisième fois, une façade à ossature bois avec isolation paille a passé avec succès le test Lepir 2. Les essais, menés dans le laboratoire du Cerib, ont été réalisés à l'occasion du chantier de l'établissement scolaire privé Emmanuel d'Alzon à Saint-Médard-en-Jalles (33). Ils qualifient une paroi à ossature bois avec remplissage en ballots de paille support d'un enduit extérieur à base de chaux. Réaction au feu : B-s1,d0.

«Les murs sont préfabriqués en atelier par l'entreprise Lamecol, qui effectue également la pose des bottes», explique l'architecte Hugues Joinau, associé au sein du cabinet Dauphins Architecture. Le parement est protégé des intempéries par un pare-pluie provisoire enlevé juste avant la projection de l'enduit par l'entreprise Bouchard. Cette technique est utilisée pour environ 1 500 m² de façades isolées par plus de 3 000 ballots. L'opération rassemble une école maternelle, une école primaire et un collège : soit 6 100 m² de planchers, dont 4 600 m² utiles, en R+1 et R+2. Le réfectoire, le gymnase et la distribution verticale sont en béton armé. La livraison est prévue en 2020 pour un coût de 9,6 M€ HT. La construction paille semble compétitive pour des niveaux de prix à partir de 1 500 € HT le mètre carré utile. ■

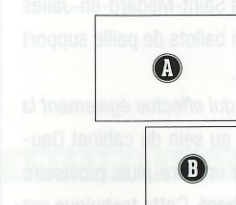


Rénovation avec isolation par l'extérieur: les bottes de paille, sur lesquelles s'effectue un travail de redressement pour obtenir une bonne géométrie rectangulaire, sont élevées sur un soubassement en maçonnerie.

Mur porteur à caisson fermé préfabriqué



© Isopaille



A. Mur porteur à caisson fermé préfabriqué, avec contreventement intérieur et ossature bois discontinue pour réduire les ponts thermiques; les ficelles des bottes sont coupées après pose.

B. Botte de paille sur chant à l'horizontale: les fibres sont orientées perpendiculairement au pressage stabilisé par deux ficelles.



■ ■ ■ peur d'eau optimale synonyme de confort hygrothermique.

« Notre activité est mobilisée, à hauteur de 20 % par une clientèle souhaitant bénéficier de la perméance des matériaux biosourcés », poursuit l'entrepreneur. Dans ce cas, l'ossature bois contreventée est préfabriquée tandis que le remplissage intérieur en paille est assuré sur le chantier. Pour limiter l'exposition aux intempéries, les bottes sont déposées dans le bâtiment juste avant la fermeture de l'enveloppe. Les murs peuvent ainsi être isolés à l'abri et il est possible d'appliquer un enduit intérieur à base de chaux – voir de terre – favorable à la qualité des ambiances intérieures, notamment en maîtrisant les risques de condensation. L'entreprise envisage de préfabriquer des caissons ouverts intégrant la paille.

Cette solution a été adoptée sur le chantier de l'établissement scolaire Emmanuel d'Alzon, à Saint-Médard-en-Jalles (33) (lire encadré p. 47).

Quelles bottes de paille ?

Ces techniques recourent à de petites bottes de paille, d'une section de l'ordre de 37 cm (épaisseur) par 47 cm (hauteur). Pour des raisons de mécanisation et productivité, les dernières générations de matériel agricole composent des grandes bottes (jusqu'à 90 x 120 cm) ou des balles rondes. Mais les ballots manutentionnables répondent à une demande constante du marché, en particulier pour les centres équestres. Leur production perdure, avec une collecte et un transport qui sont désormais facilités par des groupeurs, machines qui forment des packs de plusieurs bottes. La section est fixée par le canal de presse de la botteuse. Les dimensions peuvent ainsi varier d'une marque ou d'un modèle à l'autre... La longueur se règle, le plus souvent, entre 80 et 120 cm. La cohésion est assurée par deux ficelles positionnées sur la largeur de 47 cm, sens de compression et pliage des fibres. « Nous avons fidélisé notre approvisionnement : les dimensions des bottes conditionnent le calepinage de nos structures... et notre compétitivité économique », analyse Maël Steck. L'entreprise se positionne donc comme un concepteur d'enveloppes biosourcées, en concertation avec la maîtrise d'œuvre.

Au-delà du taux d'humidité, la densité des bottes est essentielle. Elle participe à la rectitude des faces, qualité indispensable pour éviter les vides d'assemblage et garantir l'homogénéité des parois. Le remplissage des ossatures nécessite de la main-d'œuvre : il faut comprimer les bottes, les raccourcir et reformer, découper des feuillures ou rectifier la planéité des parements... Aujourd'hui, les règles professionnelles couvrent uniquement la paille de blé. Mais cela pourrait bien changer. « À la demande de la région Sud, en coordination avec la Dréal, nous conduisons un travail de caractérisation de la paille de riz », confirme Coralie Garcia, pour le RFCP.

Alain Sartre

- (1) Le portail <http://www.constructionpaille.fr> permet d'accéder aux différentes plateformes web proposant sur leur zone géographique un annuaire de professionnels qui liste notamment des fournisseurs de bottes de paille.
- (2) Règles CP2012 révisées, 3^e édition, avril 2018, Éditions du Moniteur
- (3) Voir <https://www.approchepaille.fr>

DOSSIER

Sur les toits, la ville

La toiture joue avant tout un rôle de protection du bâti. Propice, sous certaines conditions, à des stratégies de densification, elle peut aussi contribuer à l'amélioration du bilan environnemental des villes, par la végétalisation, la mise en culture, ou la production d'énergies propres.

Dossier coordonné par Félicie Geslin

- 1 **SURÉLEVER**
Des étages en plusp. 50
 - 2 **VÉGÉTALISATION**
La nature haut perchéep. 52
 - 3 **INSTALLER DES SERRES**
Les cultures dominent la villep. 55
 - 4 **PRODUIRE DE L'ÉNERGIE**
Plus près du rayonnement solairep. 58
- Notre sélection de produitsp. 60