

Matériaux biosourcés

p. 44

Enquête

La nature fait campagne en ville

p. 48

Paille et châtaignier

A la Ferme du rail, le végétal fait le mur

p. 51

Béton de chanvre

Un habillage sur huit étages

p. 52

Paille

Une résidence étudiante droite dans ses bottes

p. 54

Bois et chaume

Des solutions élémentaires pour une école maternelle

p. 55

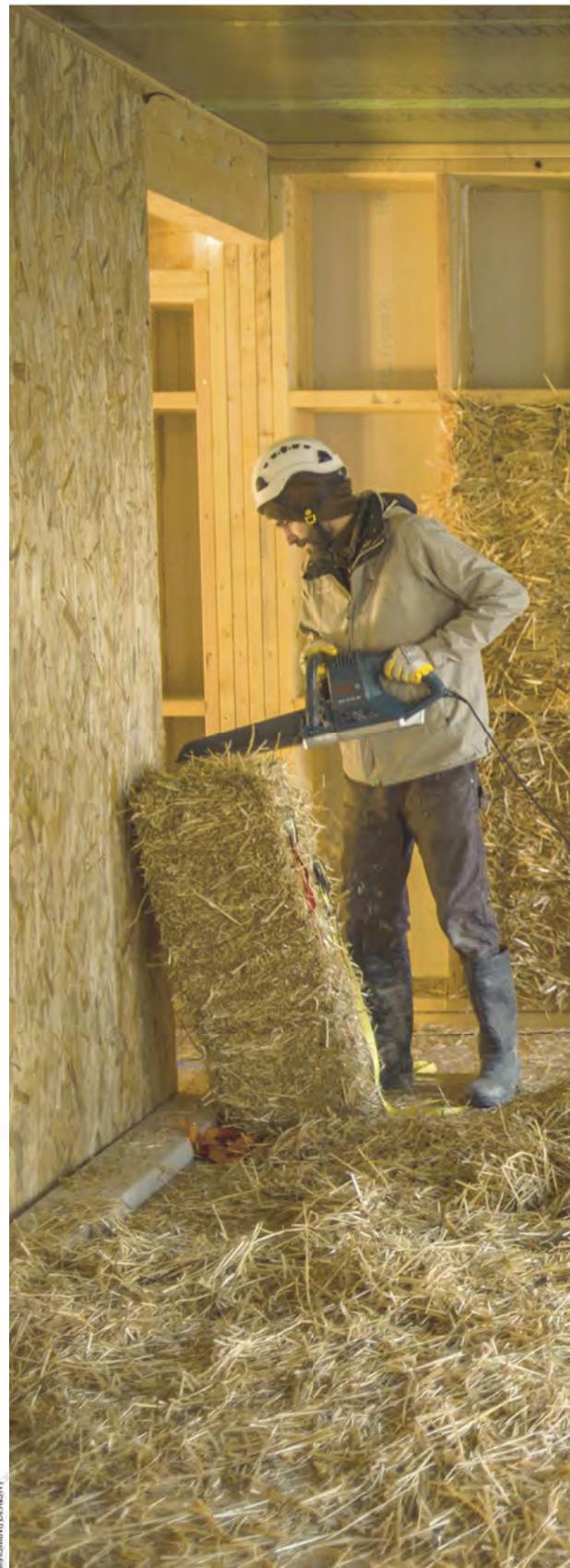
Nouveaux produits

p. 57

Résultats de concours

↳ Lire aussi : « Centre-Val de Loire, sept trophées pour booster la construction biosourcée », p. 23.

Dossier coordonné par Milena Chessa et Jacques-Franck Degioanni, avec Steve Carpentier, Catherine Ernenwein, Clotilde de Gastines, Amélie Luquain, Julie Nicolas et Pascal Rotier.



© PROMÉTIS DÉMÉRY

Sur le chantier de la Ferme du rail à Paris (XIX^e), la paille a été mise en œuvre dans des caissons préfabriqués en bois.



La nature fait campagne en ville

Favorisés par leurs qualités intrinsèques et la structuration de leurs filières, les écomatériaux s'imposent aussi en milieu urbain.

«**L**es matériaux biosourcés sont des matériaux à part entière», se félicite Olivier Joreau, président de l'Association des industriels de la construction biosourcée (AICB). Les fibres végétales issues de plantes à croissance rapide (paille, chanvre, miscanthus, lin, riz), de textile recyclé (coton, ouate de cellulose) ou encore la laine de mouton, se déclinent sous différentes formes (granulats, vrac, bétons, enduits, etc.) et ce, pour divers types d'usage. Si le bois en structure s'est banalisé, l'utilisation de bottes de paille se multiplie. Pour autant, du fait de leur moindre

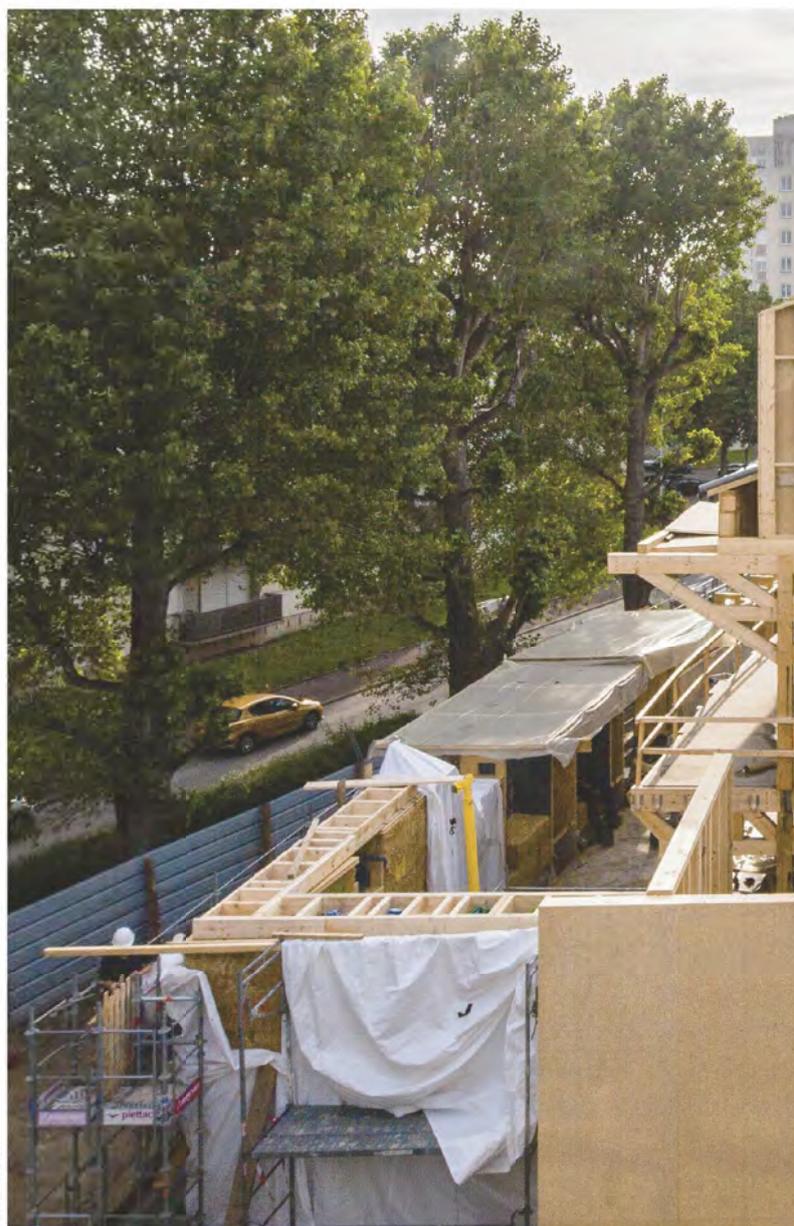
Depuis la fin des années 2000, les demandes d'Atec et d'ATEX se sont multipliées.

résistance structurelle, les autres matériaux sont, le plus souvent, utilisés en isolation et en remplissage de façades poteaux-poutres (bois, béton, acier) ou encore sur la pierre. Depuis la fin des années 2000, les filières se sont structurées. Les règles professionnelles pour la paille et le chanvre ont été rédigées, et les demandes d'avis techniques (Atec) ou d'appréciations techniques d'expérimentation (ATEX) augmentent. Une norme européenne est en préparation pour les panneaux isolants, tandis que les bétons végétaux à base de riz, de miscanthus ou de lin se lancent dans la prénormalisation. Enfin, la Scop Karibati a développé le label «Produit biosourcé» pour lutter contre le «green washing».

En dix ans, la législation a favorisé les biosourcés, que la future réglementation environnementale (RE 2020) confortera en privilégiant le stockage du carbone qu'ils induisent. Plusieurs points préoccupent toutefois les acteurs. «Pour l'instant, l'indicateur de stockage carbone/m² de surface de plancher serait donné à titre indicatif. Une aberration! Un objectif environnemental demande une exigence minimale», soutient Olivier Joreau.

Le président de l'AICB juge nécessaire une notation sur le carbone biogénique, où les capacités de stockage des biosourcés seraient surpondérées. Par ailleurs, les fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FDES) défavorisent ces matériaux au motif que le carbone stocké lors de la construction serait relargué

Dans l'est de Paris, à Rosny-sous-Bois, le centre de loisirs Jacques-Chirac joue sur les classes de résistance des essences (peuplier, châtaignier, sapin) et réutilise les chutes pour les poutres en treillis.



JUAN SEBASTIEN

en fin de vie. « Les filières de déconstruction n'existent pas. Nos bâtiments n'ont pas encore trente ans ! », s'exclame-t-il.

Différentes stratégies. Chaque filière affine sa stratégie. Le bois a conquis la commande privée par ses atouts, mais il ne rime pas toujours avec biosourcé. « Comme le document technique unifié (DTU) des murs à ossature bois n'inclut pas les isolants biosourcés, il faut passer par une coûteuse ATEX », regrette l'architecte Thibault Barrault dont l'agence a dessiné, pour le village olympique des JO 2024, un bâtiment réversible en bois, pierre et chanvre de 7 420 m². De plus, l'incendie de la tour Grenfell à Londres, en 2017, a durci les règles. « Nos projets doivent obtenir l'aval des services départementaux d'incendie et de secours (Sdis), qui ne connaissent pas tous les caractéristiques du bois », déplore Alice Mucchielli, directrice du développement

de l'agence Graam, auteure du projet « pur bois » du futur siège de la Caisse d'épargne à Dijon (Côte-d'Or).

Le chanvre mise aussi sur ses atouts (inertie thermique, gestion de la vapeur d'eau, résistance au feu) et sur l'innovation. Afin de réduire le temps de séchage après la mise en œuvre, la société Akta BVP a ainsi conçu une lance de projection s'inspirant de celle des tunneliers, qui permet de minimiser le volume d'eau et de chaux. L'usine Wall'up produit depuis le début de l'année à Aulnoy (Seine-et-Marne) des panneaux de béton de chanvre maintenus par une résille en bois. « Dès qu'on travaille avec un matériau biosourcé qui n'a pas encore fait ses preuves, il y a des freins techniques », reconnaît toutefois Olivier Legrand de l'agence bordelaise Dumont-Legrand Architectes. A Biganos (Gironde), il prépare un chantier d'un collectif de logements en



« La publication de règles professionnelles a favorisé la multiplication des chantiers »

Entretien avec Dominique Gauzin-Müller, architecte.

M Les architectes emploient-ils davantage de matériaux biosourcés qu'il y a dix ans ?

En France, l'essor est remarquable, surtout pour la paille. La filière s'est fédérée et la publication, en 2012, de règles professionnelles a ouvert son usage aux établissements recevant du public. Aucun pays d'Europe ne compte autant d'écoles, de logements, de bureaux, voire d'usines, isolés en paille. L'enduit chaux-chanvre, autre matériau biosourcé, est de plus en plus apprécié, en particulier en Ile-de-France. Là encore, la publication de règles professionnelles a favorisé la multiplication des chantiers.

M Sont-ils plutôt retenus sur proposition des architectes ou à la demande de maîtres d'ouvrage « courageux » ?

Le choix provient souvent de l'architecte, parfois de l'AMO, d'un bureau d'études, voire d'un élu soucieux d'écologie. Je trouve révélatrice l'attitude d'Aimé Navello,



PIERRE-YVES BRUNAUD

maire de Mazan (Vaucluse), dont l'espace multiculturel en bois et paille locaux est un des lauréats du Fibra Award 2019. Cet élu a été sensible aux propositions des services de la mairie et de la communauté d'agglomération (AMO) lorsqu'ils ont suggéré du bois et des matériaux locaux. C'est le BET structure qui a préconisé une isolation en paille dans des caissons. Il y avait un tel enthousiasme autour de ce projet, réalisé dans le budget d'un bâtiment classique, « qu'il n'a pas eu le sentiment

de prendre des risques ». La plupart des finalistes du Fibra Award sont dans une même démarche.

M Quelles sont les attentes en termes d'essais, de normes ou de financements pour banaliser l'emploi de ces matériaux ?

D'abord, la prise en compte de techniques séculaires éprouvées, même lorsqu'elles ne font pas l'objet de DTU. Plusieurs demandes concernent les ATEx, coûteuses et longues à obtenir. Il faudrait encourager les « avis de chantier » et simplifier leur transfert pour dupliquer des mises en œuvre expérimentales sans avoir à financer une ATEx à chaque fois. Un groupement de maîtres d'ouvrage pourrait aussi cofinancer des ATEx et autres procédures libératoires.

Autre piste, la création d'une base de données accessible, avec une large communication sur les expérimentations validées. Une autre attente concerne les contrôleurs techniques. Certains sont ouverts à l'innovation, mais la frilosité de beaucoup d'entre eux freine le développement des écomatériaux. Avec plus de pouvoir et d'autonomie, les contrôleurs techniques (qui travaillent au cas par cas) devraient pouvoir également valider un procédé hors-DTU. ● Propos recueillis par C. de G.

terre « allégée » (chanvre, 90 % ; argile, 10 %). « On avance à petits pas. Le développement d'une nouvelle technique nécessitera une génération d'architectes. »

« Sylviculture française ». La construction en paille, elle, s'inscrit au présent sur le sol français : 500 nouveaux bâtiments par an, 5 000 en tout. Les règles professionnelles facilitent la mise en œuvre de bottes qui s'empilent et peuvent même être porteuses. A Rosny-sous-Bois (Seine-Saint-Denis), la Ville se montre impliquée, tant en maître d'ouvrage qu'en maître d'œuvre, sur plusieurs opérations en bois et paille. Le centre de loisirs Jacques-Chirac, inauguré début mars, est en paille porteuse sur 1 000 m², en R+2, avec une couverture bois. « Nous sommes des jusqu'au-boutistes, affirme Emmanuel Pezres, architecte en chef de la Ville. Nous utilisons avec parcimonie du bois issu de la sylviculture douce française, et notre paille provient d'une exploitation biologique d'Eure-et-Loir. Même pour les liens de bottelage, nous avons trouvé une alternative au polypropylène. » L'exemple illustre - parmi d'autres à découvrir dans ce dossier - un désir croissant en Ile-de-France de bâtir la ville avec les matériaux des champs. ● Clotilde de Gastines



JEAN-LUC GERODI / AKTA

Un opérateur prépare le mélange chaux-chanvre projeté en épaisseur de 50 cm pour l'isolation de la Maison de la pêche et de la chasse de Montpellier. Cela représente un volume de 87 m³. →

Paille et châtaignier A la Ferme du rail, le végétal fait le mur

« Dès le départ, nous avions l'intention de marquer le lien entre la ville et la campagne », affirme Julia Turpin, architecte de la coopérative Grand Huit, en charge de la conception de la Ferme du rail, l'un des lauréats de l'appel à projets « Réinventer Paris » en 2016. Le lieu tire son nom de son emplacement, à l'arrière des anciennes voies ferrées de la Petite Ceinture dans le XIX^e arrondissement, et de sa programmation, une vaste exploitation agricole urbaine répartie sur 1 300 m².

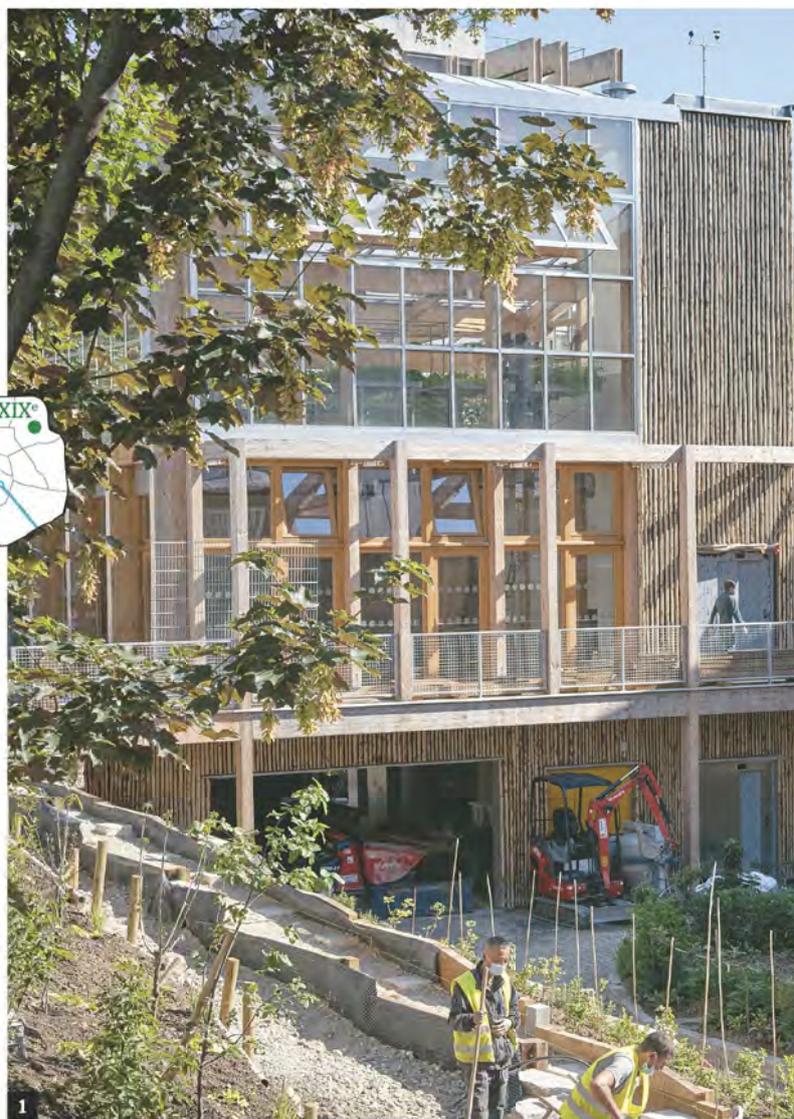
Plantations en pleine terre, potager en sac et semis sous serre en toiture sont cultivés par une population défavorisée via l'association locale de réinsertion Travail et Vie. Ces travailleurs habitent sur place, dans un centre d'hébergement de 20 logements répartis sur quatre niveaux. Le second bâtiment, un restaurant de 137 m², met au menu les produits de la ferme. Les deux édifices ont été inaugurés en décembre 2019.

Ossature bois. Un an plus tôt, avant même d'être terrassé, « le terrain a été dépollué, puis amendé avec le compost des restaurants avoisinants », raconte Julia Turpin. De quoi créer les futurs espaces plantés de la ferme. Pour ce chantier difficile d'accès, le choix s'est porté sur une superstructure préfabriquée en filière sèche. Sur une ossature bois, une isolation en paille a été rapportée. « Lorsque le bureau d'études thermiques nous a proposé un comparatif des isolants, le choix de ce matériau biosourcé s'est imposé naturellement, indique l'architecte. En plus de ses vertus

thermiques, il correspondait à notre envie de réutiliser les déchets de l'agriculture pour bâtir en milieu urbain. »

Du côté de la résidence sociale, « les éléments de structure en bois préfabriqués en atelier ont été posés sur site dès l'hiver 2018, à raison d'un étage par semaine », explique Marc Serieis, gérant du bureau d'études Albert & Compagnie en charge de la coordination du chantier. Les parois extérieures sont constituées de panneaux en mélèze, d'environ 12 m x 3 m, compartimentés selon les dimensions des bottes de paille, soit 104 cm de long, 47 cm de large et 36 cm d'épaisseur.

Des bottes bien protégées. Fournie par un agriculteur de Rambouillet (Yvelines), la paille a été compactée par botteuse afin de respecter une stabilité dimensionnelle, avec un taux de compression de 80 kg/m³ sur base sèche et une humidité comprise entre 15 et 20 %. Les bottes ont ensuite été enfoncées à la masse afin que l'isolant ne se dilate pas et qu'il épouse parfaitement les pourtours de chaque compartiment de bois. Dans ces conditions, elles affichent toutes une résistance thermique (R) de 7,1 m². K/W. « L'opération s'est déroulée sur le chantier durant un mois, de fin décembre 2018 à fin janvier 2019. L'entreprise de réinsertion Apij Bat a réalisé la mise en œuvre depuis l'intérieur,



pour éviter tout risque d'exposition à l'eau », précise Marc Serieis. En effet, si son taux d'humidité dépasse les 50 %, la paille pourrira et perdra ses performances isolantes.

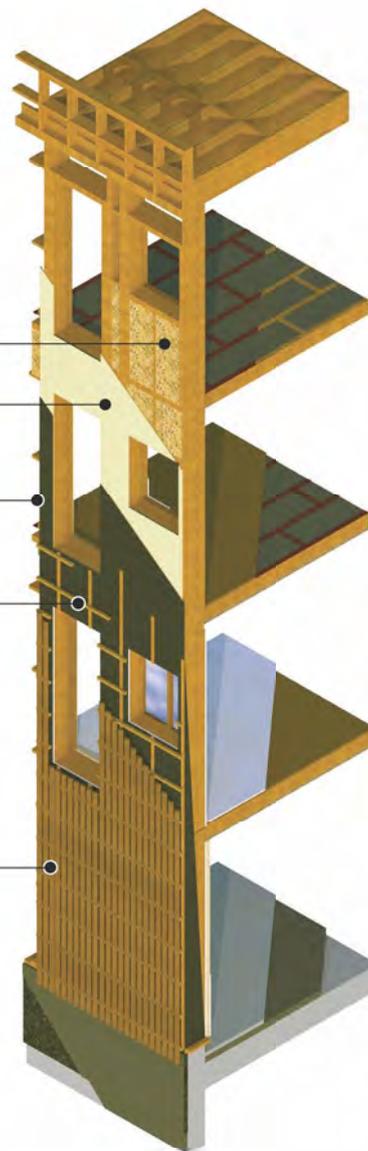
Pour résister à l'humidité comme au feu et conserver sa stabilité, elle devait donc être parfaitement protégée. D'où la présence d'une seconde peau qui la recouvre par l'intérieur. Cette dernière se compose d'un isolant en coton recyclé de 50 mm d'épaisseur, revêtu de deux plaques de 15 mm de gypse et de cellulose.

Côté extérieur, l'étanchéité à l'eau est assurée par un pare-pluie, sur lequel est posée une vêtue en demi-rondins de châtaignier. Le bois est fourni par la scierie Chataing Bois, établie en Ile-et-Vilaine et spécialisée dans cette essence. « Lesieur l'a lui-même choisi dans la forêt. Il l'a ensuite coupé et fendu en deux pour produire l'équivalent de 9 km de demi-rondins, qui revêtent aujourd'hui la façade », explique Julia Turpin. Traditionnellement utilisé pour les clôtures des agriculteurs, le châtaignier n'a reçu aucun traitement. ● Amélie Luquain



Principes constructifs

- Paille
- Plaques de gypse et de cellulose
- Pare-pluie
- Double tasseautage
- Vêtire en demi-rondins de châtaignier



3

GRAND HUIT



2

PHOTO: MATHIEU RIEU

- 1 - Un restaurant doté d'une serre en toiture fait face à un centre d'hébergement de 20 logements répartis sur quatre niveaux.
- 2 - Les deux bâtiments sont revêtus de demi-rondins de châtaignier provenant d'Ille-et-Vilaine.
- 3 - Derrière le bardage se dissimulent une ossature en bois et une isolation en paille, dont les bottes ont été fournies par un agriculteur des Yvelines.

➔ **Maîtrise d'ouvrage:** Rehabail. **Maîtrise d'œuvre:** coopérative Grand Huit (architectes), Albert & Compagnie (AMO/OPC), Scoping (BET TCE), Pouget Consultants (BET thermique), Toerana Habitat (BET matériaux biosourcés), Gamba (BET acoustique). AMO agroécologie : Ferme de Jade. **Contrôleur technique:** BTP Consultants. **Entreprises principales:** Vaninetti (ossature bois), Apij Bat (paille), Chataing Bois (vêtire). **Surface:** 630 m² SP. **Coût:** 2,5 M€HT.



Paille

Une résidence étudiante droite dans ses bottes

Du foin, dans la capitale, la Porte de Versailles y est habituée, Salon de l'agriculture oblige. Sur les murs d'un immeuble, beaucoup moins. Pourtant, c'est bien de la paille, comme matériau de construction alternatif, qui est utilisée ici pour la reconversion d'un immeuble tertiaire dans le XV^e arrondissement. A deux pas de l'Aquaboulevard, le bâtiment de quelque 4 000 m² fait l'objet d'une réhabilitation lourde.

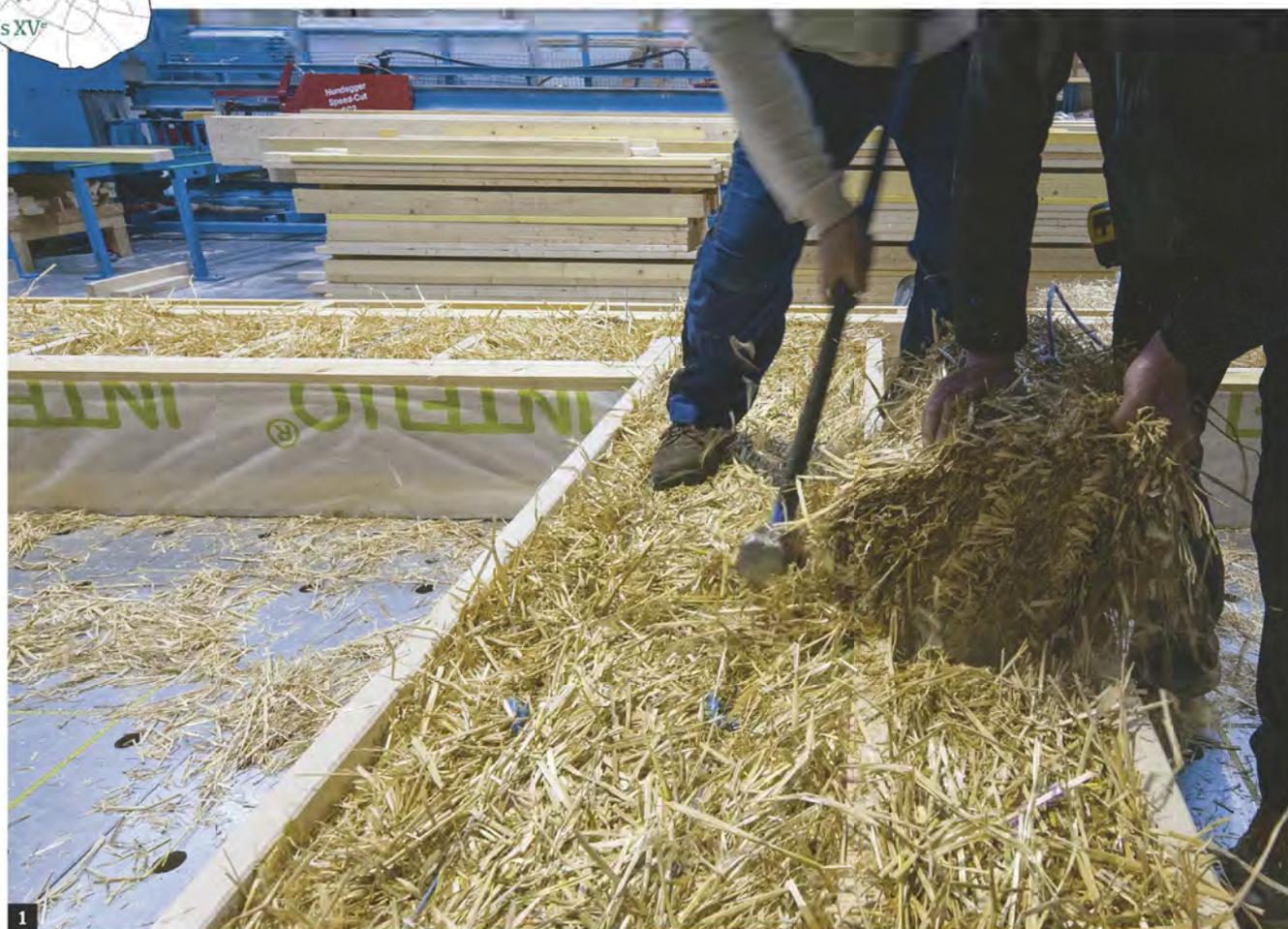
Le projet, emmené par NZI Architectes pour le bailleur Paris Habitat, consiste à démolir une trame et demie en partie centrale de l'immeuble d'origine, afin d'y créer deux blocs autonomes. Objectif : amener la lumière naturelle dans les 139 chambres de la future résidence étudiante, livrée en octobre prochain, en créant une cour intérieure. Cette intervention sera complétée par une surélévation d'un étage, via une solution classique avec poteaux-poutres métalliques.



Autrement plus innovant pour ce désormais R+3, la pose d'une enveloppe constituée de caissons en ossature bois incluant une isolation faite de bottes de paille compressées. Un sous-produit céréalier issu d'un champ du Val-de-Marne, conditionné par l'entreprise Meha, un charpentier situé à Valenton, dans le même département.

Les bottes de paille rectangulaires (36 cm d'épaisseur), tout juste sorties de la moissonneuse-batteuse, ne subissent aucun traitement et sont disposées dans leur gabarit originel à l'intérieur de panneaux bois de 6 m de long sur 3 m de hauteur. Empilées, frappées au maillet pour les compresser et éviter tout tassement ultérieur, les bottes sont encloses dans le caisson d'une épaisseur de 50 cm. Celui-ci est ensuite refermé à l'extérieur par un panneau OSB sur lequel est collé un pare-pluie. Face interne, un pare-vapeur est mis en œuvre sur un second panneau OSB.

« **Solution de remplissage** ». Une fois refermés, les modules préfabriqués sont amenés sur site et mis en œuvre par grue mobile. Des cornières métalliques viennent les assujettir sur les planchers en haut et en nez de dalle. Le débord du caisson vers l'extérieur est renforcé par des lisses en bois. « Il s'agit d'une solution de remplissage et non de mur porteur, complète Sandra de Giorgio, architecte de l'agence NZI. Les éléments sont disposés à cheval sur les dalles de façon à prendre environ 25 cm à



JUAN SEPULVEDA

l'intérieur de l'ouvrage et 25 cm à l'extérieur. En s'appuyant ainsi sur le bâtiment existant, on assure une bonne répartition de l'épaisseur du caisson.»

Pour Sandra de Giorgio, «utiliser de la paille telle quelle élimine toute transformation et limite l'utilisation d'énergie complémentaire pour fabriquer l'isolant». Et d'ajouter : «Ainsi "agriculturalisée" en atelier, la paille trouve toute sa pertinence dans le logement en raison de sa simplicité de traitement et de son coût attractif en regard d'autres matériaux biosourcés.»

Si Paris Habitat avait, dans son appel d'offres, préconisé une isolation biosourcée, il a fallu néanmoins convaincre de l'intérêt technique, écologique mais aussi économique du chaume face à des isolants plus conventionnels de type laines minérales. «Un mur en béton coûte 100 euros/m², contre 150 euros pour un mur en paille, poursuit Sandra de Giorgio. Ce prix peut grimper à 200 euros/m² pour un mur en chanvre. La solution choisie est donc un bon compromis, d'autant que la paille, une fois compressée, a une stabilité au feu identique à celle du bois.»

Envisagée un temps, une ATEx a été abandonnée au profit d'un simple avis de chantier du bureau de contrôle. La réglementation limite à 8 m de hauteur la pose de caissons en paille : le dernier plancher à 9,30 m aura eu raison du caractère 100 % innovant souhaité pour cette enveloppe biosourcée. ● Steve Carpentier

➔ **Maitrise d'ouvrage:** Paris Habitat. **Maitrise d'œuvre:** NZI Architectes. **BET:** EVP (façades), Switch (ingénierie thermique façades), WOR (fluides, économie). **Entreprise générale:** Bouygues Bâtiment Habitat social, Meha (façades). **Coût des travaux:** 8,2 M€ HT (800 000 euros pour les façades murs à ossature bois).



1 - La paille est compressée dans des caissons à ossature bois à l'aide d'un maillet. La préfabrication en atelier permet de favoriser les filières sèches.

2 - Les caissons sont habillés d'un bardage en bois de mélèze mis en œuvre par-dessus le pare-pluie.

3 - Les ballots de paille sont livrés directement chez le charpentier sans subir de traitement. Avant la mise en caisson, un échantillon de chaque cargaison est testé afin d'en vérifier le taux d'humidité. →

Bois et chaume

Des solutions élémentaires pour une école maternelle

« En Ile-de-France, un architecte rencontre plus de difficultés à préconiser des matériaux biosourcés sans un maître d'ouvrage ayant des affinités pour ce type de construction », constate Axelle Acchiardo, fondatrice avec Linda Gilardone de l'agence LA Architectures. C'est pourquoi les six classes de maternelle inaugurées en septembre dernier au 96, rue Jeanne-d'Arc à Paris (XIII^e) constituent un cas d'école.

Cet établissement scolaire de 1753 m² fait partie de l'opération d'aménagement conduite par la Semapa sur le boulevard Vincent-Auriol, qui comprend aussi trois immeubles de logements pour Paris Habitat, en voie d'achèvement. « Afin d'obtenir le label bâtiment biosourcé, nous avons exigé l'emploi de tels matériaux sur l'ensemble de l'îlot, indique Sabrina Zhu, ingénieure chargée d'opérations à la Semapa. Mais, en cours de projet, nous l'avons abandonné au profit du label BBCA, associé au E+C-, encore plus vertueux sur le plan du bilan carbone. »

L'agence LA Architectures et l'Atelier Desmichelle ont été retenus en 2015 pour réaliser l'école. « Ils étaient les seuls à combiner une structure en bois et une isolation en paille », remarque Sabrina Zhu. Pour l'architecte Corentin Desmichelle, qui a coécrit

« La paille est la locomotive qui entraîne l'utilisation du bois. »

Corentin Desmichelle,
architecte.

en 2012 des « Règles professionnelles de construction en paille » (Editions du Moniteur), « la paille est la locomotive qui entraîne l'utilisation du bois, et non l'inverse ». Et de préciser : « Cette matière première première provient généralement de la région où l'entreprise de charpente a son atelier de préfabrication de caissons. » Le Périgord, dans le cas présent. « L'idéal aurait été de se fournir en Ile-de-France, reconnaît Sabrina Zhu, mais la filière locale n'était pas assez développée. » De plus, la Semapa étant une société publique soumise aux appels d'offres européens, elle ne peut pas attribuer de marché sur un critère géographique.

Confort thermique. La structure de l'école est principalement constituée de bois : massif pour les façades, lamellé-collé pour les poteaux et les poutres, lamellé-croisé (CLT) pour les planchers. Les menuiseries extérieures sont en pin, et le bardage en mélèze prégrisé. Le bois se retrouve également dans l'aménagement intérieur, où il dialogue avec les murs en briques artisanales fabriquées à 100 % en argile par l'entreprise Dewulf dans l'Oise.

« Les matériaux biosourcés apportent aux espaces une qualité sensorielle », estime Axelle Acchiardo. Ils participent aussi activement au confort thermique. L'architecte se rappelle d'une visite avec le maire de l'arrondissement et les familles lors d'une journée caniculaire de juin 2019. « Il était 14 h, et la température extérieure devait avoisiner les 37 °C, se souvient-elle. Tout le monde a été impressionné par la fraîcheur qui régnait dans le bâtiment. L'école a réussi son examen ce jour-là ! » ● Milena Chessa



1 - L'école maternelle dispose d'une ossature et d'une vêtue en bois. La paille lui sert d'isolant.

2 - Le bois est aussi largement utilisé en intérieur (cloisons, faux plafonds, mobilier) pour le confort visuel des usagers.

➔ **Maîtrise d'ouvrage :** Semapa. **Maîtrise d'œuvre :**

LA Architectures (architecte mandataire), Atelier Desmichelle (architecte cotraitant), Volga (paysagiste). **BET :** Gaujard Technologie (structure bois), Mecobat (structure béton et VRD), AI Environnement (fluides et HQE), E² Ecillard (économiste), CDB Acoustique (acoustique), Quassi (CSSD). **Entreprises :** Urbaine de Travaux (entreprise générale mandataire), Charpente Bois Goubie (cotraitante). **Surface de plancher :** 1 753 m². **Coût de construction :** 5,9 millions d'euros HT.