



Photo © Juan Sepulveda Grazioli - Agence NZI

Réalisée par l'agence NZI pour Paris Habitat, la réhabilitation de 4 400 m² de bureaux en résidence étudiante fait appel à une enveloppe constituée de murs à ossature bois isolés par des bottes de paille compressée de 36 cm.

MATÉRIAUX BIOSOURCÉS

VOLET 1

LA PAILLE, UN MATÉRIAU ÉCOLOGIQUE, ÉCONOMIQUE ET LÉGITIMÉ

TEXTE : VIRGINIE PAVIE PHOTOS : AGENCE DUCLOS, CHARLES DURAND/
CRR ÉCRITURES ARCHITECTURALES, EVANTO ÉLEMENTS, LIEUX
FAUVES, PARIS HABITAT, JUAN SEPULVEDA GRAZIOLI/AGENCE NZI

Forte d'une filière dynamique et d'un cadre de référence, la construction paille poursuit son essor sur le territoire national. Aidée par des professionnels et des maîtres d'ouvrage engagés, elle entend bien continuer de repousser les limites actuelles de son domaine d'application. Des Règles professionnelles existent pour certaines applications et des innovations prometteuses voient le jour... Tour d'horizon.

Longtemps cantonnée à la maison individuelle, la construction en paille a vu en quelques années s'élargir le champ des possibles et se multiplier le nombre de réalisations. Estimés à plus de 10000 par le Réseau français de la construction paille (RFCP) (1), les projets répartis sur toute la France sont aujourd'hui des plus divers. Parmi eux, figurent des bâtiments d'habitation collectifs, jusqu'à R+7, voire R+10, des logements pour étudiants ou travailleurs, des immeubles de bureaux, mais aussi des Établissements recevant du public (ERP), crèches, écoles, lycées, gymnases, voire quelques casernes de pompiers et des hangars agricoles. La paille y est utilisée pour ses fonctions isolantes en remplissage de parois, mais aussi pour une isolation par l'extérieur (ITE) et/ou en support d'enduit.

Un matériau capteur de carbone

L'attrait pour la construction paille bénéficie de l'avancée des connaissances sur le matériau tant sur le plan écologique que technique. Il s'inscrit plus largement dans le contexte général de lutte contre le changement climatique et de mise en avant des solutions à faible empreinte environnementale. Issue de l'agriculture, au même titre que le chanvre ou le lin, la paille appartient à la famille des biosourcés, et des rares matériaux constructifs pouvant se targuer d'un impact carbone négatif. Selon le calcul de l'ACV (Analyse du cycle de vie) dynamique mis en place par la RE2020, son recours contribue à faire baisser le bilan carbone des bâtiments. «*En 2025, les exigences de la RE2020 vont être renforcées. Il ne sera pas possible d'atteindre les niveaux bas carbone sans intégrer de matériaux biosourcés. D'où l'intérêt d'avancer sur ces solutions*», encourage Olivier Joreau, président de l'Association des industriels de la construction biosourcée (AICB) (2).

Depuis 2022, la paille fait l'objet de deux FDES (Fiches de déclarations environnementales et sanitaires) collectives, l'une dédiée à la paille de plein champ issue de l'agriculture conventionnelle, l'autre à la paille issue de l'agriculture biologique (3). L'intérêt écologique de la paille réside également dans son caractère renouvelable, local et dans sa disponibilité sur la majeure partie du pays. Le fait que la paille ne subisse aucun traitement lors de sa transformation en fait aussi une matière facilement recyclable en fin de vie. Un aspect bien connu des agriculteurs qui la réintègrent en partie à leurs champs... Un autre point fort vient de son abondance, qui permet d'écarter tout risque de concurrence du bâtiment avec les autres usages de la paille, à savoir la restructuration des sols après culture ou la litière des animaux d'élevage. «*Construire entièrement en paille reviendrait à n'utiliser que 5 à 10 % de la paille produite en France. C'est peu, d'autant que les agriculteurs peuvent aussi adapter leur production*», rassure Coralie Garcia, responsable du pôle «Recherche et développement» du RFCP. «*Le fait que la* >>>



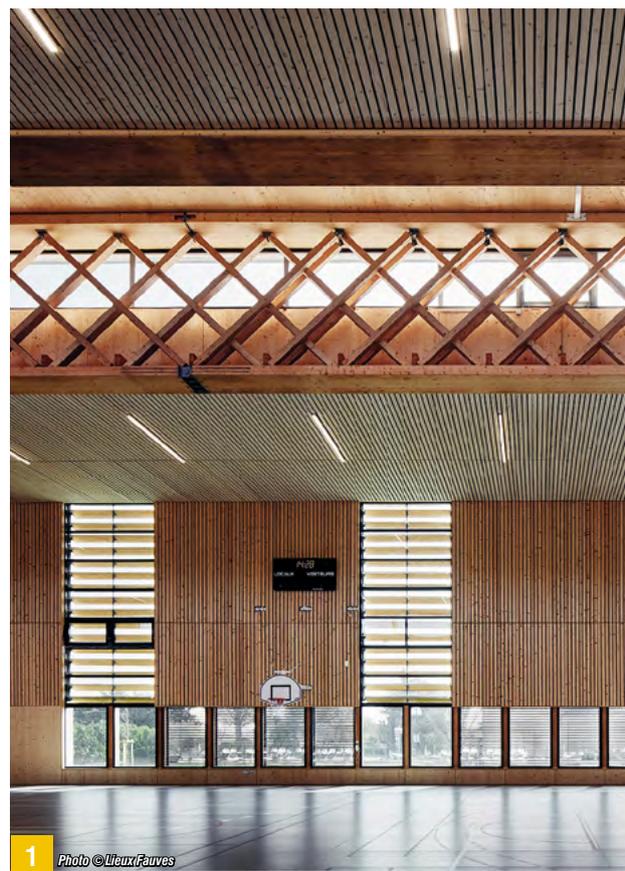
1 et 2 L'agence d'architecture et d'urbanisme Lieux Fauves a déjà réalisé trois gymnases en bois-paille : à Donzère (26), Saint-Fons (69) et Creys-Mepieu (38). Trois autres projets sont en cours. La typologie du gymnase se prête particulièrement bien à la construction paille. Du fait de leur élancement, les poteaux en bois ont une épaisseur de 35 à 45 cm qui correspond à la largeur des bottes de paille.



3 Conçus par l'agence CRR Écritures Architecturales, le lycée et le gymnase d'Aizenay (85) disposent de façades à ossature bois et bottes de paille de 36 cm x 36 cm x 90 cm.



4 La paille dispose de deux FDES (Fiches de déclarations environnementales et sanitaires) collectives sur la base Inies (données nationales de référence sur les données environnementales et sanitaires des produits et équipements de la construction) attestant de l'impact du matériau sur le bilan carbone du bâtiment.



1 Photo © Lieux Fauves



3 Photo © Charles Durand - CRR Écritures Architecturales

(1) Pour en savoir plus sur le RFCP : <https://www.rfcp.fr>.

(2) Pour en savoir plus sur l'AICB : <https://www.batiment-biosource.fr>.

(3) Les deux FDES «*Paille de plein champ issue de l'agriculture conventionnelle*» et «*Paille issue de l'agriculture biologique*» sont disponibles sur la base Inies : <https://www.inies.fr>.



Photo © Lieux Fauves

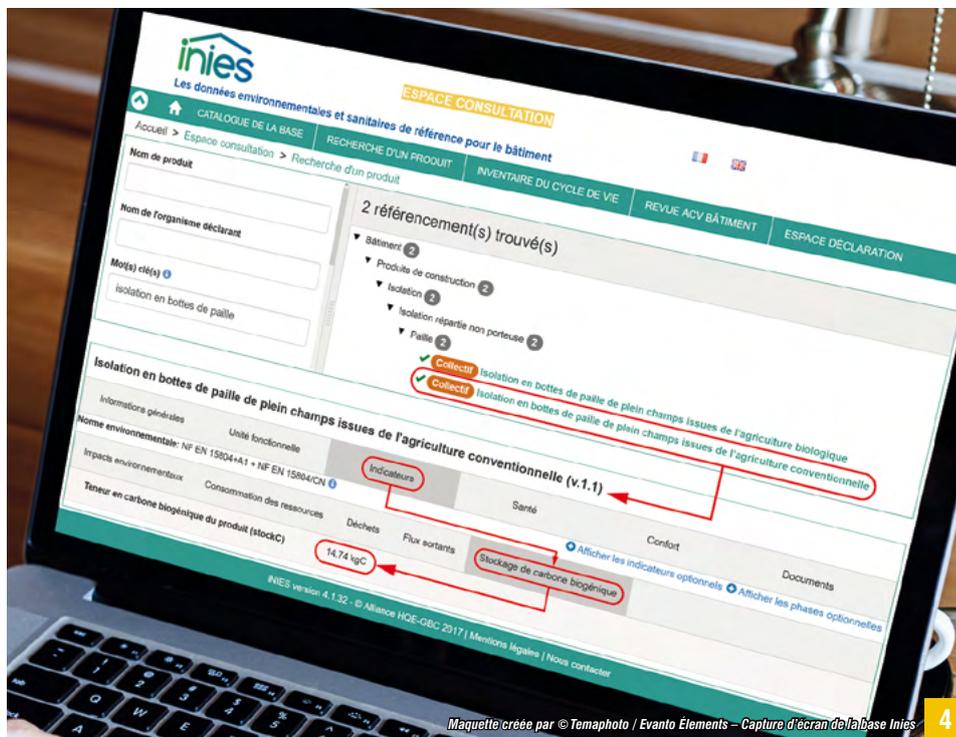
2

LE BLÉ AUX AVANT-POSTES

Dès l'origine, la filière de la construction paille a porté son attention et ses efforts sur la caractérisation de la paille de blé qui est aujourd'hui la plus répandue en France. En 2021, la production de blé s'élevait à 37 millions de tonnes, contre 11,5 pour l'orge et les escourgeons, 0,5 pour l'avoine, 0,07 pour le riz (1). Si la paille de blé est aujourd'hui la seule paille à faire l'objet de Règles professionnelles, et donc à rentrer dans le domaine des techniques de construction courantes, elle pourrait être prochainement rejointe par l'orge et le riz sur lesquelles le RFCP envisage de travailler. Matériau très régionalisé, la paille de riz est aujourd'hui utilisée dans des panneaux isolants semi-rigides. Exemple avec des produits du fabricant FBT Isolation sous ATEx de type « a » (2) pour des applications en mur (ATEx n° 2721_V1) et en toiture (ATEx n° 2722_V1). La paille d'orge est, quant à elle, mise en œuvre en circuit court, notamment dans le cadre de l'autoconstruction. ■



- (1) Source : Statistique agricole annuelle (SAA) 2021 – Chiffres définitifs (n° 2022-15) de l'Agreste (ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire), disponible sur <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/> (aux rubriques « Chiffres et analyses » puis « Chiffres et données »).
- (2) Ces deux ATEx sont téléchargeables sur le site de FBT (Fibres biosourcées et techniques) Isolation : <https://www.fbt-isol.com/telechargements>.



Maquette créée par © Tamaphoto / Evanto Elements – Capture d'écran de la base Inies

4

“Issue de l'agriculture, au même titre que le chanvre ou le lin, la paille appartient à la famille des biosourcés, et des rares matériaux constructifs pouvant se targuer d'un impact carbone négatif”

valeur ajoutée par l'artisan qui met en œuvre la paille reste sur le territoire où elle a été récoltée en fait également un atout en termes de développement économique local», ajoute de son côté Yves Hustache, associé fondateur du bureau d'études Karibati.

Performances thermiques et confort d'été

Sur le plan thermique, la paille bénéficie d'une fonction isolante qui la place à un niveau proche de celui des isolants «conventionnels» (le lambda λ de la paille en botte = 0,052 W/m.K pour une épaisseur de 37 cm). « Cette performance n'est toutefois pas pleinement valorisée dans le cadre des ouvrages construits sur le territoire national, dans la mesure où les fabricants ne font encore que peu – voire pas du tout – appel à la certification Acermi, là où les producteurs d'autres produits d'isolation ont l'habitude d'y recourir », relève Stéphane Hameury, directeur opérationnel «Enveloppe du bâtiment» au CSTB, qui pointe le coût de la certification et le mode de commercialisation de la paille en dehors du schéma industriel traditionnel.

Comme le rappelle Nicolas Rabuel, directeur général de la SCIC ielo : « De par sa nature biosourcée, poreuse et capillaire, la paille a également des qualités hygroscopiques qui lui permettent de réguler l'humidité, qu'elle soit saisonnière, ponctuelle ou accidentelle, dans des proportions raisonnables, ce que ne peut pas faire une laine minérale ou un isolant alvéolaire. » Mais cette perspiration de la paille et des matériaux biosourcés en général n'est pas valorisée par la réglementation. D'où le programme de recherche que la profession espère lancer prochainement, selon les résultats de l'appel à projets de l'Ademe, pour mieux caractériser le phénomène et permettre sa reconnaissance.

Le confort d'été est un autre point mis en avant par la filière. Comme l'explique Yves Hustache, « les isolants biosourcés ont un déphasage thermique de 10 à 12 heures, lié à une densité bien plus importante que celle des matériaux "conventionnels". Cela signifie qu'un pic de température extérieur qui survient par exemple à midi, ne se retrouve qu'en pleine nuit dans votre bâtiment, à un moment où vous allez pouvoir évacuer plus facilement le surplus de calories, et ce, d'autant que le pic de température est amorti par l'isolant. » Pour Stéphane Hameury, « le confort thermique de la paille est un élément potentiellement intéressant dans un contexte de changement climatique qui voit se renouveler des étés chauds. Mais il faudrait qu'il soit caractérisé pour se projeter dans les enjeux de demain. »

Des Règles de l'art reconnues

Au-delà de ses propriétés, le développement de la construction paille doit beaucoup à l'élaboration de Règles professionnelles par le RFCP pour l'utilisation du matériau paille comme isolant et support d'enduit (4). Acceptées en 2012 avec suivi de retour d'expérience par la Commission Prévention Produits mis en œuvre (C2P) de l'AQC (Agence qualité construction), puis acceptées depuis 2017 sans suivi (5), ces Règles forment un vérifiable cadre de référence pour la profession et ouvrent la voie de l'assurabilité comme techniques courantes pour toutes les mises en œuvre visées par ce document. Leur application couvre un usage très précis >>>



(4) Règles professionnelles de la construction en paille – Remplissage isolant et support d'enduit (Règles CP 2012 révisées, 3^e édition – avril 2018).

À commander sur le site du RFCP : <https://www.rfcp.fr>, rubriques « Les services » puis « Librairie ».

(5) Toutes les éditions des Publications semestrielles C2P sont téléchargeables sur le site de l'AQC : <https://qualiteconstruction.com>, rubrique « Nos Ressources ».



Photo © Paris Habitat

L'isolation par l'extérieur en paille d'un pignon d'immeuble du bailleur Paris Habitat, situé rue de la Convention à Paris, a donné lieu à un travail de formation et d'insertion sur chantier.

BENOÎT QUERTIER > Chef de service « Patrimoine » au sein de Paris Habitat

« Dans nos programmes, le recours aux biosourcés est aujourd'hui systématique »

Qualité Construction :
À quels enjeux répond l'utilisation de la paille sur certains de vos chantiers ?

Benoît Quertier : Paris Habitat, office public du logement de la Ville de Paris, est très engagé dans la déclinaison de la feuille de route de la ville sur tout ce qui est décarbonation et recours aux biosourcés dans le domaine du bâtiment. Nous avons également un plan ambitieux d'amélioration thermique de notre patrimoine. Dans nos programmes, le recours aux biosourcés est aujourd'hui systématique. Nous cherchons à chaque fois le matériau qui offre le meilleur intérêt économique, technique mais aussi environnemental et social. Le choix de la paille s'inscrit dans ce cadre. Il s'agit à la fois d'un co-produit de l'agriculture et d'une ressource de proximité pour le bassin francilien. C'est également un matériau qui change l'équilibre du chantier : il est en lui-même assez bon marché, cependant, sa pose nécessite de la main-d'œuvre, d'autant plus lorsque les bottes de paille sont manipulées et que l'on est en dehors de solutions lourdes préfabriquées. Ce recours à de la main-d'œuvre permet de répondre à nos objectifs d'insertion sur les chantiers, mais aussi d'accompagner un mouvement de formation et de diffusion du biosourcé. Nous avons mené une première expérience de paille en caissons sur une opération de conversion de bureaux en résidence étudiante de plus de 140 lits, dans le XV^e arrondissement de Paris avec l'agence NZI. La seconde expérience a été réalisée avec de l'ITE en paille dans le cadre de la

réhabilitation d'un bâtiment avec Landfabrik et Traits Vivant, dans le XV^e également. D'autres projets sont en cours.

Q.C. : Quels ont en été les premiers enseignements ?

B.Q. : Le premier est que l'on ne peut pas utiliser la paille dans n'importe quelle configuration, il faut que le programme s'y prête. Une configuration qui convient bien, et sur laquelle nous travaillons, concerne l'isolation extérieure de pignons de bâtiments existants avec des bottes directement mises en œuvre sur chantier. Quand vous avez par exemple un immeuble en troisième cour intérieure qui donne sur une voie ferrée, l'utilisation du matériau unitaire – botte de paille + échafaudage – permet d'avoir des chantiers possibles malgré de fortes contraintes d'accès, d'approvisionnement et de grutage. Cela permet aussi d'avoir de très faibles nuisances et zéro déchet. On s'aperçoit également que le surcoût des matériaux biosourcés par rapport aux solutions « conventionnelles » est moins marqué à Paris qu'en province car les chantiers sont extrêmement contraints. Il y a aussi le fait que la Ville de Paris n'accepte pas que les bailleurs sociaux utilisent de l'isolation en polystyrène, et que toute comparaison entre une ITE en paille et une ITE en PSE (1) soit donc impossible. Cela n'empêche pas d'optimiser le coût de la paille en travaillant le produit différemment. Sur la première opération, nous avons utilisé des bottes pleines (de 37 cm) venant directement de chez l'agriculteur. Sur le programme suivant, nous sommes passés en demi-bottes de

22 cm, ce qui a permis d'avoir le résultat énergétique attendu avec un poids de structure moindre. Avec la paille, on remet aussi du savoir-faire au cœur de l'activité bâtiment. On est à l'opposé du chantier hyper préfabriqué avec uniquement du travail de poseur. Ce type d'approche est intéressant dans le rapport au matériau, à la santé et au travail dans l'écosystème de la ville dense. À l'image des circuits courts en alimentation, c'est une autre façon de voir l'environnement socio-économique du BTP.

Q.C. : Quels sont les principaux freins auxquels vous êtes confrontés ?

B.Q. : L'ITE en R+7 ne fait pas partie des Règles professionnelles de la construction paille. Cela nous rend très dépendant de l'organisation du chantier et de l'appréciation du contrôleur technique de l'opération, et nous oblige à beaucoup de travail de préparation et d'études en amont. Une évolution des Règles professionnelles facilitera la mise en œuvre et le changement d'échelle sur l'utilisation de la paille en ITE d'immeubles collectifs. Par ailleurs, quand on lance des appels d'offres de travaux, il y a assez peu de réponses. Nous savons que la filière est en train d'émerger, et c'est pourquoi en tant qu'opérateur public nous faisons l'effort de l'accompagner. La paille impose une grande vigilance au professionnalisme et aux compétences des intervenants, maîtres d'œuvre, bureaux d'études et entreprises, à qui nous demandons d'avoir suivi les formations « Pro-Paille » et d'être clairement assurés en garantie décennale sur la mise en œuvre de paille. ■

(1) Polystyrène expansé, également appelé EPS selon les pays et les fabricants



5 Photo © Lieux Fauves

de la paille, qui est celui du remplissage de parois et de la mise en œuvre d'enduits sur paille. Le domaine d'emploi est limité aux bâtiments ayant un plancher haut inférieur à 8 m. La paille y est exclusivement utilisée sous forme de bottes, combinée à une ossature porteuse souvent en bois. Elle est protégée côté extérieur par un enduit à la chaux directement projeté sur le matériau, ou par un système de bardage ventilé. La technique est surtout répandue dans le neuf.

Les Règles professionnelles prévoient une mise en œuvre de la paille soit sur chantier, soit en usine, les bottes de paille étant placées à l'intérieur de caissons ou ossatures en bois, fermés par différents types de parement (panneaux rigides en fibres de bois, OSB en intérieur, plaques de plâtre et fibres de cellulose type Fermacell...). «La préfabrication en atelier a tendance à se développer. Quand le planning est serré ou le chantier de taille importante, elle permet de produire les panneaux en amont, à l'abri des intempéries, et de respecter les délais de chantier tout en ayant une qualité de fabrication semi-industrielle. Sur chantier en revanche, on perd la visibilité de la construction paille», confie Jean-Pierre Schwarz, ingénieur en contrôle technique de construction et spécialiste «Matériaux biosourcés» chez Alpes Contrôles. De son côté, Olivier Joreau constate que la transformation des métiers est à l'œuvre : «Il y a quelques années,



5 et 6 Le tassage de la paille entre les montants de l'ossature assure une répartition homogène et compacte du matériau isolant.



7 La préfabrication en atelier d'une enveloppe en bois-paille permet d'optimiser la protection de la paille vis-à-vis de la pluie.

beaucoup de bottes de paille provenaient de l'agriculture en direct, avec des bottes ayant des formats liés aux presses agricoles. Maintenant, on est sur des formats plus industriels. Les bottes sont reconditionnées ce qui permet d'avoir des densités et des formats adaptés à une pose rapide dans le bâtiment. Pour les artisans, la standardisation est le meilleur moyen d'avoir une reproductibilité facile et d'éviter tout sinistre par la suite.»

Coralie Garcia précise de son côté que «les bottes de paille ont des formats variés, qui dépendent du type de botteleuses disponibles. À côté du format classique de 38 cm x 48 cm x 80 cm et 1,20 m de longueur, se développent des formats plus petits, souvent à la demande, dont la botte de paille de 22 cm d'épaisseur qui est également intéressante pour faire de l'isolation technique par l'extérieur.»

L'ITE bientôt visée par des Règles professionnelles

Sortant du cadre des Règles professionnelles, un certain nombre de pratiques non courantes (6) viennent élargir le champ d'application de la paille. Pour prétendre à une garantie décennale, ces pratiques doivent faire l'objet d'une déclaration spécifique auprès des compagnies d'assurances, permettant de mener une analyse de risque au cas par cas. «Il s'agit notamment de la paille porteuse, qui consiste à monter les



(6) Les techniques de construction sont classées par la Commission Prévention Produits mis en œuvre (C2P) de l'AQC en deux catégories : • les techniques courantes (Normes et NF DTU, Recommandations professionnelles acceptées par la C2P, Règles professionnelles acceptées par la C2P, Avis Techniques [ATec] et Documents Techniques d'Application [DTA] en Liste verte de la C2P, ATEc [Appréciations Techniques d'Expérimentation] favorables...); • et les techniques non courantes (Règles professionnelles non examinées ou non acceptées par la C2P, familles d'ATec ou DTA mises en observation, ATEc réservés ou défavorables...).



“Pour les artisans, la standardisation est le meilleur moyen d’avoir une reproductibilité facile et d’éviter tout sinistre par la suite”

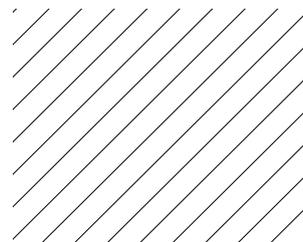


Photo © Lieux Fauves

6

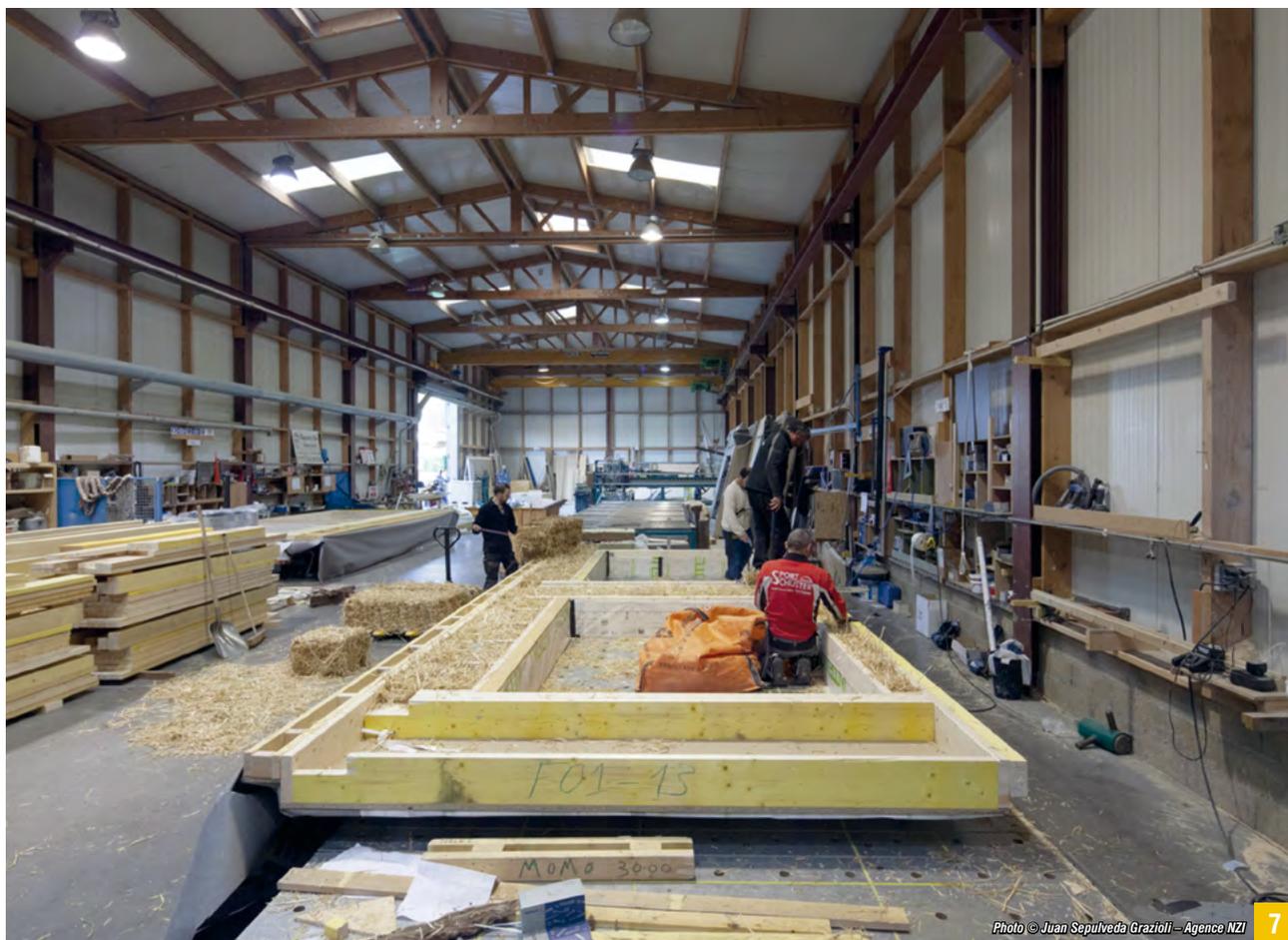


Photo © Juan Sepulveda Grazioli - Agence NZI

7



8 Photo © Lieux Fauves

bottes de paille en quinconce, comme des agglos, avec des harpages dans les angles. Les bottes sont liaisonnées entre elles et comprimées par des sangles, dont le serrage équivaut à une post-contrainte et permet à la paille de ne pas se comprimer davantage en cas de surcharge du plancher, ou de la toiture par la neige. Des lisses de répartition permettent ensuite de poser plancher et toiture sur les parois en paille. La solution a, entre autres avantages, de se passer de bois, une ressource dont la disponibilité à terme pose question», précise Laurent Dandres, contrôleur technique et référent national biosourcé chez Apave. Développée au Québec puis en France dans les années 2000, la technique du GREB se caractérise quant à elle par une double ossature porteuse en bois. À mi-chemin entre la paille porteuse et l'ossature bois, elle est réservée à des chantiers de maisons individuelles, souvent menés en autoconstruction.

Parmi les mises en œuvre ne relevant pas du cadre de la technique courante, figure également l'isolation thermique par l'extérieur en paille qui représente un véritable enjeu pour le bâti existant, et sur laquelle des Règles professionnelles sont en cours d'écriture par le RFCP. Des spécificités sont en effet à prendre en compte. «Le support ne doit pas être humide au risque d'humidifier la paille. Cela implique une vigilance particulière en rénovation», met en garde Yves Hustache. Solution prometteuse, la paille hachée insufflée, plus récente dans le paysage constructif, est de son côté visée par une première ATEx (Appréciation Technique d'Expérimentation) de cas «b» sur le chantier de rénovation énergétique du Crous Champlain de Poitiers (voir ► encadré présenté ci-contre). ►►►



8 La mise en œuvre sur chantier doit faire l'objet d'une surveillance de la part de l'entreprise et de la maîtrise d'œuvre. Le taux d'humidité doit rester inférieur à 20 % jusqu'à réalisation complète de l'étanchéité.



1 Photo © Agence Duclos



Photo © Agence Duclos

2

◀▲ 1 et 2 La rénovation énergétique du Crous Champlain de Poitiers (16) par l'agence d'architecture Duclos fait appel à une Isolation thermique par l'extérieur (ITE) en paille hachée et un bardage mixte en bois et acier.

L'AVENTURE DE LA PAILLE HACHÉE INSUFFLÉE

Isoler les bâtiments avec de la paille hachée est le défi que s'est lancé la Société de coopérative d'intérêt collectif (SCIC) ielo, une jeune entreprise créée en 2021 et regroupant plusieurs acteurs de la filière bâtiment et agricole autour de la Coopérative agricole de la Tricherie dans la Vienne (86). À l'origine de l'aventure, Nicolas Rabuel, son directeur général, suit avec intérêt l'expérimentation lancée en 2018 aux Pays-Bas dans le cadre du projet européen UpStraw, sur l'isolation par l'extérieur en paille hachée du gymnase de Tilbourg.

Alors chargé de projet «Construction durable» au sein du cluster Odéys, Nicolas Rabuel coordonne l'émergence de la filière paille construction en Nouvelle-Aquitaine. «Le projet ielo, explique-t-il, est né de deux constats : d'une part que le modèle économique associatif de la paille ne permettait pas de financer le développement de la filière, et d'autre part que le format de la botte de paille était un frein pour massifier le recours au matériau. La paille hachée a plus d'atouts pour changer d'échelle et amortir facilement les investissements de transformation nécessaires.» Dans les usines de broyage qui

existent en Europe et servent de modèle à la mise en place d'une ligne de production par la SCIC ielo, la paille est égrenée, hachée, puis dépoussiérée avant d'être conditionnée pour un usage en élevage. «Dans le cadre du bâtiment, son format de 25 mm permet de l'insuffler dans des cavités de toute taille, de la même manière que la ouate de cellulose. Elle peut ainsi s'adapter à de faibles épaisseurs, de 7 à 8 cm, comme à des épaisseurs plus importantes, jusqu'à 40 cm. Le matériau se prête à la fois à une insufflation sur chantier ou en atelier. Il est également possible de l'utiliser dans une usine de construction bois fortement robotisée et

automatisée, ce qui n'est pas aisé avec la paille en bottes», poursuit Nicolas Rabuel. À noter que la paille hachée ne contient aucun additif, ce qui la distingue de la plupart des isolants en vrac.

Expérimentations et suivi

Une première utilisation de la paille hachée a été mise en œuvre sur du bâti ancien à Limoges (87) où l'isolation permet d'atteindre un niveau passif. S'en est suivi l'isolation extérieure de l'ancien Crous Champlain à Poitiers (86) par l'agence d'architecture Duclos : une réalisation en R+1 qui porte sur environ 1300 m² de façade et fait l'objet d'une >>>

L'AVENTURE DE LA PAILLE HACHÉE INSUFFLÉE - SUITE



3 Photo © Agence Duclos

▲▼ 3 et 4 L'isolation par l'extérieur a été réalisée avec une ossature bois fixée sur le mur existant. Les planches de 30 cm forment des caissons de 60 cm d'entraxe et 3 m de hauteur, lesquels sont fermés par une plaque de plâtre formant écran thermique et pare-pluie (*Weather Defense* de Siniat). La plaque est percée en partie haute pour insérer une buse et insuffler la paille hachée jusqu'à la densité recherchée, ici de 105 kg/m³.



4 Photo © Agence Duclos

ATEX de cas «b», où la paille hachée a été insufflée dans des caissons de 30 cm d'épaisseur (1). Le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) a mis en place un suivi de l'expérimentation, avec des mesures *in situ* afin de constituer un retour d'expérience sur le comportement de ce type d'ouvrage vis-à-vis du risque d'humidification et donc de développement fongique ou d'attaque par les insectes. D'autres projets sont en cours, et une ATEX de cas «a» est à l'étude en attendant d'avancer vers une procédure d'Avis Technique. La SCIC ielo ambitionne par ailleurs d'accompagner la mise en place de sites de production de paille hachée sur le territoire national afin de favoriser la logique de circuit court et permettre aux agriculteurs de rester maîtres

de la valeur ajoutée. Mais il reste du chemin à parcourir pour convaincre et rassurer sur cette pratique nouvelle qui ne relève pas des Règles professionnelles de la construction paille. Comme le souligne Nicolas Rabuel, «*il y a encore beaucoup d'a priori sur les matériaux biosourcés, notamment par rapport au risque de développement fongique. Le cadre normatif n'est pas adapté aux isolants qui contiennent de la matière organique. Des essais montrent pourtant que la paille ne se dégrade pas en dessous de 85 % d'humidité, contrairement à d'autres isolants. L'enjeu pour nous aujourd'hui est plus culturel que technique. Il y a un véritable travail collectif à mettre en place pour se donner les moyens de bien évaluer les projets sans leur porter préjudice.*» ■

(1) L'ATEX n° 3089_V1 est disponible sur le site «Évaluation» du CSTB : <https://evaluation.cstb.fr/fr>.

“Si la quantité de chantiers en paille continue de progresser, il reste encore des freins à lever pour changer d'échelle et aller vers une diffusion plus large. Ces freins concernent aussi l'élargissement du domaine d'application de la paille au-delà du verrou des 8 m ou du remplissage vertical”

Prévenir les risques liés à l'eau

Normée ou pas, la construction paille nécessite une attention particulière à l'eau et au feu pour éviter tout risque de dégradation remettant en cause la solidité et la pérennité des ouvrages.

«La sensibilité à l'eau de la paille, et des biosourcés en général, vient de leur composante organique. Bien que les matériaux conventionnels puissent y être également sensibles, ils ne le sont pas dans les mêmes proportions du fait de leur origine», souligne Mariangel Sanchez, ingénieure, chargée du suivi des innovations à l'AQC. Du point de vue du risque incendie, la paille est un matériau inflammable (classe E selon la norme NF EN 13501-1) ayant une réaction au feu B-S1-d0 (EN 13501-1:2007). Points de vigilance et bonnes pratiques ont été bien anticipés par le RFCP qui a mis en place une formation «Pro-Paille» à destination des entreprises, architectes et bureaux d'études qui interviennent sur les chantiers. Ils ont également été étudiés et documentés dans l'étude menée en 2016 par l'AQC (7), ainsi que dans le *Guide technique des matériaux biosourcés & géosourcés à l'usage des acteurs de la construction* rédigé en partenariat par EnvirobatBDM (Bâtiments durables méditerranéens) et le bureau de contrôle Apave (8).

L'expression «De bonnes bottes et un bon chapeau», souvent employée pour la réalisation d'ouvrages en terre, résume une partie des attentions à avoir vis-à-vis de l'eau, qu'il s'agisse de l'eau remontant du sol par capillarité, de l'eau éclaboussant les soubassements ou de l'eau tombant du ciel et ruisselant sur les façades. «On y retrouve l'importance de respecter la mise en œuvre d'arases étanches en pied de mur, de conserver une garde au sol de 20 cm, ou encore de protéger la tête des murs, etc. À cela s'ajoute la vigilance à avoir durant la phase chantier pour éviter que la reprise d'eau n'affecte les matériaux, et qui passe par la mise en place de protections parfois provisoires au niveau des appuis de fenêtres, des têtes de mur, des trous réalisés dans les caissons préfabriqués pour permettre le passage de sangles de levage. Pendant la phase de la vie en œuvre, il faudra être très attentif au risque de dégâts des eaux, d'autant que la dégradation peut être moins visible et plus présente qu'avec des matériaux minéraux. Il y a aussi la question des transferts de vapeur d'eau au niveau des parois», résume Mariangel Sanchez. Le fait que les murs en paille soient naturellement perspirants facilite la régulation de ces transferts. Mais, comme en témoigne Laurent Dandres, «il faut veiller à fermer “relativement” la paroi intérieure et à ouvrir la paroi extérieure pour éviter que trop d'eau ne chemine dans le mur. Le terme “relativement” traduit le fait qu'il existe un rapport de perméabilité à respecter entre l'intérieur et l'extérieur, le but étant que le mur respire. À l'extérieur, le ciment est de fait proscrit. On privilégie en revanche les

enduits à la chaux et, dans le cas d'un bardage, les lames d'air ventilées avec des films pare-pluie et des panneaux très respirants côté extérieur. Il faut aussi être attentif aux panneaux, à leur éventuel rôle contreventant qui peut poser un problème. La valeur SD des matériaux, c'est-à-dire leur épaisseur d'air équivalente ($SD = \text{perméabilité} \times \text{épaisseur}$), doit être étudiée avec attention pour tous les composants du complexe de mur.»

La paille face au risque incendie

Le risque incendie appelle lui aussi un certain nombre de précautions. «La paille est un matériau combustible, de même que les produits bois. Cela peut être un facteur de risque supplémentaire pour certains types d'ouvrage. Donc il faut faire attention à l'endroit où l'on positionne ces produits et à la manière dont ils sont protégés. En revanche, comme l'ont montré les essais de caractérisation du comportement au feu des ouvrages à base de paille, une fois que l'incendie s'est développé et qu'on atteint la phase de résistance au feu, globalement, on se rend compte que le matériau reste présent pendant une longue durée», constate Stéphane Hameury. Pour répondre à la réglementation incendie, il n'y a pas de réponse unique. C'est l'ensemble du complexe constructif qui est à considérer selon la typologie de bâtiment. À noter que le risque incendie est aussi présent pendant les travaux. «Quand les bottes de paille sont directement posées sur chantier, elles doivent parfois être déconstruites pour combler les vides et les interstices de la structure bois. Il faut alors être prudent à la moindre étincelle ou flamme, car autant les ballots de paille sont compacts et ne brûlent pas rapidement, autant des brins de paille s'enflamment vite», prévient Jean-Pierre Schwarz.

Ce rapide tour d'horizon des grandes règles qui entourent la construction paille rappelle combien cette solution constructive est aujourd'hui bien étudiée et maîtrisée par les professionnels de la filière, en atteste d'ailleurs la faible sinistralité constatée. Si la quantité de chantiers en paille continue de progresser, il reste encore des freins à lever pour changer d'échelle et aller vers une diffusion plus large. Ces freins concernent aussi l'élargissement du domaine d'application de la paille au-delà du verrou des 8 m ou du remplissage vertical. L'appel à projets de l'Ademe – pour lequel le RFCP espère être sélectionné – pourrait faire bouger les lignes en permettant aux professionnels d'approfondir le travail sur le feu, le sismique, le vent, les enduits... avec plusieurs laboratoires partenaires. ■

(7) L'étude *Isolants biosourcés : points de vigilance (en cours de révision)* est téléchargeable sur <https://qualiteconstruction.com>, à la rubrique «Nos Ressources».

(8) Le guide est téléchargeable sur les sites :

- <https://www.envirobatbdm.eu>, aux rubriques «Ressources» puis «Publications»;
- <https://france.apave.com>, aux rubriques «Actualités» puis «Publications».