Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 135 (2009)
Heft: 17: Construire en paille

Artikel: De la paille pour construire
Autor: Cauderay, Pierre
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-99771

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Pierre Cauderay

De la **paille** pour construire

Personne en Suisse romande n'ignore plus la paille comme matériau de construction depuis le feuilleton animé de la maison du collectif Straw d'la bale durant l'été 2007 à Lausanne. Fin 2008, le conseiller communal lausannois vert Yves Ferrari lance un postulat à ce sujet. A la suite de quoi, le service d'architecture de la ville de Lausanne présente en mars 2009 une étude de faisabilité sur la construction en botte de paille qu'elle a commandée et financée par le fond pour le développement durable « Agenda 21 »[1].
Le portrait dressé par ce document a de quoi interpeller, car le matériau paille présente de grandes qualités. Cela suffira-t-il à en faire un acteur important de la construction du siècle que nous entamons ? Voici quelques éléments pour documenter la question.

Propriétés caractéristiques

Certains préjugés ayant parfois l'écorce résistante, il convient d'emblée de remettre le brin de paille au milieu de la botte. Du point de vue de la statique et de la physique appliquées au bâtiment, les qualités de ce sous-produit céréalien sont multiples et contredisent bien des a priori.

Résistance au feu

Le feu n'est pas le talon d'Achille d'un mur en paille lorsque celui-ci est correctement exécuté. Preuve en sont les législations autrichienne et allemande qui certifient F90 (soit 90 minutes de résistance au feu) un mur en botte de paille couvert par un enduit terre simple. Rien à voir, donc, avec le brasier en puissance trop souvent imaginé. Compactée, la paille brûle mal, car la botte ne contient pas suffisamment d'oxygène pour permettre sa combustion. Tout comme un bottin de téléphone qu'on voudrait allumer au briquet. D'autre part, l'enduit en terre qui recouvre le mur en bottes de paille se transforme, sous l'effet de la chaleur, en une céramique protectrice efficace.

Minergie-P

Avec un coefficient de conductibilité thermique lambda de 0.044 [W/mK], la botte de paille est un excellent isolant. Cela signifie qu'à épaisseur équivalente, elle est dix fois plus isolante qu'une brique « isolante » standard, deux à dix fois plus isolante que le bois (selon sa mise en forme), aussi per-

[1] Ce texte a été inspiré et consituté à partir de l'étude de faisabilité « La construction en botte de paille « réalisée par l'atelier ATBA en collaboration avec Elsa Cauderay, architecte EPFL/DSA-terre.

1

2

Fig. 1 : Botteleuse mécanique
Fig. 2 : Botteleuse mécanique historique
Fig. 3 : Brins de paille

formante qu'un isolant moderne (laine de verre ou de roche) et moins isolante que seulement quelques mousses comme le PS (polystyrol), le PUR (polyurétane), ou les PIR (polyisocyanates).

De plus, les écobilans qui comparent des compositions de mur complètes (tab. B, p.14) montre qu'un mur en paille Minergie-P consomme presque deux fois moins d'énergie grise qu'un mur Minergie en bois isolé de laine de roche. Ceci est donc doublement valorisant si l'on considère la sévérité du standard Minergie-P ; car à standard égal, le rapport de consommation d'énergie grise augmenterait encore largement.

A titre d'exemple, une école en paille va prochainement être construite à Issy-les-Moulineaux, aux environs de Paris. Selon l'ingénieur responsable Olivier Gaujard, les qualités d'isolation seront telles que « les enfants fourniront l'apport principal du chauffage. Seuls les couloirs, les bureaux et les sanitaires auront besoin d'être chauffés. »

Résistance du matériau

Pour l'heure, le bâtiment en paille porteuse – la technique Nebraska : dont les murs supportent la charge du bâtiment (voir plus bas) – le plus haut de Suisse compte trois niveaux. Ce qui permet déjà d'affirmer que la résistance de la paille ne constitue pas non plus un point faible. En effet, un mur en paille, sans adjonction d'une structure faite d'un autre matériau, supporte très bien le poids d'un bâtiment. On observe bien sûr un léger tassement sous l'effet de la charge, mais une précontrainte verticale à l'aide de sangles permet d'anticiper ce tassement. Ensuite, les étages peuvent être ajoutés sans contre-indication technique, pour autant que les murs aient été dimensionnés de façon appropriée. D'ailleurs, l'ingénieur Peter Braun parle déjà d'ajouter un étage supplémentaire, portant à quatre niveaux le plus haut bâtiment en botte de paille porteuse de Suisse.

Propriété supplémentaire : ses qualités parasismiques. Le comportement élastique d'un mur en botte de paille est excellent. Ce dernier ne se brise pas en cas d'effort inhabituel ou transversal, les contraintes sont absorbées, le mur se déforme tout en continuant à remplir son rôle de descente de charge. Seul les caoutchoucs et les fibres d'acier possèdent des capacités analogues.

Durabilité

Des essais comparatifs d'enfouissement de bois et de paille ont montré que cette dernière résiste mieux à la biodégradation. Cela viendrait de la structure même des brins et d'une cire protectrice produite en périphérie des brins. On a d'ailleurs retrouvé de la paille dans les pyramides d'Egypte, ce qui laisse augurer de sa durabilité potentielle.

Vermine

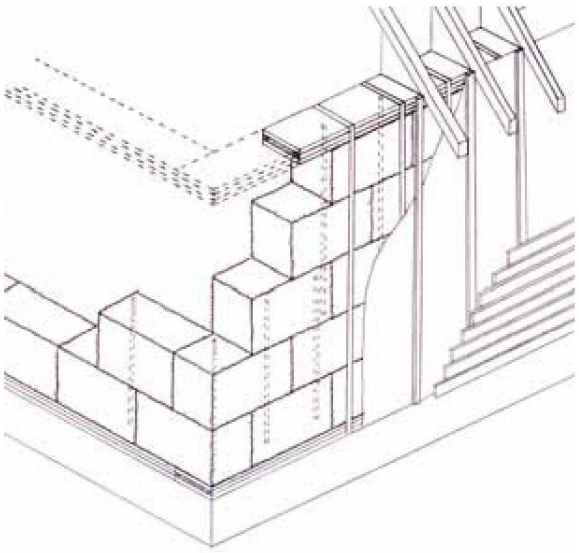
Le mur en paille n'offre pas de refuge aux rongeurs, car la compacité des bottes ne leur permet pas de s'y installer ou d'y creuser facilement des galeries. On a certes retrouvé des fouines dans des toitures isolées en paille, tout comme dans des toitures en laine de bois ou minérales, mais on s'en protège facilement à l'aide de treillis métalliques judicieusement placés. Concernant les murs, il n'y a pas de cas connu de rongeurs ayant traversé l'enduit en terre pour atteindre la paille. Concernant les insectes, on a répertorié en France le cas d'une maison ancienne en botte de paille infestée de termites. Mais, constatation surprenante, ce sont uniquement les fenêtres et les portes en bois qui ont été attaqués.

Coût environnemental

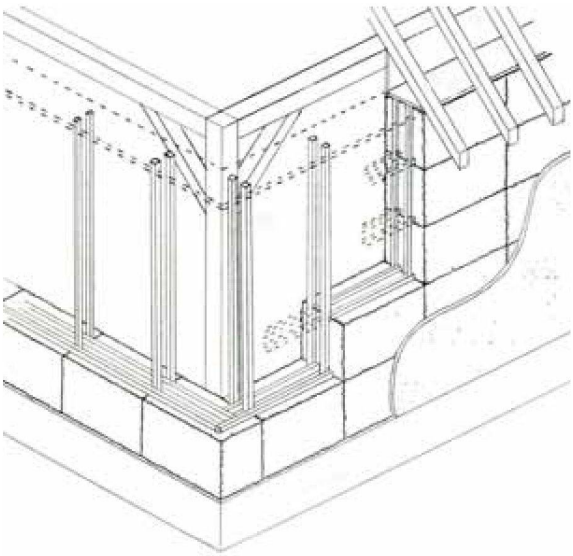
La construction en paille répond de multiples manières à la problématique énergétique : tout en offrant une isolation thermique d'excellente qualité, elle participe pleinement au bien-être des habitants qui vivent entre ses murs. Sa production est locale et ne demande que très peu d'énergie. La paille stocke le CO_2 plutôt que de l'émettre. Le CO_2 absorbé par la photosynthèse est équivalent, voir plus élevé que celui dégagé par son transport et la construction d'un mur. En comparaison, la production de bois pour la construction demande de deux (pour du plancher raboté) à dix fois (pour le MDF) plus d'énergie que la production de bottes de paille.

3

Fig. 4 : Technique de construction en bottes de paille porteuse
Fig. 5 : Technique de construction ossature bois remplissage paille



4



5

Humidité

On pourrait continuer à lister ses qualités : la paille est un matériau sain, de sensation chaude (effusivité), qui ne diffuse aucune particule allergène ou cancérigène ; ses qualités d'absorption sonores, le coût financier de la matière première, ses qualités d'inertie thermique comparés à une isolation traditionnelle, etc. Car lorsqu'elle est bien mise en œuvre, la paille n'a pas réellement de défaut. S'il fallait lui en trouver un, ce serait le risque de moisissure en cas d'apparition d'eau à l'intérieur même des bottes de paille. Cependant, les techniques actuelles de construction permettent de prévenir aisément ce problème. D'ailleurs, on a pu constater que la majorité des cas d'apparition de moisissures dans les murs sont dus à des défauts de conception dont les dommages sont souvent réparables de manière simple.

Et au sujet de l'humidité, il faut savoir que les qualités perspirantes des bottes de paille et de leur enduit en terre fonctionnent en couple, ce qui permet de réguler les variations d'humidité. Les murs sont capables d'absorber, puis d'expirer l'humidité de l'air ambiant ou d'une salle de bain par exemple.

Mise en œuvre et techniques constructives

Il existe deux grandes catégories de techniques constructives en botte de paille :

Technique bottes porteuses

La technique porteuse la plus répandue est appelée type Nebraska. Les murs sont montés en bottes calepinées, comme un mur de briques sans mortier. La toiture repose ensuite directement sur les murs en paille. Le tassement des murs dû au poids qu'on leur ajoute est anticipé par un système de sangles de précontrainte. Cette technique permet de réaliser des murs avec des petites ou des grosses bottes, qui atteignent le standard Minergie-P, soit une consommation de chauffage quasiment nulle.

La technique porteuse valorise particulièrement les qualités constructives de la paille. Car celles-ci s'expriment et se renforcent pour un bilan encore meilleur. Moins d'utilisation de bois donc un meilleur bilan en énergie grise, moins de ponts froids donc une meilleure isolation, une mise en œuvre plus simple et donc plus rapide. La raison pour laquelle elle est encore peu utilisée, par exemple en France, est un problème d'homologation et de certification. Pourtant en Suisse sa mise en œuvre a déjà été concrétisée, entre autres, dans le canton des Grisons par l'architecte Werner Schmidt, qui a obtenu des permis de construire sur la base des législations autrichienne et allemande. Un bâtiment de trois niveaux en paille porteuse a même déjà été construit en Suisse allemande avec l'aide de l'ingénieur Peter Braun, démontrant le potentiel du mur de paille porteuse.

Une autre question à relever est celle de l'épaisseur des murs. Dans le cas de maisons à plusieurs étages, cette technique nécessite des murs sensiblement plus larges que les techniques de construction conventionnelles. Néanmoins, dans le cas du canton de Vaud par exemple, la Loi sur l'Aménagement du Territoire et des Constructions (LATC) prévoit à l'art.97 des dispositions permettant de dépasser les limites de construction en vigueur pour favoriser la réalisation de constructions écologiques. A l'exception donc de certains cas, la construction en mur de paille épais ne prétérite pas les surfaces intérieures, car ils sont en même temps considérés

Fig. 6 et 7 : Esserhof, 2006. Maison de vacances à Lana, Italie du nord. Mur en bottes de paille porteuse. Architectes, Werner Schmidt, en collaboration avec Margareta Schwarz (I)

comme compatibles Minergie-P. Les législations des autres cantons contiennent des dispositions similiaires.

Technique bottes non-porteuses

Ossature bois

L'ossature supportant la toiture peut être soit intérieure, intermédiaire ou indépendante du remplissage en paille. Les murs sont montés en bottes calpinées autour de l'ossature ou insérées et compactées les unes sur les autres verticalement dans l'ossature. Exemple : la technique CST et la technique du GREB.

Panneaux préfabriqués

Les panneaux sont préparés et montés en atelier, puis transportés par camion. Les bottes de paille sont ensuite insérées en force dans des panneaux, soit en atelier, soit sur le chantier. Cette technique est particulièrement développée en Autriche. Les différentes techniques en bottes non-porteuses permettent de réaliser des bâtiments jusqu'à six étages (selon la norme SIA 265 sur les ossatures en bois). La paille n'y joue donc qu'un rôle de remplissage isolant, et dans ce cas les normes et réglementations sont les mêmes que pour les autres types de bâtiments à ossature bois porteuse : chemin de fuite F30/F60, matériau coupe feu entre les étages, etc.

Plancher et toiture

Que les bottes de paille du mur soient porteuses ou pas, l'isolation du sol et de la toiture sont réalisés en insérant de force des bottes de paille entre le solivage ou le chevronnage des structures en bois dimensionnées en fonction. Le principe fondamental de conception est quant à lui toujours valable : « un bon chapeau et de bonnes chaussures », c'est-à-dire une surélévation de la base du mur en paille et une bonne protection de son sommet.

Eléments constructifs

Le soubassement

Le soubassement doit faire au moins 30 cm de haut et doit être réalisé en matériau hydrophobe (par exemple un bloc de ciment) afin de protéger le mur en paille des remontées d'humidité venant du sol et des éclaboussures. Une barrière capillaire (par exemple une feuille bitumineuse) doit être insérée entre le soubassement et le mur de paille. Un drainage et un lit de gravier au bas du mur évitent la création de flaques d'eau. Les pilotis sont aussi un bon moyen de résoudre ces détails délicats.

Les appuis de fenêtre

Les fenêtres positionnées au nu extérieur sont préférables. Une étanchéité sous la tablette assure une bonne protection contre les infiltrations d'eau pouvant survenir en cas de défaillance de la tablette, et cela même si le reste du mur n'a pas d'étanchéité.

La jonction des murs avec la toiture

Un débord de toiture est indispensable à la protection du haut des murs. En privilégiant une esthétique architecturale contraire à la logique, plusieurs cas de défaillance de mur en paille sont apparus. Dans ces cas, tenter de pallier à la mauvaise conception et aux infiltrations d'eau par un crépi

6

7

Fig. 7 et 8 : Haus Schmidbin 2004. Maison individuelle à Wahlen, Bâle Campagne
Mur en bottes de paille porteuse. Architecte, Werner Schmidt

en ciment ne permet pas de les résoudre : un revêtement en ciment fissuré ou une goutte pendante mal conçue peuvent avoir de graves conséquences sur l'apparition d'eau dans le mur.

Revêtements

Les revêtements intérieur et extérieur d'un mur en bottes de paille doivent répondre à certaines caractéristiques pour prévenir et protéger l'intégralité du mur des infiltrations d'eau. Il doit être très perméable à la vapeur d'eau (perspirant) pour permettre aux bottes de rester bien sèches et, lors d'exposition à un taux élevé d'humidité, de sécher rapidement. Il doit être flexible et souple pour reprendre l'élasticité de la botte de paille sans fissurer. Il doit être facile et rapide à réparer. Le pare-vapeur est déconseillé. Un mauvais raccord ou un trou peuvent créer un point de rosée (accumulation d'humidité). Trois types de revêtements sont particulièrement adaptés à la construction en bottes de paille :

Les enduits en terre crue

Les enduits en terre sont particulièrement adaptés car ils sont très perspirants. En utilisant la terre d'excavation, on diminue les coûts de construction tout en réduisant les dégagements de CO_2 liés à la construction. La mise en œuvre est particulièrement saine et sans transformation (ce qui n'est pas le cas de la chaux ou du ciment). Les qualités collantes de l'argile offrent une très bonne accroche à la paille. Certains artisans « immergent » les faces extérieures et intérieures des bottes dans une barbotine de terre avant de monter les murs. On obtient alors un matériau composite terre-paille qui réagit bien à l'humidité, au feu et aux charges. Les enduits terre jouent le rôle de régulateur hygroscopique de la paille (et de l'air). Ils maintiennent la paille bien sèche, même lorsque l'humidité relative extérieure ou intérieure atteint des pics élevés. Dans le cas d'enduits en terre extérieurs, on peut poser un chaulage en dernière couche comme protection.

Les crépis à la chaux (aérienne)

Les crépis de chaux (aérienne ou en pâte) sont réalisés généralement à l'extérieur du mur en plusieurs couches. Les chaux hydrauliques sont déconseillées, car les impuretés peuvent provoquer une porosité du mur, le rendant moins étanche à l'eau. La chaux laisse passer la vapeur d'eau tout en empêchant les gouttes d'infiltrer les bottes. Cette vapeur d'eau, chargée de particules de chaux, peut avoir un rôle fongicide. Mais il faut entre trois et six mois pour que la chaux fasse sa prise ou carbonate bien. Cela dépend de la température et de l'humidité de l'air, car la chaux ne carbonate pas

7

8

en dessous de 8° C, ni lorsque l'air est trop humide. Donc en Suisse (plateau) un crépi réalisé après la fin du mois d'août n'aura certainement pas assez de temps pour bien durcir avant l'hiver. Les fissures d'un crépi de chaux peuvent être reprises, car les cristaux carbonatés peuvent se reconstituer (ce qui n'est pas le cas des cristaux de ciment).

Dans tous les cas, les crépis ciment sont à proscrire, car ils sont peu ou pas perspirants. Toutefois, il existe des réalisations où le crépis ciment a été amendé de sable volcanique, afin d'améliorer la respiration du mur.

Les bardages en bois (sur enduit terre ou chaux)

Les bardages respirants sont également des solutions de revêtement efficaces.

Fig. 9 et 10 : Haus Braun, 2002. Maison individuelle à Disentis, Grisons. Mur en bottes de paille porteuse. Architectes, Werner Schmidt

9

10

Histoire d'un renouveau contemporain

L'emploi de la paille dans la construction remonte au moins au néolithique. Mélangée à de la terre, elle sert de matrice au torchis, un composite terre-paille encore beaucoup utilisé de nos jours, et ce dans le monde entier. En Suisse, au bord du lac de Neuchâtel, on a retrouvé les vestiges d'un village lacustre vieux de 3000 ans dont les toitures étaient faite en chaume (paille).

Le renouveau contemporain de l'utilisation de la paille dans la construction a quant à lui été favorisé par l'apparition de la botteleuse mécanique. Cette machine compresse la paille dans un canal de section rectangulaire et les attache au moyen de deux ficelles serrées. Les premières botteleuses ont été utilisées en 1884 aux Etats-Unis. Deux ans plus tard, une école construite en bottes de paille est répertoriée dans le Nebraska. Le nom de cet Etat est du reste associé à la technique la plus basique, celle de la paille porteuse, puisqu'elle y a été expérimentée en premier. Depuis le début du 20e siècle, les constructions en paille se développent également en Europe. Mais contrairement à ce que la fable des « trois petits cochons » laisse croire, les bâtiments du début du siècle passé ont tenu bon, ce qui plaide incontestablement en faveur des qualités et de la durabilité de ce matériau. Depuis les années 90 c'est, au lieu du grand méchant loup, un vent d'enthousiasme qui souffle sur ces techniques. Et la progression du nombre de réalisations augmente fortement.

En France, une enquête nationale sur les constructions en paille, lancée en juin 2007 par l'Association bretonne Empreinte, a dénombré un millier de maisons déjà construites et près de 800 chantiers en cours.

Du vernaculaire à la recherche

Afin de mieux connaître les caractéristiques de la paille, plusieurs études et doctorats ont été menés dans des universités technologiques en Allemagne, Angleterre, Autriche, France, Canada, Etats-Unis et en Australie. Ces programmes de recherche étudient principalement le comportement structurel et hygroscopique d'un mur en botte de paille.

En Allemagne, en Autriche ainsi qu'en Amérique du Nord, la construction en bottes de paille a passé les tests réglementaires de résistance des matériaux. Ces pays ont donc aujourd'hui leurs propres normes de certification. La France, qui possède un réseau étoffé de constructeurs en paille, a également entamé des processus d'homologation et de réglementation.

Des maisons individuelles, des logements collectifs, mais aussi des écoles, des bâtiments administratifs et des églises ont été réalisés en paille. Cette technique constructive offre donc bel et bien un vaste champ d'applications, et cela ouvre des perspectives autant sur le plan environnemental qu'économique.

En Suisse, bien que l'atelier d'architecture Werner Schmidt ait déjà réalisé plusieurs maisons en botte de paille, il n'existe aucune réglementation propre à ce type de construction. Mais la demande est forte, et les permis de construire commencent à être accordés, comme à Morrens, dans le canton de Vaud, début 2009. Et pour en revenir à la municipalité de Lausanne, elle propose maintenant d'intégrer des bâtiments en paille dans son projet d'éco-quartier à la Pontaise-Blécherette. Ainsi que d'initier un groupe de recherche sur la

Fig. 11 à 13 : Strohhaus 2007. Maison de vacances à Graun, Italie du nord. Mur en bottes de paille porteuse. Architecte, Werner Schmidt

question de la construction en paille à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) ou à l'une des Hautes Ecoles d'ingénieur. Il est donc probable que le processus de certification des techniques de construction en botte de paille soit bientôt engagé.

Energie grise et habitations collectives

L'augmentation actuelle des exigences thermiques est un moyen destiné à réduire la dépense énergétique globale, ainsi que la production de CO_2. Mais cet effort est un moyen parmi d'autres, car l'énergie de chauffage dépensée pendant la vie d'un bâtiment ne représente que 38 à 70 % de l'impact global. On peut citer deux autres sources principales de dépense d'énergie d'un bâtiment : la construction-rénovation-démolition, et les transports liés à leur emplacement sur le territoire. Ainsi, pour que l'effort de réduction des dépenses d'énergie et d'émission de gaz à effet de serre soit efficaces, il faut agir de manière cohérente et concertée sur ces trois facteurs.

Concernant le deuxième facteur cité, l'impact de la construction, de l'entretien et de l'élimination d'un bâtiment se fait principalement par le choix des matériaux et leur consommation d'énergie grise respective. Pour revenir sur le poids de cette source de consommation, on a estimé que pour un bâtiment conventionnel (datant de 1989 à 1999), le poids écologique des matériaux équivaut approximativement à celui du chauffage. Ceci étant acquis, le risque est donc que pour satisfaire les exigences thermiques, le constructeur privilégie des isolants très consommateurs d'énergie grise, contrariant ainsi le bilan énergétique global du bâtiment. Et dans ce sens, l'utilisation de la paille comme isolation est intéressante à double titre : sa consommation en énergie grise est très basse et sa production de CO_2 est nulle ou négative, car la croissance de la paille absorbe plus de CO_2 que la construction d'un mur en botte n'en génère.

Mais il ne faut pas oublier non plus le troisième facteur cité, celui de l'aménagement du territoire. L'effort de réduction de l'étalement urbain doit être inclus dans la réflexion d'économie d'énergie globale. Et cette condition incontournable de la densification des transports est la raison pour laquelle la question de l'habitat collectif reste toujours fortement attachée aux techniques de construction en botte de paille. L'habitat individuel de paille contient inévitablement des éléments contradictoires eu égard à son bilan global énergétique. Tandis que les solutions tendant à collectiviser les problématiques apportent des solutions efficaces de densification et de rationalisation des transports, agissant donc avec cohérence sur les bilans énergétiques globaux.

Si aujourd'hui l'acte le plus révolutionnaire qui soit est une orientation de ses choix en fonction de sa conscience collective, et si l'opulence énergétique de l'ère industrielle nous fait oublier l'essentiel de la logique de l'économie et de ses bénéfices, alors le véritable enjeu de l'avenir est certainement un retour vers la simplicité. Cette valorisation de la simplicité est sans doute le fondement même de la démarche écologique. Car dans un monde de plus en plus virtualisé, défactualisé et accéléré, l'homme a besoin de repères stables, d'une logique de la cohérence et d'un sentiment d'évidence essentielle. L'architecture peut contribuer à cette prise de conscience parce qu'elle en a les moyens concrets. Et la construction en paille en est un exemple, car sa simplicité parle ce langage actuel.

11

12

13

Tab. A : Fiche technique de la botte de paille

Tab. B : Ecobilan réalisé par DENA Énergies, Vorlet ingénieur conseil

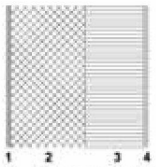
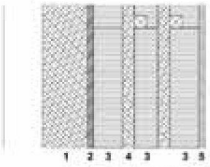
(Sauf mention, tous les documents illustrant cet article ont été fournis par l'auteur, droits réservés.)

« Dans l'histoire comme dans la nature, la pourriture est le laboratoire de la vie » dit Georges Bataille dans une épigraphe. La paille, cet ancien matériau, ce sous-produit céréalier, ce déchet de la production alimentaire, convient parfaitement aux enjeux d'un siècle naissant. Elle allie simplicité, durabilité, hygiène, résistance et cohérence.

Pierre Cauderay, architecte EPFL
pierre.cauderay@romandie.ch
Bd de Grancy 44, CH – 1006 Lausanne

Origine	refus de la récolte de céréales blé, orge, riz, etc.
Composition	cellulose, lignine, silice, cire naturelle
Dimensions	120/240 ± 50 cm h=80 cm (jumbo botte) 80/200 ± 50 cm h=50 cm (medium botte) 50/90 ± 10 cm h=35 cm (petite botte)
Longueur fibres	≥ 25 cm
Densité	250 kg/m³ (jumbo et medium botte) 100 ± 10 kg/m³ (petite botte)
Résistance des ficelles	10 fois supérieure au poids de la botte
Conductivité thermique [λ]	fibres verticales 0.044 W/mk fibres transversales 0.067 W/mk plus λ est petit, plus le matériau est isolant
Capacité hygroscopique	achat et pose 12 -14 % mur sain max. 20 % (= 84 % HR) fibres saturées 28 % (= 98 % HR)
Effusivité	Ef ≤ 0.7 (comme le bois = matériau chaud)
Coeff. résistance vapeur d'eau [μ]	2-2,5 (bonne capacité perspirante) (enduit terre 5 à 8, ciment 30)
Résistance au feu	F 90 (90 minutes) / normalement inflammable (norme allemande et autrichienne)
Performance acoustique	Rw* = 53 dBA (meilleure qualité qu'un isolant standard)
Module d'élasticité [ε]	0.5-0.55 N/mm² (jumbo bottes non enduite) ~1.0 N/mm² (mur en petites bottes enduit)[7] pas de rupture abrupte
Capacité portante	25.5 tonne/m² (jumbo botte non enduite) ~7-8 tonne/m² (mur de petites bottes) capacité portante largement suffisante
Tassement	dans le cas de bottes de paille porteuses enduites3-4 % de compression en précontrainte (sangles)

A

PERFORMANCE THERMIQUE	MINERGIE	MINERGIE	MINERGIE	MINERGIE-P
TECHNIQUE CONSTRUCTIVE	PARPAINGS ET ISOLATION POLYSTYRÈNE EXPANSÉ	OSSATURE BOIS PORTEUSE REMPLIS. LAINE DE ROCHE	OSSATURE BOIS PORTEUSE REMPLISSAGE PAILLE	TECHNIQUE «NEBRASKA» PAILLE PORTEUSE
COUPE SCHÉMATIQUE SUR MUR	 Ep. totale : 38 cm	Ep. totale : 28 cm	 Ep. totale : 39 cm	Ep. totale : 84 cm
ÉPAISSEURS DES MATÉRIAUX UTILISÉS	1_ Plâtre + peinture : 1 cm 2_ Parpaings : 20x20x50 cm **3_ Polystyrène exp. : 16 cm** 4_ Crépis synthétique : 1 cm	1_ Plâtre + peinture : 1cm 2_ Ossature bois : 6x16 cm **3_ Laine de roche : 16 cm** **4_ Fibres de bois : 6 cm** 5_ Bardage mas. 3-plis : 5 cm	1_ Ossature bois : 15x15 cm 2_ Enduit terre : 2 cm **3_ Paille : 35 cm** 4_ Ossa. secondaire : 4x4 cm 5_ Enduit chaux : 2 cm	1_ Enduit terre : 2 cm **2_ Paille : 80 cm** 3_ Enduit chaux : 2 cm
trans.calorifique U [W/m²°C]	**U = 0.18 W/mK**	**U = 0.18 W/mK**	**U = 0.17 W/mK**	**U = 0.09 W/mK**
VOLUME DES DIFFÉRENTS MATÉRIAUX PAR M²	1_ Plâtre : 0.01m³ 2_ Parpaings : 0.2 m³ **3_ Polystyrène : 0.16 m³** 4_ Crépis : 0.01 m³	1_ Plâtre + peinture : 0.01 m³ 2_ Ossature bois : 0.052 m³ **3_ Laine de roche : 0.16 m³** **4_ Fibres de bois : 0.06 m³** 5_ Bardage mas. 3-plis : 0.05 m³	1_ Ossature bois : 0.015m³ 2_ Enduit terre : 0.02 m³ **3_ Paille : 0.35 m³** 4_ Ossature sec. : 0.013 m³ 5_ Enduit chaux : 0.02 m³	1_ Enduit terre : 0.02m³ **2_ Paille : 0.8 m³** 5_ Enduit chaux : 0.02 m³
IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX				
SATURATION ÉCO. (UBP)	174'411 points/m²façade	170'733 points/m²façade	167'944 points/m²façade	124'667 points/m²façade
ÉNERGIE GRISE	3'682 MJ-Eq/m²façade	2'653 MJ-Eq/m²façade	2'425 MJ-Eq/m²façade	1'587 MJ-Eq/m²façade
EFFET DE SERRE	169 kg CO2-Eq/m²façade	120 kg CO2-Eq/m²façade	159 kg CO2-Eq/m²façade	113 kg CO2-Eq/m²façade

B