

CONTHEY : NOUVELLE CONSTRUCTION EN PAILLE ET BOIS

Texte et photos : Nathalie Bocherens, FRECEM

Le Maître charpentier Christian Voeffray participe actuellement à l'édification d'une villa de trois appartements en paille et bois à Conthey (VS). Cette dernière se base sur le système de construction EcoCocon, présent en Suisse depuis 2015. Rencontre avec les principaux acteurs du projet.

Les matériaux biosourcés, tels que la paille, le chanvre, le lin, la laine - et bien entendu le bois - connaissent actuellement un nouvel engouement. Pourtant, ils ne sont encore que peu utilisés sur le terrain. Dans le cadre de cet article, nous nous sommes intéressés à la construction paille/bois du système EcoCocon, utilisé actuellement à Conthey pour un nouveau bâtiment d'habitation de deux étages. Christian Voeffray, Maître charpentier à Vérossaz, s'est associé à ce projet pour réaliser la partie bois, en collaboration avec Roberto Camarasa, Ingénieur Physique Bâtiment et Biologiste de l'habitat (Baubio-Swiss), Pierre Dorthe, Architecte et Ingénieur ETS, ainsi que Paul Lochmann, Maître d'ouvrage et Propriétaire.

La technique constructive

Les méthodes modernes de construction en paille datent du début du siècle dernier. Les premières maisons ont été construites en Europe (1921) et aux Etats-Unis (1925). Plusieurs techniques existent, de la paille porteuse en bottes calpinées sans mortier (Nebraska), à l'ossature bois légère remplie avec des bottes (GREB ou CST).

Le système EcoCocon a été inspiré du système GREB, mais a permis de l'améliorer pour résoudre ses problèmes techniques, tels que la compacité des bottes, l'absence d'air entre les ossatures, l'utilisation des panneaux ou structures supplémentaires de contreventement... sans parler de la difficulté pour le remplissage des ossatures, car le risque de feu était très élevé pour de la paille non-compactée.

EcoCocon existe depuis 2008. Il propose une bonne alternative à la construction en botte de paille, en offrant un produit fini prêt à l'emploi, dont la qualité est maîtrisée et homogène. Il s'agit de panneaux bois/paille compressée porteurs, réalisés sur mesure dans différentes géométries (simples murs, contreventements, renforcés en colonnes ou linteaux). Plus de 200 bâtiments ont déjà été construits dans 21 pays différents. En Suisse une vingtaine de projets ont été réalisés : des maisons individuelles autarciques, des projets publics où l'utilisation de matériaux biosourcés était obligatoire, ainsi que des coopératives d'habitation pour plusieurs appartements à Genève. Cette année, plus de 10 projets sont prévus en Romandie.

↓ Présentation du chantier à Conthey

Les principaux avantages des panneaux en paille

- Durable (98% de matériaux naturels renouvelables)
- Qualité constante et certifiée
- Précision, avec une tolérance maximale de 2 millimètres sur 3 mètres de mur
- Assemblage rapide, sans aucun procédé humide et sans déchets
- Qualité de l'air intérieur
- Projet sur mesure pour s'adapter à tout type de programme de bâtiment et d'architecture
- Système perspirant - il permet à l'excès d'humidité de s'évacuer - sans ponts thermiques et étanche à l'air, il ne laisse aucun espace pour les courants d'air ou les moisissures
- Grande efficacité énergétique



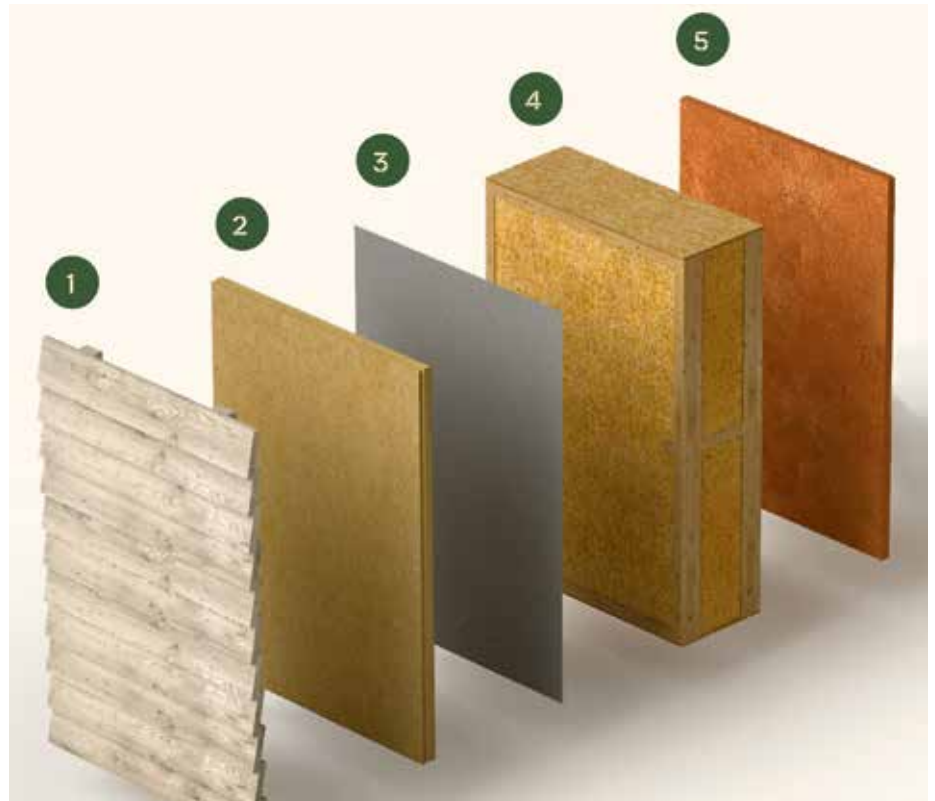
Composition d'un panneau EcoCocon

Pour la structure bois, un poteau dans chaque angle soutient le panneau, avec une colonne centrale non-porteuse si le panneau est plus large que 80 cm. Un renforcement est placé horizontalement tous les 100 cm, contre le flambage des poteaux. Il y a donc un double cadre porteur pour chaque panneau. Les panneaux sont munis de chevilles pour les maintenir alignés lors de l'assemblage. Les panneaux sont assemblés avec des vis à bois à pointe auto-perforante (serrage des éléments, fixation au sol).

A l'extérieur, derrière la façade (1), on dispose une couche d'isolant à base de fibres de bois (2) et une membrane d'étanchéité à l'air mais ouverte à la diffusion de vapeur d'eau (3) de type Sd < 0,2m, qui empêche la perte de chaleur tout en assurant le transfert d'humidité dans la paroi.

Au centre du panneau, on retrouve l'isolation en paille réalisée par pressage multidirectionnel (4), entourée par une double structure porteuse en bois certifié FSC.

A l'intérieur, la surface du panneau est idéale pour placer un revêtement en terre crue (5), mais reste compatible avec une grande variété de méthodes de finitions standards.



↑ Les différents composants d'un mur EcoCocon

Le système EcoCocon

Afin de mieux comprendre le système EcoCocon et les spécificités de ses panneaux, nous avons interviewé Roberto Camarasa, Ingénieur Physique Bâtiment et Biologiste de l'habitat (Baubio-Swiss), par le biais de son bureau, SHIFT Architecture | Energie Sàrl, il est importateur exclusif du système pour la Suisse.

M. Camarasa, comment vous êtes-vous associé au concept EcoCocon ?

R. C. : En 2015, j'ai été le porteur de la démarche d'introduction du produit en Suisse, après quelques années d'expériences en construction avec cette technique. Avec mon associé architecte Pascal Oulevay, nous avons créé une entreprise spécialisée dans la planification et l'accompagnement technique, en ayant EcoCocon comme produit-phare. Notre bureau est aujourd'hui le partenaire exclusif en Suisse pour la distribution et planification technique du système EcoCocon.

Pourquoi avoir choisi d'implanter ce système en Suisse ?

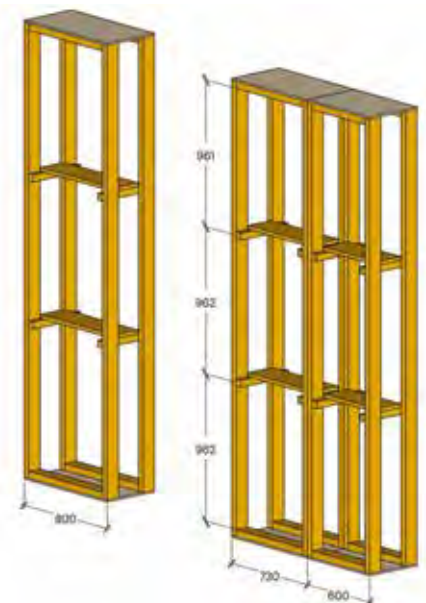
R. C. : Avec quelques années de décalage sur l'évolution de la construction biosourcée en Suisse, nous avons vu l'utilité de proposer

un produit précis et de qualité. Jusqu'à la création du système EcoCocon, la Suisse n'était pas très intéressée par ce système, car la paille était un produit difficile à travailler et très lent. Il était intéressant uniquement pour des constructions privées ou des chantiers participatifs. Aujourd'hui, EcoCocon est devenu un système phare de construction en paille, non seulement en Suisse mais aussi dans d'autres pays d'Europe.

Qu'est-ce qui fait la force de ce système ?

R. C. : La clé de la réussite du produit ce n'est pas seulement l'utilisation de 98% de matériaux biosourcés et sans aucune transformation, mais surtout le développement de tous les détails techniques, pour offrir une versatilité et une flexibilité exceptionnelles. Le concept de travail en petites sections de bois FSC permet de s'adapter à tout type de projet, avec une optimisation exceptionnelle de la quantité de bois (près de 90% paille et 10% bois).

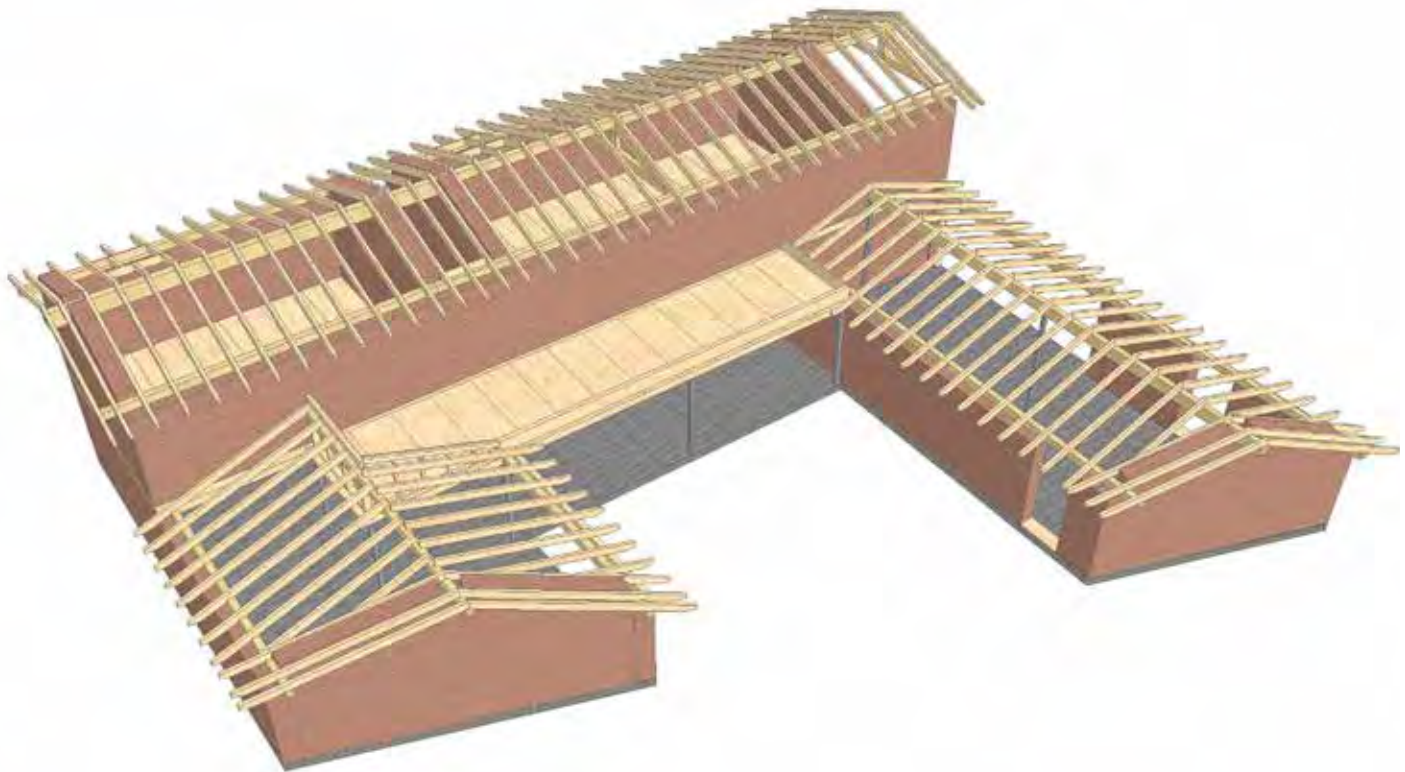
Ce rapport nous donne un bilan carbone difficilement égalable par n'importe quel autre système constructif. Pour donner quelques chiffres, nous sommes jusqu'à quatre fois

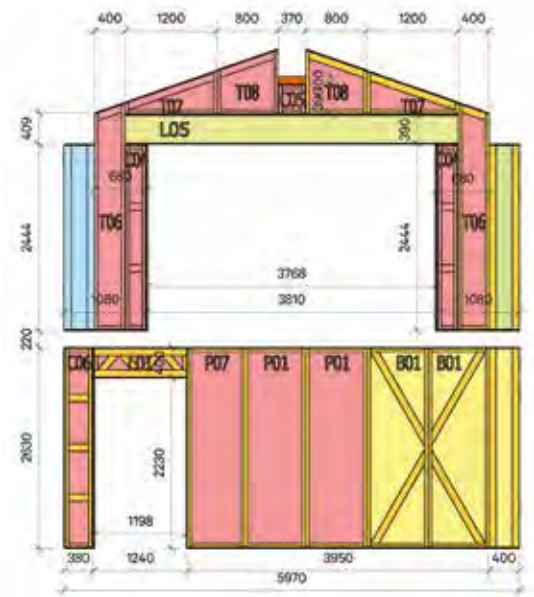
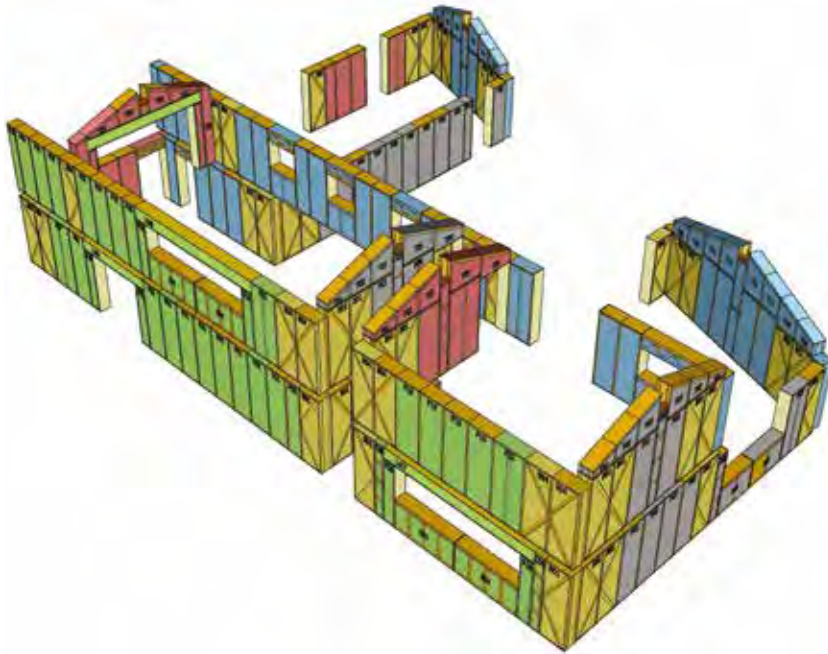


↑ Structure bois d'un panneau avant remplissage de paille



- ↑ Rez-de-chaussée du bâtiment
- Vue de l'étage supérieur
- ↓ Plan 3D de la villa avec sa charpente





↑ Plan de la villa pour le montage avec les différents éléments numérotés et en couleur

moins polluant qu'une construction béton et presque la moitié qu'une construction en lamellé-collé. Avec la précision et rapidité d'un système modulaire, nous arrivons à être concurrentiels par rapport aux autres systèmes constructifs.

Quelles sont les grandes étapes de création d'un panneau à l'usine ?

R. C. : Le processus de récolte de la paille est suivi d'un contrôle de qualité exhaustif où nous sélectionnons la paille et enlevons les mauvaises herbes. Puis, la paille subit un contrôle d'humidité, pour éviter la fabrication de modules avec de la paille qui ne serait pas assez sèche. Nous utilisons un système de fabrication avec des machines et presses développées exclusivement à cet effet. Le produit garantit une densité homogène et c'est grâce cela ça que nous avons obtenu toutes les certifications.

Quel type de céréales est utilisé ?

R. C. : Nous utilisons de la paille de blé. Il n'y a pas besoin de traiter la paille contre les rongeurs ou insectes, car contrairement au foin qui peut être attractif dans sa composition organique, la paille ne contient que de la cellulose et n'est pas une source de nutriments. Les rongeurs aiment creuser des galeries et recherchent des cavités.

En cela la paille compressée n'est pas un environnement favorable.

Il n'y a pas non plus besoin de traiter la paille anti-feu. Celle-ci est très riche en silice qui est un retardant naturel. Lors d'un feu, cela crée une couche carbonisée isolante qui protège les couches plus profondes des matériaux prolongeant l'intégrité de la structure. Couplés à un enduit en terre crue, nos panneaux ont été testés et certifiés pour résister à un feu nourri, conformément à la certification REI 120 et RElef 120 et répondent aux normes de sécurité incendie les plus strictes.

Concernant le type de céréale, il est possible d'en utiliser d'autres, comme le riz par exemple. Cependant, le blé semble être l'option la plus appropriée dans les conditions européennes. Elle serait considérée comme un déchet si on ne l'utilisait pas. Cela permet donc de stocker localement du CO₂.

Est-ce que le produit est disponible toute l'année ou seulement après les moissons ?

R. C. : Nous avons une planification annuelle sur la base de la production du blé et selon notre nombre de commandes de l'année antérieure. En cas de besoin, nous avons toujours des stocks de matière première. Notre usine tourne 100% avec de l'énergie

renouvelable, les besoins énergétiques de fabrication annuelle se limitent à l'équivalent des besoins d'une maison familiale.

Quelle est la durée de vie des maisons avec des panneaux en paille ?

R. C. : L'intégrité structurelle du bâtiment est garantie pendant 50 ans, ce qui est le cycle de vie typique d'un bâtiment, l'isolation en paille est garantie pendant 25 ans. Cependant, si toutes les instructions de montage sont respectées et que les murs sont bien protégés de l'eau, les bâtiments peuvent durer plusieurs générations.

Existe-t-il un risque de tassements avec les années ?

R. C. : La paille, pour autant qu'elle ne soit pas insufflée, comme la cellulose ou un autre isolant, ne peut pas subir de tassement car les panneaux sont déjà compressés à 110 kg/m² de pression, pour obtenir des valeurs d'isolation thermique optimales.

Le point de vue du charpentier

Nous avons également recueilli les informations de Christian Voeffray, Maître charpentier et Patron de l'entreprise Christian Voeffray Charpente SA, afin de comprendre son rôle et son expertise dans le projet de construction de Conthey.



↑ M. Paul Lochmann, Maître d'ouvrage, qui réalise lui-même une partie des travaux

↓ Un engin de levage suffit pour déplacer les éléments

↓ Montage d'un élément mural à l'aide du Manitou



↓ Le radier est particulièrement bien protégé pour accueillir les éléments



↑ Les éléments sont assemblés à l'aide de chevilles...

↓ ... et de vis à bois de 8x100 mm à pointe auto-perforante



↓ Vue du chantier, les éléments sont assemblés en un jour par beau temps



M. Christian Voeffray, comment en êtes-vous venu à participer à ce projet ?

Ch. V.: Je connaissais déjà Pierre Dorthe et j'avais travaillé avec lui par le passé. Nous nous sommes contactés dans le cadre du présent projet, puis nous avons pris rendez-vous avec les responsables d'EcoCocon. La suite du projet s'est enchaînée comme pour n'importe quel chantier normal. Mon entreprise ne dispose pas de chaîne de production et cherche à se démarquer de ses concurrents en proposant des alternatives innovantes. Dans ce sens, pouvoir participer au développement de ce nouveau type de construction est un plus. Pour certains clients, le système EcoCocon peut paraître cher, mais en comparaison du coefficient thermique et des économies qui peuvent être réalisées, le prix est correct (environ 150.- CHF le m² pour la fourniture des murs). Le fait d'avoir un matériau écologique, durable et perspirant est aussi très positif.



↑ MM. Roberto Camarasa, Pierre Dorthe et Christian Voeffray en visite sur le chantier

Pouvez-vous nous donner quelques détails sur le projet de Conthey ?

Ch. V.: Le bâtiment fait deux étages, soit 1'450 m³, répartis en trois appartements distincts. Il est assez simple structurellement. Notre entreprise s'est occupée du montage des éléments EcoCocon sur les deux étages. Nous avons aussi fourni et fabriqué la charpente et les dalles bois ainsi que l'escalier desservant l'étage. L'ensemble repose sur un radier béton bien isolé. Les murs du garage et la cage d'escalier intérieure sont certifiés REI30. Le cycle de vie du bâtiment dans son entier a été pris en compte et tout pourra être recyclé, à l'exception du radier. Une revalorisation des matériaux après déconstruction sera aussi possible.

Comment s'est effectuée la réalisation des plans ?

Ch. V.: Nous n'avons pas eu besoin de redessiner tous les plans de façade, car les informations d'EcoCocon étaient précises et leur documentation fournie. Nous avons réalisé les plans en collaboration, mais cela faisait beaucoup de protagonistes et il a fallu des adaptations pour les simplifier. Les calculs des masses pour la descente des charges puis le calpinage ont été assez long, avec plusieurs corrections. Pierre Dorthe a établi les plans d'exécution échelle 1:50 et "monté" le projet en 3D. Il était important de conserver une bonne géométrie, d'avoir des biais où cela était nécessaire, tout comme de définir précisément l'emplacement des sablières, pignons et entailles ainsi que les détails d'appui sur la dalle et les fenêtres.

Est-ce qu'il y avait des spécificités en lien avec l'utilisation des panneaux de paille dont il a fallu tenir compte dans les plans de la charpente ?

Ch. V.: Non, les plans ne changeaient pas fondamentalement d'un projet de construction bois classique. Par contre, le propriétaire va réaliser une grande partie des travaux seul, donc nous avons soigné les petits détails et fait plus de plans que d'habitude. Il fallait aussi prévoir toutes les étapes bien en amont et être très précis, car qu'il n'était pas possible de réadapter les éléments après coup (les panneaux en paille ont des formats fixes). Cela a nécessité une bonne anticipation, mais cela s'est avéré très positif.

Quelle est la taille maximum d'un élément en paille ?

Ch. V.: Pour un panneau standard, 80 cm de largeur, 300 cm de hauteur, 40 cm d'épaisseur (même épaisseur pour tous les éléments). Il faut aussi savoir que les biais en plan ne sont pas possibles, il faut prévoir uniquement des éléments rectangulaires. Les arrondis sont faisables, mais doivent se composer de tout petits éléments Et les vides seront comblés au montage. Par contre, les pignons sont livrés d'usine.

Les éléments en paille sont particulièrement sensibles au taux d'humidité. Comment s'est effectué l'isolation pour éviter la condensation ?

Ch. V.: Tous les éléments ont été directement testés à l'usine, soit le taux d'humidité de la paille comme des éléments bois qui composent

les caissons. Sur le radier, il y a une bande de bitume, une semelle de réglage et des panneaux Sololit fournis par EcoCocon, qui permettent une bonne isolation. Celle-ci est très importante pour éviter les problèmes d'humidité par capillarité. Mais ce qui est le plus important, c'est de protéger de l'humidité les caissons en paille dès le déchargement du camion et pendant tout le processus de montage. Une membrane Tyvek est appliquée sur la face extérieure comme coupe-vent et pare-pluie avec emballage soigné des semelles couvertes sommiers contre cœur et embrasures de fenêtres. Une feuille plastique provisoire est aussi appliquée à l'intérieur pour les protéger.

Est-ce qu'il faut une protection spécifique pour le câblage électrique ?

Ch. V.: Paul Lochmann a renoncé à monter des murs de terre crue, bien adaptés dans ce type de construction, mais qui demandent un long temps de séchage entre les couches. Il est donc prévu un lambourrage technique qui sera recouvert d'un panneau de finition. Néanmoins, il existe aussi d'autres systèmes qui pourraient être développés pour faire passer les câbles, EcoCocon prévoit par exemple de découper des rainures dans la paille ou de les fixer sur les parties bois des panneaux.

Comment s'est organisé le chantier ?

Ch. V.: Etonnamment bien, tout a parfaitement fonctionné. Il n'y avait pas d'aire de chantier, car tous les éléments devaient être directement assemblés et ne pouvaient pas être stockés sur



- Le montage des panneaux est très rapide, en moyenne 30 min par m²
- ↩ Pour les grandes ouvertures, des renforts sont prévus
- ← (contreplaqué, linteau, etc.)



les lieux. Donc, nous avons dû faire un grand travail de planification des transports et tenir compte de la météo, car il est impossible de poser les éléments sous la pluie. Dans le cas présent, le temps n'a pas joué en notre faveur au début du chantier, mais heureusement, nous avons eu par la suite trois semaines consécutives de beau temps, ce qui nous a permis de terminer le chantier.

Est-ce que la technique de pose est différente pour les éléments en paille ?

Ch. V. : Non, le seul risque que les gens imaginent est celui du feu, mais les éléments en paille sont tellement compressés qu'ils ne brûlent pas. Les panneaux sont livrés avec un code couleur et un numéro, selon leur place dans le plan du projet. Le principe est simple : on place l'élément au bon endroit, on fixe des tourillons et on le rattache aux autres, on le visse, puis on le protège des intempéries. La première semaine, nous avons monté le rez-de-chaussée et la dalle allant au premier étage. La deuxième, nous avons construit l'étage supérieur, la charpente principale et la mise hors d'eau. Et enfin la troisième, les deux annexes avec leur toiture respective.

Les éléments sont-ils beaucoup plus légers que s'il s'agissait d'une construction classique ?

Ch. V. : Les éléments sont petits mais assez lourds pour leur taille, soit jusqu'à 150 kg par

élément. Néanmoins, nous avons pu tout monter à l'aide d'un engin de levage type «Manitou». Une grue de chantier aurait été moins mobile et moins rapide.

Combien de personnes ont été nécessaires sur le chantier et combien de jours a duré la pose des éléments ?

Ch. V.: Trois employés étaient présents pour le montage (deux personnes sur le chantier et un grutier). C'est dans la moyenne des chantiers habituels de mon entreprise. Au total, il a fallu trois semaines de montage (moyenne de 120 m² de mur par semaine). C'est donc très rapide.

Le rôle de l'architecte

Pour compléter ces données, nous avons consulté Pierre Dorthe, Architecte et Ingénieur ETS chez Immoconcept-architecture.ch, qui nous a expliqué son rôle dans le projet de Conthey.

M. Dorthe, comment avez-vous été associé à ce projet ?

P.D.: Le Maître de l'ouvrage, Paul Lochmann, m'a contacté via un ami restaurateur italien de Sion. Ce dernier avait un projet à l'enquête publique et cherchait un moyen de réaliser la future construction avec la collaboration d'un architecte ou ingénieur civil.

Quelles ont été les principales spécificités induites par le choix du matériau «paille» sur la conception de la villa ?

P.D.: Pour l'établissement d'un projet, il est nécessaire de penser, non seulement au caractère architectural, mais surtout au système statique de l'ensemble. Trop souvent, les architectes ne coordonnent pas ces deux éléments induisant ainsi des coûts supplémentaires. (C'est l'avantage de mes passions professionnelles !) Les éléments de murs EcoCocon permettent facilement une implantation orthogonale, mais plus difficilement des jonctions d'angles obtus ou aigus. Des compléments doivent être exécutés pour ces types d'angles.

De manière générale, la double ossature en bois des panneaux assure la capacité structurelle des bâtiments jusqu'à six niveaux. Les murs extérieurs ou de façades en bois sont tous porteurs ; entre ces éléments, les dalles sont mixtes ou en bois, question de poids propre. Seule la construction en bois est utilisée pour le calcul des structures, la capacité porteuse se basant sur les règles de la SIA. Dans le projet de Conthey, des piliers métalliques

de types RRX reprendront certains efforts normaux engendrés par des sommiers en bois et les rapportant sur le radier.

Est-ce que la piscine prévue dans le projet peut poser problème en matière d'humidité ?

P.D.: La piscine prévue est extérieure avec deux façades de vitrages et une façade sud avec un mur EcoCocon. Il n'y aura pas de problème sur les deux façades vitrées ; sur le mur Ecococon, nous n'avons pas d'expérience en soi. Le traitement de l'eau de la piscine ne se faisant pas au chlore, je pense qu'il n'y aura pas de réaction négative du mur.

A-t-il fallu installer un système d'aération spécifique pour la villa ?

P.D.: Non, la vérification thermique mentionne une aération naturelle par ouverture des fenêtres. Pour un projet Minergie, il aurait fallu mettre en place un système de ventilation (VMC) onéreux, système impensable dans notre projet car impossible de le poser dans la dalle en bois selon les plans prévus.

Peut-on prévoir n'importe quel système de chauffage pour une maison avec des éléments en paille ?

P.D.: Le formulaire EN-2 de la justification thermique mentionne :

- Surface de référence énergétique SRE : 313 m² (neuve)
- Puissance de chauffage installé : 8 KW
- Puissance spécifique chauffage : 26 W/m²
- Puissance de chauffage calculée selon SIA 384.201 : 6 KW

Il faut mentionner que le mur EcoCocon présente une valeur RT supérieure à 9 ! La valeur considérée dans le tableau 4.1 Eléments d'enveloppe plan est de 0.11 W/m²K.

Pour notre projet, une PAC air-eau est prévue car l'eau de la piscine devra être chauffée. Des panneaux solaires thermiques seront également posés. Un chauffage avec des pellets serait également envisageable pour ce type de maison.

Est-ce que d'autres points techniques sont à relever ?

P.D.: Le montage des murs ne pose aucun problème, les dimensions sont respectées, tout le monde est satisfait du système. L'excellente isolation thermique des murs amène aussi à penser aux détails de la construction. Tout doit être bien isolé ! Les plans de la charpenterie Voeffray montre bien ces détails à prendre en compte. Un

grand avantage de ce système réside dans la possibilité, pour le Maître de l'ouvrage artisan professionnel, d'exécuter des travaux dès la pose des murs, ce qui est le cas à Conthey.

De manière générale, ce système de construction, bien que je fusse parfois contrarié par la durée de certaines étapes, m'a finalement conquis. Je pense que c'est une solution d'avenir pour la construction tout en respectant aussi les autres systèmes constructifs, notamment les briques de terre cuite, les bâtis en bois composites et bien d'autres procédés.

Le monde du bâtiment n'est pas très ouvert à l'innovation. Les matériaux traditionnels, béton, briques, bois, etc. sont très souvent mis en avant. On a peur des nouveautés et cela demande de l'effort intellectuel (intellectuelle) de la part des participants au projet. Pour ce genre de construction, il ne faut pas compter les heures mais être simplement passionné!

Nous remercions chaleureusement MM. Roberto Camarasa, Pierre Dorthe, Paul Lochmann et Christian Voeffray pour leurs réponses, leurs explications sur le chantier, leurs documents et leur grande disponibilité lors de la rédaction de cet article. ■

Données techniques

- Composition moyenne d'un panneau: 89% de paille et 10% de bois certifié FSC
- Coefficient d'isolation: $U = 0.123 \text{ w/m}^2\text{k}$ (avec un panneau de fibres de bois de 60 mm)
- Conductivité thermique: $0,0645 \text{ W/mK}$
- Coefficient de diffusion de la vapeur: $\mu = 9,14$
- Portance: 11 524 kN pour un poteau de 45 x 95 mm d'un panneau standard
- Isolation contre les bruits aériens: 54 dB
- Résistance au feu: 120 min
- Inflammabilité: Classe B-s1.d0
- Densité de la paille pressée: 110 kg/m^3
- Humidité de la paille: 10-12%
- Poids d'un panneau standard de 80 x 280 cm: 150 kg
- Bilan CO_2 après production d'un panneau: - 88, 7 kg/m^2
- Production: Kybartai en Lituanie
- Durée de vie d'un bâtiment EcoCocon: garantie de 50 ans pour l'intégrité structurelle
- Principales certifications: ECO-BAU, Cradle to Cradle, REI 120, Passivhaus Institute



↓ Détails du raccordement entre la charpente du toit et le mur en paille

↓ Les panneaux en paille servent d'éléments porteurs pour la charpente. Dès la pose achevée, ils sont recouverts d'une membrane de protection contre les intempéries

↑ La paille compressée a une densité de 110 kg/m^3

