

# La paille s'immisce dans la construction

Ancrée dans les territoires, s'appuyant sur des ressources locales, la paille est une réelle opportunité pour la construction de bâtiments de haute qualité. Les méthodes de construction hors-site concourent au dynamisme de cette filière qui devrait se massifier grâce à sa capacité à répondre aux défis énergétiques et climatiques.

## Un brin d'histoire

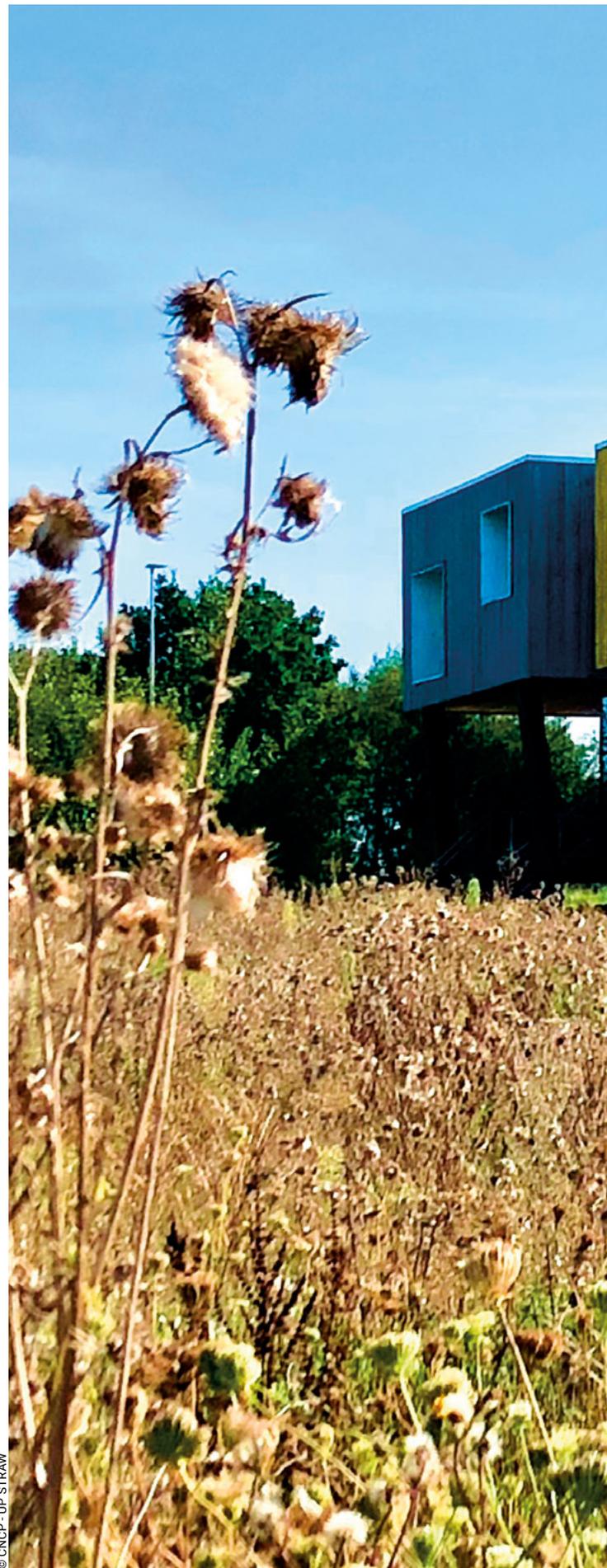
Les premiers bâtiments isolés grâce à de la paille ont été réalisés dès le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, dans la région des Sand Hills dans le Nebraska (États-Unis). À leur arrivée sur ce territoire de prairies et de sols sableux, les colons européens avaient peu de ressources pour construire. Il leur a donc fallu trouver un matériau de construction alternatif et peu onéreux. L'invention de la botteleuse tractée par un cheval a donné le jour aux premières bottes de graminées, mélangées à de la boue, sortes de « briques de paille ». En 1886, le premier bâtiment recensé en baille porteuse, est une école dans le Nebraska. Après avoir essayé en Amérique du Nord, ce mode de construction n'a rencontré qu'un intérêt tardif en Europe. En France, des bâtiments industriels et des logements ont été réalisés en bottes de paille à partir de 1920. Le plus vieil exemple est la maison « Feuillette », construite en 1921 à Montargis par l'ingénieur du même nom, qui propose la paille comme matériau de reconstruction de l'après-guerre.

L'habitation est constituée d'une structure porteuse en bois R+1 et d'un remplissage en bottes de paille. Elle appartient au Réseau français de construction paille (RFCP) et abrite le Centre national de la construction paille (CNCP). Au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, les fibres de verre, la laine de roche ou l'amiante remplacent peu à peu l'isolation par la paille. L'amiante sera interdit en 1997, ce qui conduira au retour de matériaux naturels, comme la paille. À partir des années 2000, la paille retrouve sa place sur les chantiers français pour aujourd'hui connaître un intérêt croissant. Dominique Gauzin-Müller, architecte-chercheur, professeur et directrice de collection des éditions MUSEO, coordinatrice du TERRA Award, etc., fait partager son expertise à travers de nombreux livres. Dans son ouvrage *Architecture en fibres végétales d'aujourd'hui*, elle porte un regard attentif à la construction paille, que nous vous proposons de découvrir dans les pages suivantes. 

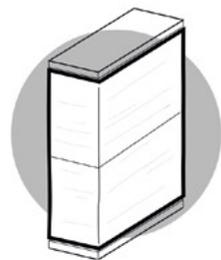
Projet UP STRAW, notamment bâtiments utilisant la botte de paille comme élément structurel.

On recense en France 5 000 bâtiments isolés paille, c'est la filière la plus dynamique d'Europe. Et il s'en construit 500 supplémentaires chaque année. Non seulement des maisons individuelles, mais aussi des immeubles, hangars industriels, établissements recevant du public (ERP) : milieux éducatifs et administratifs, maisons de retraite, bureaux et même des entrepôts de produits inflammables ! La construction en paille associée ou non à une structure porteuse en bois, métallique ou en béton, se diffuse auprès des architectes, bailleurs sociaux et promoteurs, car elle répond notamment aux impératifs environnementaux actuels, indissociables des objectifs de performance énergétique des matériaux. Tout en offrant une isolation thermique de qualité supérieure, elle participe au bien-être des habitants.

Le RFCP, les structures régionales de la construction paille, ainsi que tous les acteurs de la filière contribuent à valoriser ce matériau biosourcé. Le CNCP est une émanation du RFCP, qui a lancé le projet UP STRAW. Ce dernier établit des ponts entre cinq pays européens : l'Allemagne, l'Angleterre, la Belgique, la France et les Pays-Bas, ainsi que huit organisations partenaires. UP STRAW vise à soutenir l'application de la paille dans les bâtiments urbains, publics et privés ; et œuvrer concrètement à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Ses actions favorisent le développement de projets avec des nouvelles techniques de construction paille : bâtiment utilisant la botte de paille comme élément structurel, paille insufflée sur le chantier du bâtiment, création de panneaux de paille préfabriqués prêts pour la mise en œuvre dans l'industrie du bâtiment. Le programme a aussi pour vocation d'informer et former les professionnels du BTP ainsi que les étudiants. 



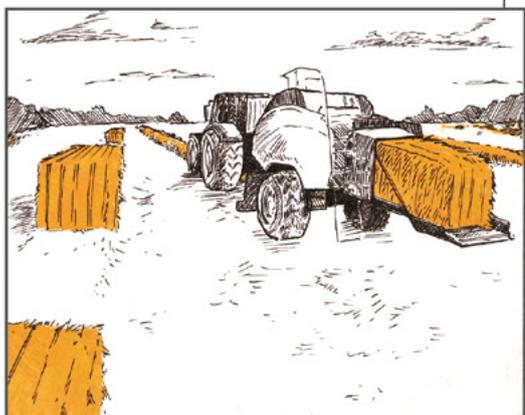
© CNCP - UP STRAW



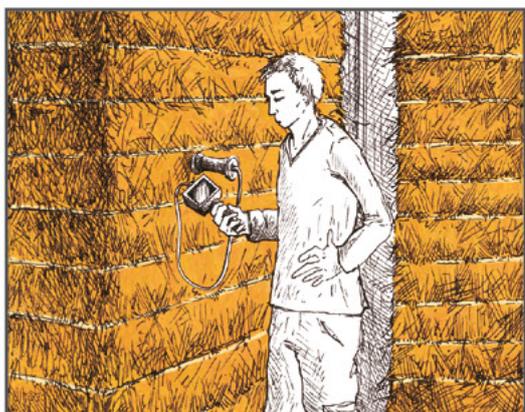
## PAILLE PORTEUSE

### Plante et filière

En 2010, le Réseau français de la construction en paille estimait à plus de 3 000 les bâtiments isolés en bottes de paille. En France, 5% de la paille produite chaque année suffirait pour isoler tous les nouveaux logements construits. Ressource disponible en abondance, les petites bottes de paille sont les plus couramment utilisées. La densité des grosses bottes atteignant parfois 150 kg/m<sup>3</sup> est un atout pour la technique de la paille structurale. Plus résistantes à la compression, mais aussi bien plus lourdes, elles nécessitent un engin de levage.



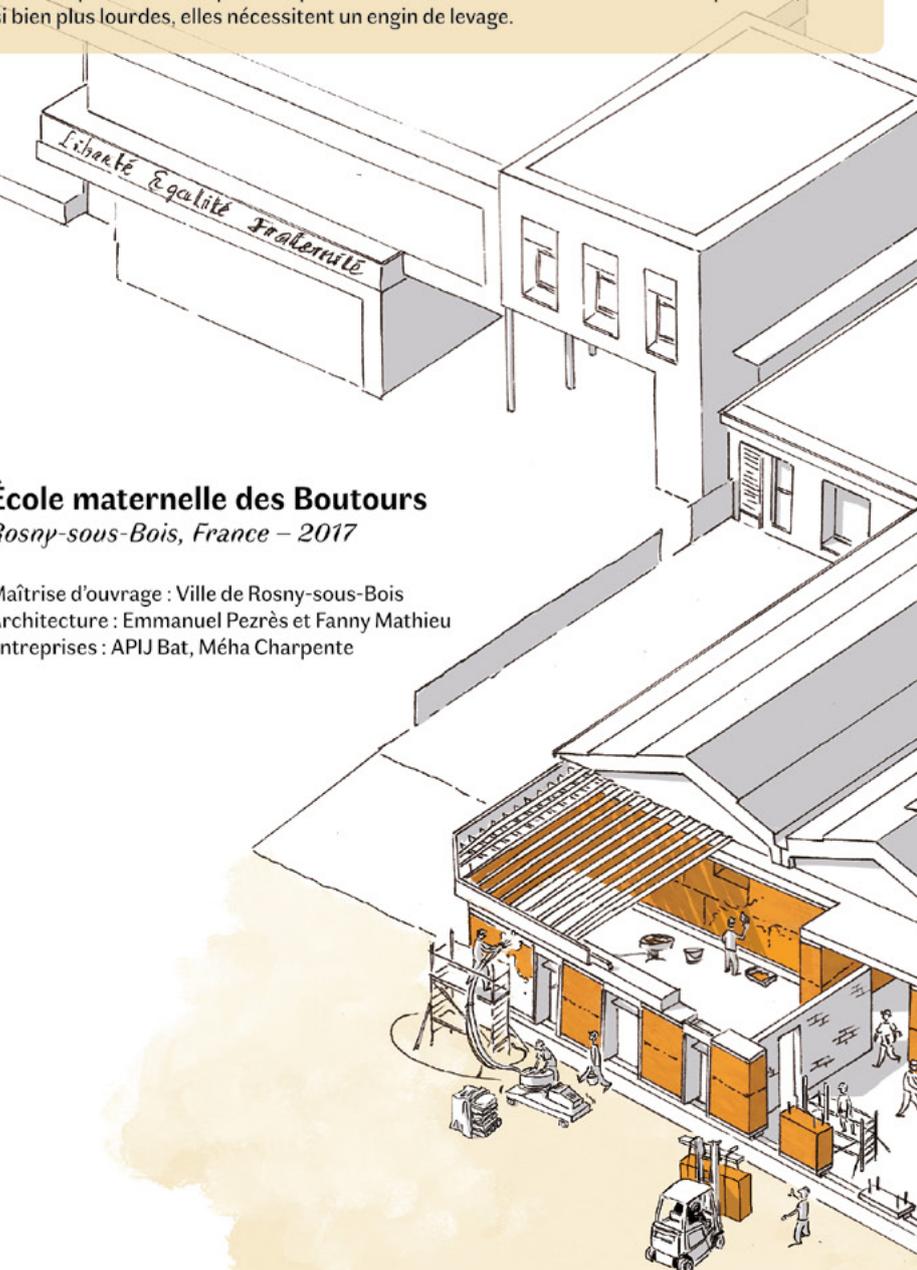
LA PAILLE EST RÉCOLTÉE À 60 KM DU SITE ET COMPRESSÉE EN BOTTES QUAND LA PAILLE EST SÈCHE.



LES BOTTES DE PAILLE SONT RETAILLÉES ET CALIBRÉES DIRECTEMENT SUR LE LIEU DE STOCKAGE. UNE DENSITÉ SUPÉRIEURE À 80 KG/M<sup>3</sup> EST REQUISE. L'HUMIDITÉ EST CONTRÔLÉE : ELLE DOIT ÊTRE INFÉRIEURE À 20% LORS DE LA MISE EN ŒUVRE.



UNE LISSE BASSE EN BOIS MASSIF EST FIXÉE SUR LE SOUBASSEMENT ET LA BARRIÈRE D'ÉTANCHÉITÉ POUR RÉALISER LE DÉPART DES MURS.



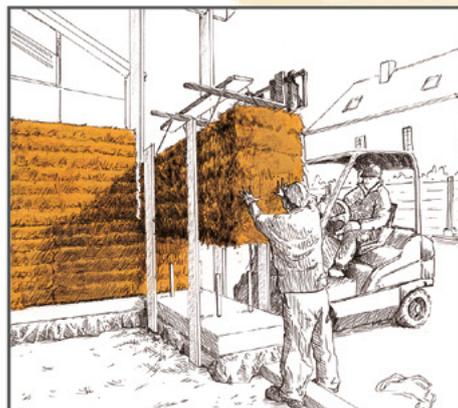
### École maternelle des Boutours

Rosny-sous-Bois, France – 2017

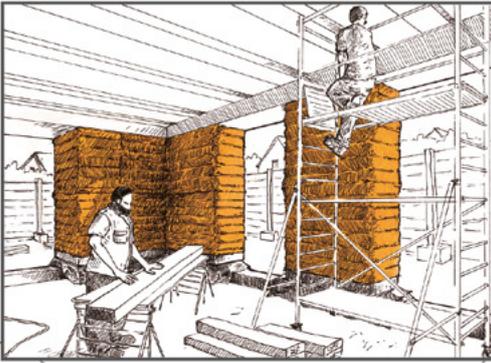
Maitrise d'ouvrage : Ville de Rosny-sous-Bois

Architecture : Emmanuel Pezrès et Fanny Mathieu

Entreprises : APIJ Bat, Méha Charpente



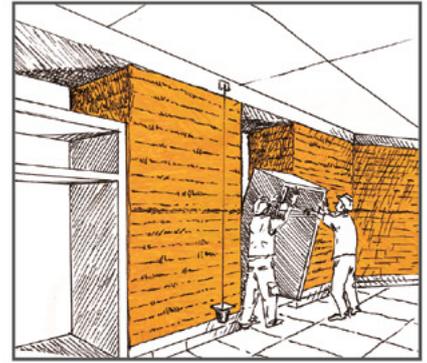
LES BOTTES DE PAILLE SONT CALEPINÉES SANS MORTIER ET LIÉES ENTRE ELLES PAR DES TIGES EN CHÊNE PLANTÉES DIRECTEMENT DANS LES BOTTES.



LES BOTTES SONT MAINTENUES PAR COMPRESSION ENTRE LA LISSE HAUTE ET LA LISSE BASSE. LA TOITURE EST POSÉE DIRECTEMENT SUR LES MURS.



DE LA TERRE VÉGÉTALE EST RÉPARTIE SUR LA TOITURE AFIN DE METTRE LA PAILLE PORTEUSE EN COMPRESSION.



DES PRÉ-CADRES SONT MIS EN PLACE AVANT LA POSE DES MENUISERIES EXTÉRIEURES. LA COMPRESSION DE LA PAILLE EST CONTRÔLÉE EN DIFFÉRENTS POINTS À L'AIDE DU FIL À PLOMB.



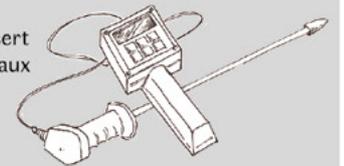
LES MURS SONT ENDUITS À L'ARGILE À L'INTÉRIEUR ET À LA CHAUX À L'EXTÉRIEUR. CHAQUE FINITION EST EN TROIS COUCHES. LA COUCHE D'ACCROCHE (GOBETIS) ENROBE TOTALEMENT LES BRINS DE PAILLE AVEC AU MINIMUM 10 MM DE PÉNÉTRATION. LE CORPS D'ENDUIT TRAMÉ, D'UNE ÉPAISSEUR DE 20 À 30 MM, VISE À RATTRAPER L'APLOMB. L'ENDUIT DE FINITION A UNE ÉPAISSEUR DE 6 À 10 MM ET UN FIXATEUR À LA CASÉINE EST APPLIQUÉ À L'INTÉRIEUR.



LES MURS SONT ENDUITS À L'ARGILE À L'INTÉRIEUR ET À LA CHAUX À L'EXTÉRIEUR. CHAQUE FINITION EST EN TROIS COUCHES. LA COUCHE D'ACCROCHE (GOBETIS) ENROBE TOTALEMENT LES BRINS DE PAILLE AVEC AU MINIMUM 10 MM DE PÉNÉTRATION. LE CORPS D'ENDUIT TRAMÉ, D'UNE ÉPAISSEUR DE 20 À 30 MM, VISE À RATTRAPER L'APLOMB. L'ENDUIT DE FINITION A UNE ÉPAISSEUR DE 6 À 10 MM ET UN FIXATEUR À LA CASÉINE EST APPLIQUÉ À L'INTÉRIEUR.

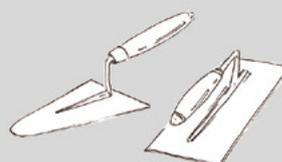
## Outils

L'hygromètre sert à contrôler le taux d'humidité.



Le fil à plomb permet de vérifier la compression de la paille.

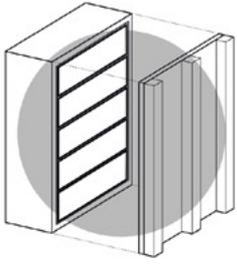
Les aiguilles métalliques sont utiles pour retailler les bottes.



La truelle et le platoir servent à poser les enduits.

## Technique

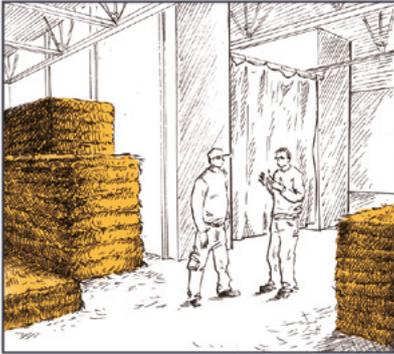
Le premier bâtiment en paille porteuse fut construit en 1886 au Nebraska. Les bottes de pailles sont posées en quinconce sur des broches en bois ou en bambou. À l'aide de sangles, de feuillards ou de poids additionnel, elles sont ensuite comprimées entre la lisse basse fixée au soubassement et la lisse haute sur laquelle repose la charpente. Une répartition uniforme des charges est primordiale pour la stabilité de ces murs dépourvus d'ossature. Les ouvertures sont dotées de pré-cadres en bois sur lesquels sont fixées les menuiseries après leur mise en charge.



## PAILLE DANS DES CAISSONS

### Plante et filière

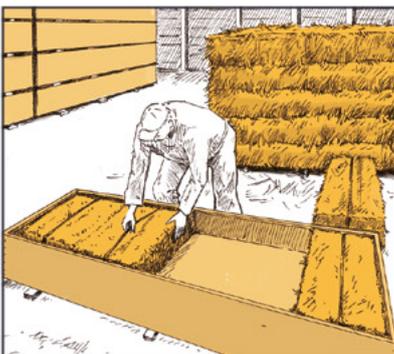
La paille est un déchet agricole. Les tiges des céréales cultivées pour leur graine (blé, orge, seigle, épeautre, etc.) sont pressées en bottes directement dans le champ. Le bilan carbone est exemplaire : 90% des approvisionnements viennent de moins de 50 km du chantier ou du site de préfabrication. Les bottes les plus utilisées pour la construction ont une section constante de 37 x 47 cm. Leur longueur varie entre 80 et 120 cm et leur densité doit être comprise entre 80 et 120 kg/m<sup>3</sup>, soit en moyenne 17 kg pour une botte de 1 m de longueur.



LA PAILLE EST APPROVISIONNÉE PAR UN GROSSISTE LOCAL DANS UNE CAISSERIE DE LA RÉGION.



LES CAISSONS PRÉFABRIQUÉS SONT FERMÉS PAR DES PANNEAUX DÉRIVÉS DU BOIS.



LES BOTTES DE PAILLE SONT INSÉRÉES MANUELLEMENT À L'INTÉRIEUR.



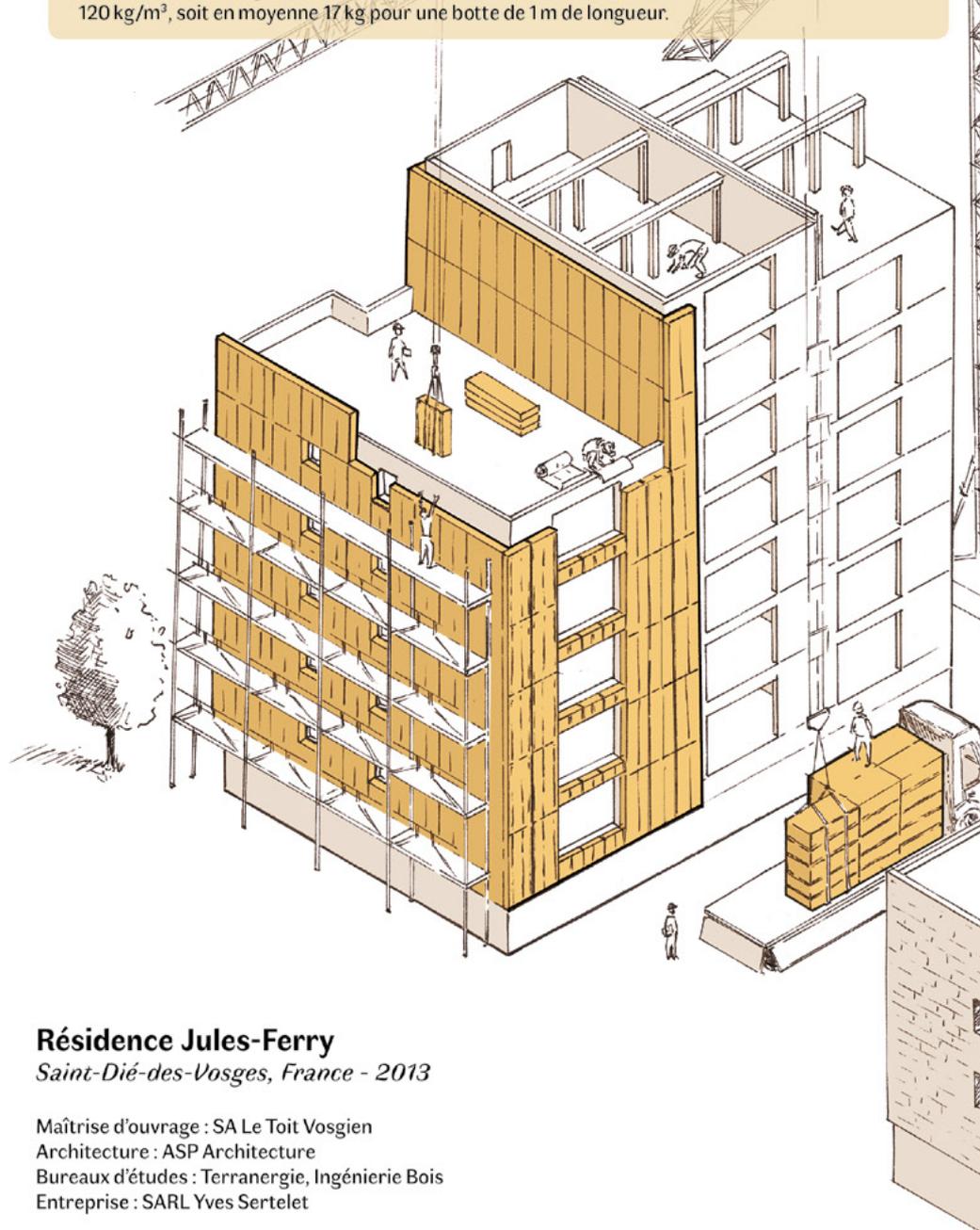
LA DERNIÈRE BOTTE EST SOUVENT ENFONCÉE EN SAUTANT LÉGÈREMENT DESSUS.



AVANT LA FERMETURE DES CAISSONS, LES FICELLES SONT COUPÉES POUR QUE LA PAILLE REMPLISSE TOUS LES VIDES.



LA LARGEUR DES CAISSONS EST ADAPTÉE À CELLE DES CAMIONS QUI LES TRANSPORTENT SUR LE CHANTIER.



### Résidence Jules-Ferry

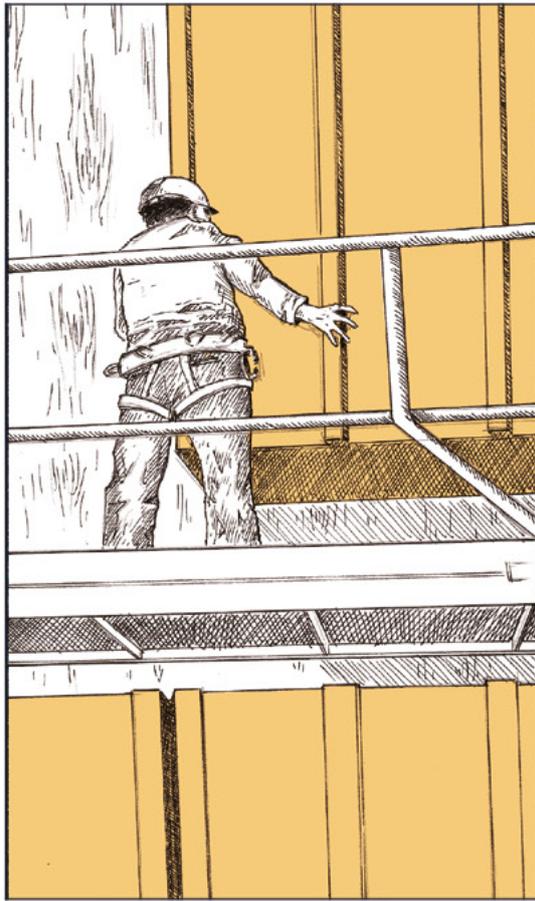
*Saint-Dié-des-Vosges, France - 2013*

Maîtrise d'ouvrage : SA Le Toit Vosgien

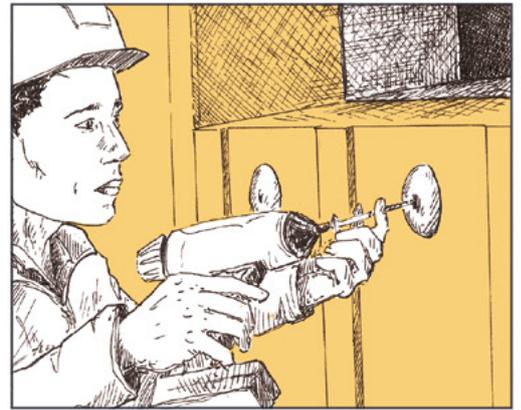
Architecture : ASP Architecture

Bureaux d'études : Terranergie, Ingénierie Bois

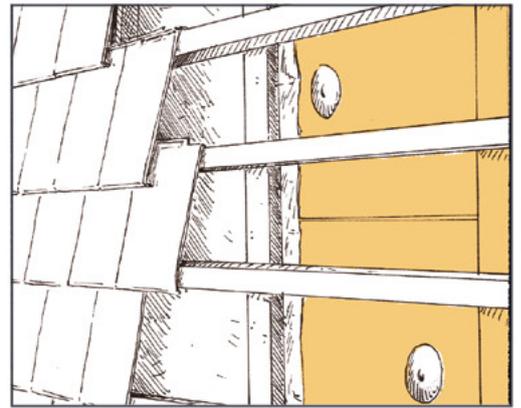
Entreprise : SARL Yves Sertelet



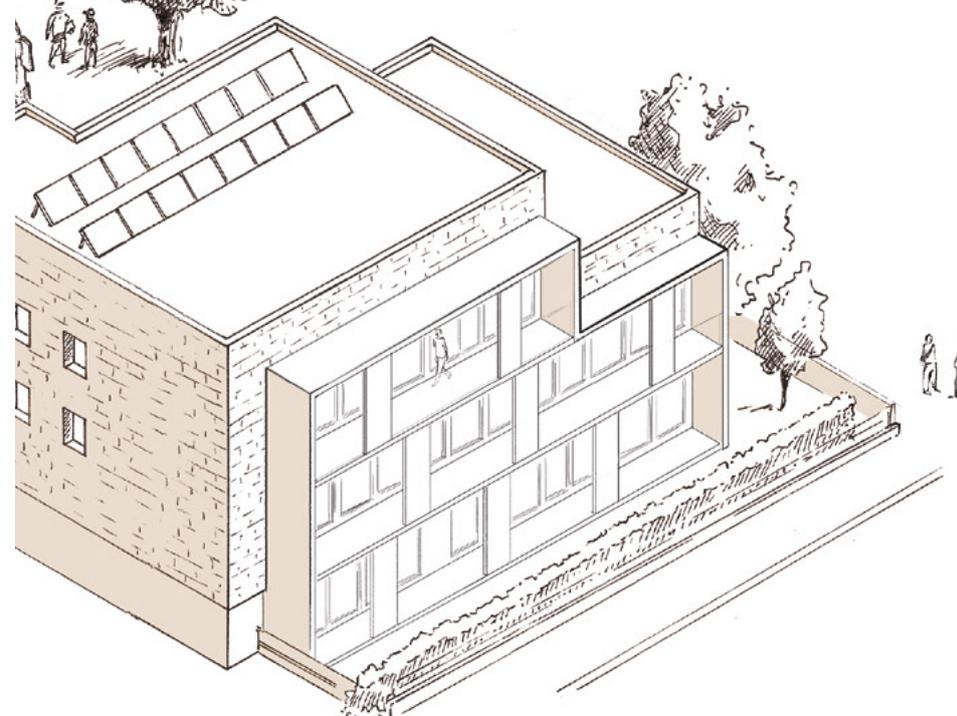
LES CAISSONS SONT LEVÉS PAR LA GRUE GRÂCE AUX SANGLES, PUIS POSITIONNÉS CONTRE LA FAÇADE.



ILS SONT FIXÉS AU FUR ET À MESURE À LA FAÇADE ET ENTRE EUX AVEC DES VIS À RUPTURE DE PONT THERMIQUE.



LE BARDAGE EN TUILLES DE TERRE CUITE EST ENSUITE FIXÉ SUR LES CAISSONS QUI SUPPORTENT SON POIDS.



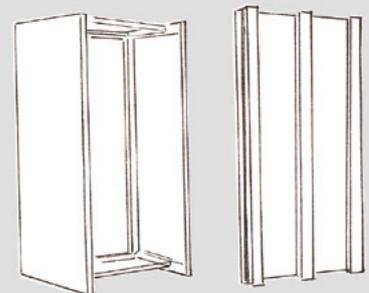
## Technique

Construite en 1920, la maison Feuillette est la plus ancienne maison isolée en paille encore habitée en France. Approuvées en juin 2011, les Règles professionnelles de construction en paille constituent le cadre de référence pour l'utilisation de ce matériau comme isolant en remplissage d'ossature ou de caissons et comme support d'enduit. Pour éviter tout risque de condensation dans les murs avec remplissage en paille, la paroi extérieure doit être plus perméable à la vapeur d'eau que la paroi intérieure.

## Outils et matériaux



Les bottes de paille sont aux dimensions agricoles (37 x 47 x 120 cm).



Les caissons préfabriqués sont fermés par deux produits industriels dérivés du bois : panneau en fibres de bois (Agepan DWB) côté extérieur, panneau de grandes particules orientées (OSB) côté intérieur.

Les vis télescopiques sont à rupture de pont thermique.





Ce dispositif a permis la réalisation du bâtiment UP STRAW qui accueille les bureaux du Cluster Eco-Construction, organisme regroupant les professionnels de la construction écologique en Wallonie (Belgique). Construit à Suarlée (Namur), ce projet a été imaginé par l'agence helium3 et Havresac, avec la particularité de miser sur la préfabrication. Le principe de construction est simple : une structure porteuse en bois intègre l'isolation en paille. L'innovation réside dans la composition de parois : les grumes de bois local ont été sciées en deux et mises en œuvre à la verticale. Accolées l'une à l'autre, elles permettent de contenir la paille en vrac, à

l'intérieur du mur. La face sciée de la grume fait donc office de parement, tandis que le cœur de la grume assure son rôle structural. D'autre part, UP STRAW est le premier bâtiment tertiaire de cette taille en Wallonie à bénéficier d'une préfabrication en 3D : construction en atelier, à l'abri des intempéries. Le fait de poser le bâtiment sur des pieux vissés a permis de s'affranchir du béton pour les fondations et facilite par conséquent la déconstruction. Autres points attractifs à souligner : les délais de réalisation courts de la phase chantier, les coûts minimes de production, la consommation et la transformation des matières premières. 



Maison en Finlande, EcoCocon, Natural Building Company.

© ECOCOCON

## Dynamisme de la filière française

Activ Home, dont le métier réside dans la conception et la fabrication de machines de production d'ossatures bois-isolées en bottes de paille, est l'unique acteur sur ce segment de marché. Sa valeur ajoutée est de permettre à la construction paille de disposer de volumes importants et de tarifs compétitifs par rapport aux solutions manuelles. Un brevet a été déposé fin 2017, il s'agit d'une ossature pour module de construction pour murs, planchers ou plafond, et d'une machine de remplissage de ces modules avec des bottes de paille. La société est sollicitée pour tout type de projets durables : construction de lycée, de maison individuelle, de bureaux d'usine, de restaurant, de maison de santé. Auxquels s'ajoute un large spectre de clients, via les maîtres d'œuvre (charpentiers, majors du BTP, etc.). Activ Home a fait le choix d'une préfabrication locale, et cultive les partenariats industriels partout en France et à l'étranger. Parmi eux, citons Activ Paille dans les Hauts-de-France, Isovoov en Saône-et-Loire, et Manufacture Bois Paille dans le Rhône.

Leader dans la construction paille sur la moitié nord de la France, Activ Paille est la toute première unité de préfabrication de caissons en ossature bois remplis de petits ballots de paille grâce à un procédé automatisé (système breveté Activ Home). Avant de se tourner vers la préfabrication, activité renforcée par l'unité de préfabrication industrielle à Itancourt, l'entreprise qui s'appelait Le Petit Ballot était spécialisée dans la production du fourrage paille et foin. Désormais, Activ Paille travaille avec des collectivités, des architectes, des maîtres d'œuvre, des promoteurs immobiliers, ainsi que des bailleurs sociaux. La société a comme ligne de conduite de miser sur la filière locale et durable en impliquant une douzaine d'agriculteurs dans les Hauts-de-France.

Les bureaux d'études ont aussi un rôle prégnant dans l'essor de la filière de la construction en paille, face à une demande croissante des maîtres d'ouvrages publics et privés vers du bâtiment bas carbone performant.

Du côté de la Vendée, la jeune société Profibres apparaît comme le premier industriel français, spécialiste de l'isolation à base de paille de blé. Elle s'adresse essentiellement aux charpentiers et constructeurs industriels, spécialistes de la construction hors-site. Aujourd'hui, ce sont des groupes scolaires, des immeubles de logements ou de bureaux et aussi des salles polyvalentes ou de sport qui sont isolés par des produits Profibres. Demain, ce sera aussi la réhabilitation de logements grâce aux façades rapportées, extrêmement performantes en isolation thermique extérieure. Les produits proposés sont faciles à poser, 100 % naturels, particulièrement sains, recyclables et renouvelables, grâce à l'absence de liants chimiques. Ils sont conçus pour faciliter la conception des parois à ossature bois ainsi que la mise en œuvre de l'isolant. L'entreprise vient de remporter avec l'équipe constituée par ICEO, promoteur immobilier nantais, le plus important projet de logement bois/paille de France. Il s'agit de la ZAC Erdre Porterie où seront construits 109 logements : conception incluant la fabrication de parois en hors-site. Ce projet démontre non seulement la pertinence écologique, mais aussi technique et économique de telles réalisations, grâce à des budgets maîtrisés : des valeurs cardinales plébiscitées par la maîtrise d'ouvrage privée et publique. ❖

Les bureaux d'études ont aussi un rôle prégnant dans l'essor de la filière de la construction en paille, face à une demande croissante des maîtres d'ouvrages publics et privés vers du bâtiment bas carbone performant. À ce titre, il convient de s'arrêter sur le cabinet d'études Bois Paille Ingénierie qui accompagne les différents acteurs dans la conception des projets, les études structurelles et les plans d'exécution. Il réalise entre autres des prestations d'accompagnement AMO bois-paille et de l'expertise comme sappeur structure bois. La société concentre ses activités sur des projets individuels (neuf ou rénovation) avec des architectes, charpentiers ou autoconstructeurs, et en équipe de maîtrise d'œuvre sur des équipements publics, du logement collectif ou du tertiaire. Bois Paille

Ingénierie a travaillé sur plusieurs projets lauréats de prix bois comme le réfectoire du château de Guédelon avec Christian Nancey.

Les majors du BTP, tels qu'Eiffage et Bouygues se lancent à leur tour dans la construction paille. Eiffage Construction Auvergne, via sa filiale Savare, développe un projet ambitieux d'un lycée clermontois, avec comme objectif notamment de labellisation Énergie (niveau 4) / Carbone (niveau 2) pour cette opération. Une construction en ossature bois et paille pour laquelle les savoir-faire locaux seront privilégiés, avec du bois en provenance du Massif central, et 17 000 bottes de paille de Limagne comme isolant. La structure sera fabriquée sur mesure dans un atelier dédié, puis assemblée à la manière d'un Meccano. ❖❖

Maison en Finlande, EcoCocon, Natural Building Company.





© LCA ARCHITETTI

*The House of Wood, Straw and Cork,*  
par LCA Architetti, Milan (Italie).

---

En conclusion, la construction paille – par définition à faible impact sur l'environnement – devrait pouvoir se massifier dans les temps à venir. Pour y parvenir, il est capital qu'elle se fasse davantage connaître: informer et former les professionnels du bâtiment et les étudiants. Atout de taille : la construction paille est désormais encadrée par des règles professionnelles pilotées par le RFCP et approuvées par l'Agence Qualité Construction (AQC), des normes indispensables pour assurer son développement. ◆

nicolas berger