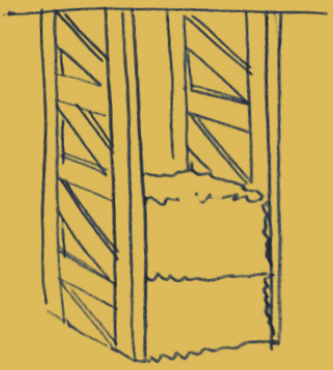
Pourquoi construire en paille ?



Petit guide dessiné de la construction en paille

Charlotte Morel

Introduction

Ce petit guide est né suite à la formation intitulée « Charpentièr.e et Maçon.ne en éco-habitat » que j'ai suivie au sein du PERF de Tarnos (40) durant 9 mois.

Au cours de cette immersion dans l'éco-construction, j'ai passé la certification « Pro-Paille » dispensée par des formateurs du Réseau Français de la Construction Paille.

Ce livret est loin d'être aussi riche et technique que la formation « Pro-Paille » en elle-même. Il a plutôt vocation à être partagé librement pour convaincre. En retranscrivant de façon synthétique et illustrée la pertinence de la paille comme matériau de construction.

Merci à Théo Leguillette, coordinateur au PERF ainsi qu'à Julie Laurin et ses collègues du RFCP pour ce partage et toute la documentation déjà disponible !

Licence Creative Common : https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/
dernière version corrigée : novembre 2024

Sommaire

Page 7 : Depuis quand construit-on en paille ?

Page 9 : Qu'est-ce que la paille ?

Page 9 : Quelle paille pour la construction ?

Page 10 : Où trouver de la paille ?

Page 11 : Quels sont les avantages ?

Page 14 : Quels sont les points de vigilance ?

Page 17 : Comment réceptionner une botte de paille ?

Page 19 : Quels sont les systèmes constructifs ?

Page 24 : Quels sont ses atouts thermiques ?

Page 26 : Quelles sont les réglementations ?

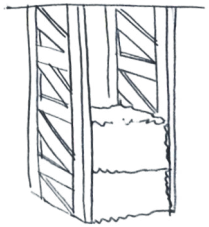
Depuis quand construit-on en paille ?

Cela débute aux États Unis avec l'invention des botteleuses mécaniques. Les premières maisons et bâtiments publics en paille sont édifiés au Nebraska en 1886.

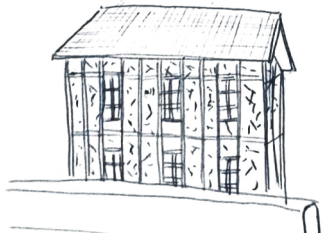
Maison McGreath, Nebraska, 1886

La paille est porteuse il n'y a pas d'ossature bois.

En Europe c'est en 1920 qu'Émile Feuillette, inventeur, propose un nouveau modèle pour reconstruire à l'entre-deux guerres :

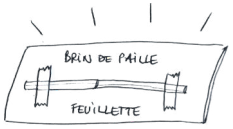


une ossature bois remplie en bottes de paille



Maison Feuillette, France, 1920

La maison Feuillette est la plus vieille maison paille connue en Europe. Elle se situe à Montargis et c'est aujourd'hui le siège du Réseau Français de la Construction Paille (le RFCP).



Ce brin de paille à 104 ans !

Comme en témoigne un article extrait de la revue La Science et la Vie de 1921 titré : « Fraîches en été, chaudes en hiver, les maisons de paille sont avant tout économiques »

Dans les années 80 il y a un regain d'intérêt pour la construction paille. Elle est expérimentée par des auto-constructeurs et des professionnels de la construction motivés par les atouts environnementaux et thermiques du matériau.

Aujourd'hui le réseau s'est structuré sur le territoire français grâce au travail du RFCP qui dispose de plusieurs antennes locales.

RFCP
RÉSEAU FRANÇAIS DE LA CONSTRUCTION PAILLE

À travers ses actions d'information, de promotion et de formation aux techniques constructives qui mettent en œuvre de la paille il contribue à developper et fédérer un réseau professionnel de la construction paille.

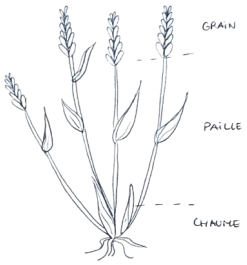
La France fait partie des précurseurs de la construction paille dans le monde ! Et aujourd'hui la paille utilisée en remplissage dans une ossature bois et comme support d'enduit est une technique courante.

À l'échelle internationale il y a le GSBN, Global Straw Building Network, homologue européen du RFCP.

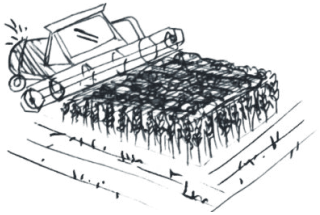
Aujourd'hui en France il existe plus de 10 000 bâtiments en paille, de la maison individuelle à l'immeuble à 7 étages en passant par les établissements recevant du public. C'est 1 000 constructions chaque année.

Mais ce modèle de construction reste marginal. C'est 1 / 1 000 des logements neufs qui sont en paille.

Qu'est-ce que la paille ?



C'est une tige de céréale dépouillée de son grain. La paille est une fibre végétale. C'est un co-produit de l'agriculture céréalière.

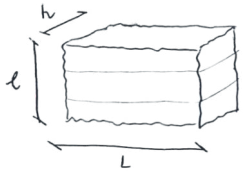


La paille est dépouillée de son épi et de ses grains.

À ne pas confondre avec le foin qui est de l'herbe séchée. Les pailles les plus cultivées en France sont les pailles de blé, de triticale, de seigle, d'orge, de riz etc.

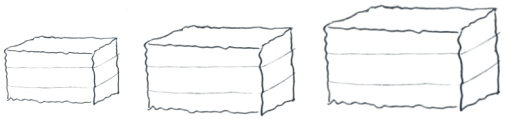
Quelle paille pour la construction ?

Dans la construction c'est la paille de blé qui est utilisée*. Il existe plusieurs dimensions de bottes de paille selon le modèle de botteleuse qui est utilisé :

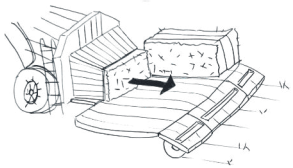


* mais sans décennale et hors règles professionnelles, d'autres pailles sont également utilisées : triticale, seigle, orge, riz, avoine, épautre...

bottes	hauteurs et largeurs	longueurs
mini	30 x 45 cm	50 à 120 cm
petites	37x 47 cm	50 à 120 cm
moyennes	50 x 70 cm	110 à 120 cm
grandes	80 x 120 cm	230 cm



Seules la densité et la longueur sont des paramètres réglables sur une botteleuse. La largeur et la hauteur des bottes dépendent du canal de la botteleuse :

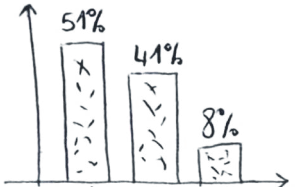


Où trouver de la paille ?

La France est le premier pays producteur de paille en Europe et le 5ème mondial : c'est 20 millions de tonnes de paille produites chaque année à des fins agricoles.

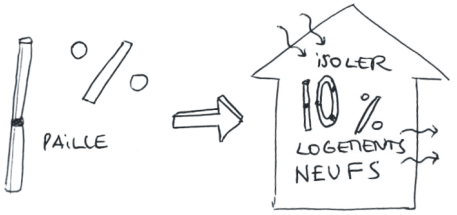
Dans le top 1 : la paille de blé ! C'est 75,2 % de la production de paille française.

51% de la paille produite sont utilisés en litière animale et retourne au sol.



41% sont laissés sur champs en apport de matière organique après la récolte.

Les 8 % restants permettraient de construire les 80% des bâtiments neufs.



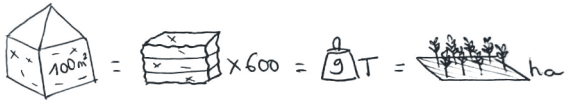
Donc 1% de la paille produite pourrait permettre d'isoler 10% des constructions neuves !

Il n'y a donc pas de concurrence avec les besoins agricoles actuels ! La paille est une ressource disponible est très largement suffisante.

Quels sont les avantages ?

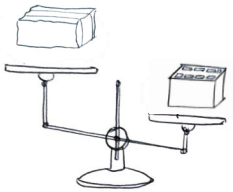
la paille est une ressource renouvelable chaque année dont la disponibilité actuelle ne nécessite pas d'hectares de culture supplémentaires.

C'est un co-produit de l'agriculture céréalière, elle n'entre pas en concurrence avec la production actuelle. La ressource est très largement disponible.



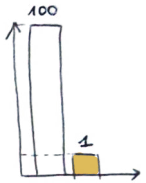
Pour isoler une maison de 100m2 il faut 600 bottes, soit 9 tonnes de paille, soit 3 hectares de culture.

C'est un matériau sain et écologique, qui rejette très peu de composés organiques volatils (valeur non détectée par les prélèvements) il est classé A+.



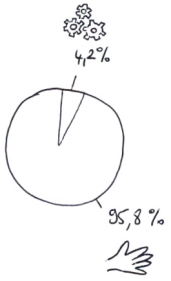
Son bilan carbone est très faible :
la botte de paille émet - 9,11 kg eq. CO2/m² en conventionnel et -9,94 eq. CO2/m² en agriculture biologique quand une paroi en briques alvéolées émet +166 kg eq. CO2/m².

La paille nécessite 100 fois moins d'énergie grise que les isolants pétrochimiques pour la même qualité d'isolation.



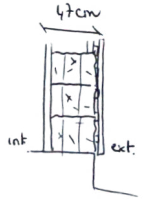
La paille stocke du carbone qui, en fin de cycle, retourne au sol. Associée à du bois et de la terre, elle permet de concevoir des bâtiments biodégradables.

Son bilan social est positif : la mise en œuvre de la paille nécessite de la main d' œuvre et se prête bien à la mise en œuvre collective (chantiers participatifs, chantiers écoles).

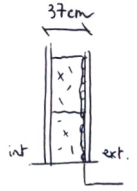


C'est une technique qui nécessite peu d'énergie fossile et peu de machines (4,2%) et beaucoup d'énergie humaine (95,8%). L'indice d'intensité sociale d'une maison en bottes de paille est de 22% quand celle d'une maison conventionnelle est de 6%* (source : Réseau Ecobâtir).

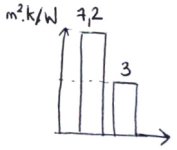
C'est un matériau performant au niveau thermique : la résistance thermique de la paille est supérieure ou égale à 7m².K/W et son coefficient de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau est de 1.04.



bottes à plat



bottes debout



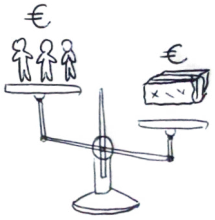
Quand une paroi conventionnelle isolée par l'intérieur présente une résistance thermique de 3 m².K/W, une paroi en paille enduite en terre sur 2 faces en propose 7,2 m².K/W : c'est plus que le double.

(source : L. Floissac, Construire en Paille, Ed. Terre Vivante).

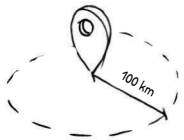
Avec la flambée des prix de l'électricité et du gaz, la maison en paille est attractive.

C'est un isolant bon marché : on estime son prix à environ 10 à 15€ le m² de paille contre 25€ du m² pour de la laine de verre pour une résistance thermique équivalente (R=7).

Pour la résistance thermique offerte, les parois en paille sont plus économiques que les parois conventionnelles. Mais leur mise en œuvre est plus chère du fait que le matériau est brut et nécessite d'être travaillé à la main.



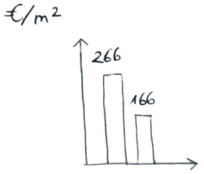
L'utilisation de la paille dans la construction représente un revenu complémentaire pour les agriculteurs (jusqu'à +30% du revenu des récoltes).



Son approvisionnement est le plus souvent local : 90 % de la paille vient de moins de 100 km du chantier. Ainsi son coût de transport est globalement faible.

Quels sont les points de vigilance ?

La main d'œuvre nécessaire à la réalisation de murs en paille est importante car le temps de pose est plus long que pour la construction d'une maison conventionnelle en parpaings.



Elle est de fait plus couteuse qu'une maison conventionnelle : 166€ HT /m² pour une paroi conventionnelle isolée par l'intérieur contre 266€/m² pour une paroi en paille enduite sur 2 faces. (source : L. Floissac, Construire en Paille, Ed. Terre Vivante).

Cette différence de coût peut être amortie par la suite par les économies en énergie qui sont faites dans l'usage quotidien du bâtiment du fait de ses performances thermiques.

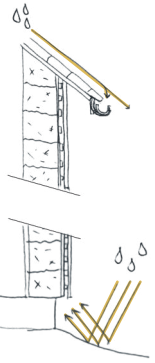
De plus les commanditaires peuvent prendre part à la construction. La mise en œuvre de la paille, accompagnée par un professionnel, peut être collective (chantiers participatifs).

La principale vigilance concerne le taux d'humidité des parois. Les bottes de paille doivent respecter un taux d'humidité maximal de 20% de la réception à la pose.

La conception doit donc garantir une bonne étanchéité à l'eau des murs. En cas de dégât des eaux les bottes humides devront être changées pour éviter leur pourrissement.

« Des bonnes bottes et un bon chapeau. »

Plusieurs précautions doivent être prises à la conception : une garde au sol des murs pour protéger du rejaillissement de l'eau, l'usage de revêtements étanches à l'eau comme des bardages ou des enduits, une bonne couverture étanche en toiture, des débords de toits pour protéger des pluies battantes.



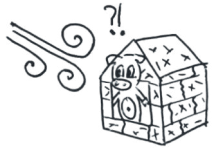
Il faut prévoir des dispositifs anti-rongeurs pour empêcher l'accès des rongeurs à la paille (grilles, caissons étanches...) même si ce n'est pas leur premier choix d'isolant !

En effet, des murs en paille sont plus denses que d'autres isolants, ce qui en fait un matériau où les rongeurs ne s'aventurent pas autant que ce que l'on pense. Ils préfèrent d'autres matériaux isolants plus facile pour nicher. D'ailleurs il n'y a plus de grains à manger dans les bottes de paille.

Contrairement à ce que l'on pense, la paille est un isolant qui résiste bien au feu du fait de sa forte densité. La paille a tendance à brûler en superficie sans brûler à cœur.

Sa classe de comportement au feu (EN 13501-1) est Classe E. Son classement de réaction au feu est B-s1-d0 « M1 combustible ininflammable ».

Dans un test à l'échelle 1 réalisé par le RFCP, alors que la température du foyer s'élève à plus de 600°C, le cœur de la botte de paille lui ne dépasse pas les 20°C. D'autres essais donnent une résistance au feu de 85 minutes.



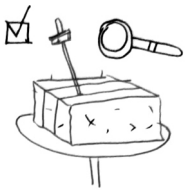
Et le vent alors ? Contrairement à l'image véhiculée par l'histoire des Trois Petits Cochons, la maison en paille résiste bien aux bourrasques de vent ! Il faudrait songer à la ré-inventer.

L'ossature bois et la paille sont dimensionnées pour résister aux vents violents, comme en témoignent les maisons en paille américaines toujours debout après plusieurs tornades ou encore la maison Feuillette qui a connu la violente tempête de 1999.

D'ailleurs, les enduits de terre sur bottes de paille sont testés à l'arrachement avec des forces 5 x supérieures à celle des tempêtes de 1999.

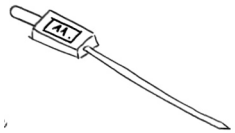
Enfin les insectes ne prolifèrent pas dans la paille et les termites n'y trouvent pas assez de nourriture et y meurent.

Comment réceptionner une botte ?

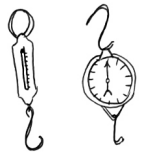


Une botte de paille pour la construction doit respecter un certain nombre de critères qui garantissent sa qualité et sa performance. Ces critères sont demandés au fournisseur. (agriculteur en général) :

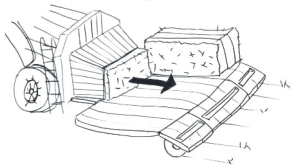
Lorsque l'on réceptionne des bottes de paille, il faut vérifier les déformations des bottes, leur taux d'humidité, leur masse volumique et leurs dimensions :



Elle doit afficher une humidité maximale de 20%, mesurée avec un humidimètre et ne pas présenter d'odeur ni de trace de pourriture .



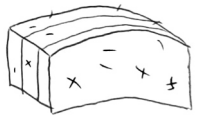
Et une masse volumique minimale de 80kg/m³ et maximale de 120 kg/m³, au delà les brins s'écrasent. Pour cela un certain nombre de bottes sera pesé au Peson.



Il est important de savoir quel est le type de presse utilisé par l'agriculteur qui fournit les bottes de paille. Aujourd'hui nous sommes dans une période de transition entre 2 modèles de presse : les presses à canal latéral (anciennes) et les presses à canal central (modernes).

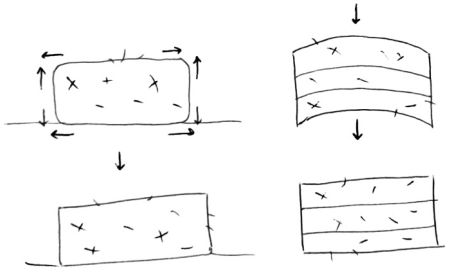
À la réception, les bottes doivent être stockées à plat sur une palette pour éviter tout contact avec le sol humide et favoriser la ventilation et croisées les unes sur les autres. Il faut veiller à ne pas les sur-empiler pour ne pas les déformer par leur propre poids.

Elles ne doivent pas entrer en contact avec un élément métallique environnant qui risquerait de produire de la condensation. Idéalement elles sont stockées dans un abri couvert, ou sous une bâche si la période de stockage est relativement courte.



Lors de leur manutention les bottes ne doivent pas subir de déformation supérieure à 10% dans leur largeur, longueur et épaisseur. On laissera de côté les bottes trop « bananées ».

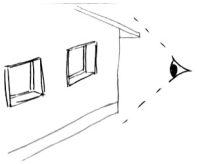
Chaque botte devra être « dégauchie », c'est une opération qui consiste à réorganiser les brins au niveau des arrêtes pour les redessiner et corriger les déformations minimes :



La ficelle utilisée est une ficelle de type 350 très résistante

La manipulation des bottes se fait avec précaution pour éviter les déformations liées à leur manutention.

Quels sont les systèmes constructifs ?



Il existe plusieurs systèmes techniques lorsque l'on souhaite utiliser de la paille. Le choix du système constructif va dépendre de plusieurs paramètres.

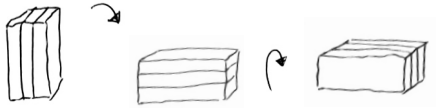
Pour s'orienter vers le système constructif le plus approprié il faut définir le type de parement voulu.

Le choix du parement dépend des usages du bâti, du budget, des conditions climatiques de la région, des règlementations de la zone (PLU), du bilan carbone du bâti et de l'esthétique souhaitée. La construction paille offre plusieurs types de parement : enduit, bardages, colombages.

Le choix du parement oriente vers un type d'ossature : centrée, décentrée, en tunnel...

Enfin les compétences de l'équipe en charge du chantier, ses savoir-faire et goûts esthétiques, le choix de valoriser ou non des techniques traditionnelles guident la pertinence du système constructif.

Tout cela permet de savoir, in fine, si les bottes seront posées debout, à plat ou à chant !

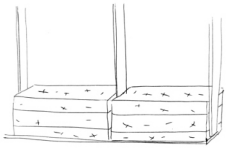


La paille en remplissage

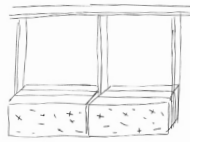
Les bottes de paille sont insérées dans une ossature bois primaire ou secondaire. La paille n'est pas porteuse dans ce modèle constructif, c'est l'ossature bois qui reprend les charges du bâtiment. La paille est empilée dans les murs comme un isolant en bottes entières, debout, sur le chant ou à plat.

Botte debout

Botte à chant



Botte à plat

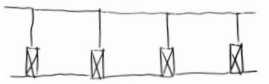


Ces techniques de mise en œuvre sont entrées dans les techniques courantes grâce au travail du RFCP et la publication des Règles Professionnelles de la Construction en Paille.

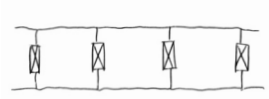
Plusieurs types de structures peuvent accueillir de la paille en remplissage :

> dans une ossature simple

montants excentrés à l'intérieur

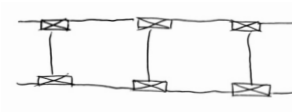


montants excentrés à l'extérieur



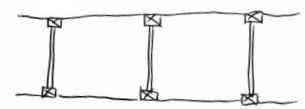
montants centrés

> dans une ossature en tunnel



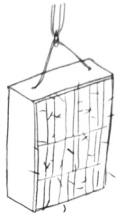
montants à l'intérieur et à l'extérieur, c'est le cas de la technique GREB

> dans une ossature traversante



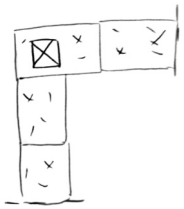
montants sur toute l'épaisseur du mur (par exemple en utilisant des poutres en I)

> dans des caissons

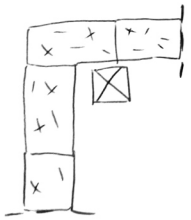


les caissons peuvent être préfabriqués en ateliers ou directement sur site à plat ou debout. Il faut noter que les caissons sont particulièrement vulnérables aux intempéries lors de leur transport, de leur stockage et de leur mise en œuvre.

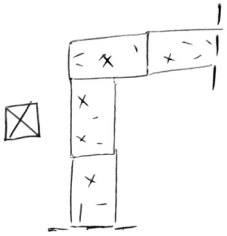
> dans une enveloppe périphérique à l'ossature



dans le plan



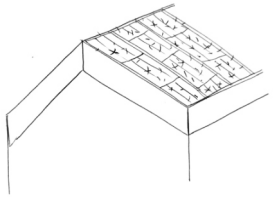
à l'intérieur



à l'extérieur

L'ossature principale qui est porteuse (charpente traditionnelle, métallique ou autre) est dissociée de l'enveloppe (ossature secondaire).

> en toiture

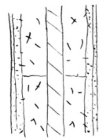


les bottes peuvent être utilisées en isolation du plafond ou sous les rampants (starking) et sont posées directement sur site ou dans des éléments préfabriqués. Cette étape requiert une vigilance importante en cas d'intempéries et une protection facilement déployable pour protéger les bottes de paille de la pluie.

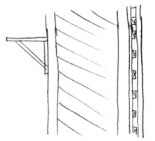
Chaque structure a ses propres avantages :

une ossature excentrée à l'extérieur va se rapprocher de l'esthétique des maisons à pan de bois (colombages)

une ossature excentrée à l'intérieur offrira plus de possibilités de fixation de meubles et étagères à l'intérieur

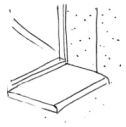


une ossature centrée sera compatible avec des parements enduits à l'extérieur comme à l'intérieur

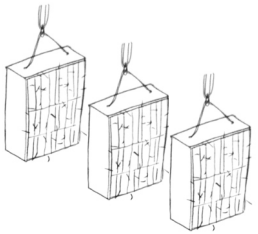


une ossature traversante pourra accueillir un bardage ventilé à l'extérieur et des montants de fixation à l'intérieur, etc...

Le choix du système constructif dépend donc bien des usages et des parements souhaités. Il déterminera aussi la position des menuiseries dans le mur et l'apport de lumière extérieure.



La paille préfabriquée



Les structures recevant de la paille peuvent être préfabriquées en atelier et transportées sur site avec la paille déjà insérée.

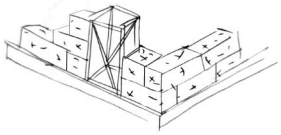
C'est le cas des structures en caissons pour murs ou toiture.
Ces techniques présentent des enjeux d'assemblages bien particuliers qui doivent répondre aux exigences thermiques du bâtiment (étanchéité à l'air, continuité d'isolant...)

La paille en ITE (isolation thermique par l'extérieur)

La paille en isolation par l'extérieur se développe de plus en plus pour améliorer les performances thermiques de certains bâtiments. Elle se pratique surtout en rénovation, sur des maisons comme sur des immeubles.

La paille porteuse

Comme son nom l'indique, dans cette technique, la paille est porteuse, il n'y a pas d'ossature secondaire, en plus de remplir la fonction d'isolant elle joue le rôle de l'ossature porteuse. À ce jour, cette technique n'entre pas encore dans le cadre assurantiel français, mais c'est en cours.



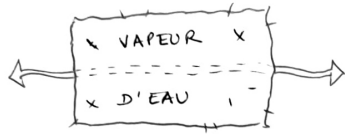
Autres matériaux

Il existe d'autres matériaux paille comme la paille hachée insufflée et les panneaux de fibres de paille qui commencent à voir le jour.

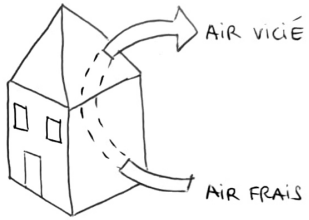
Quels sont les atouts thermiques ?

Perspirance

La paille est un matériau perspirant : elle se laisse traverser par la vapeur d'eau dans un sens et dans l'autre. Son coefficient de perméabilité est de 1,04. La paille participe donc à la régulation de l'hygrométrie dans un bâtiment.

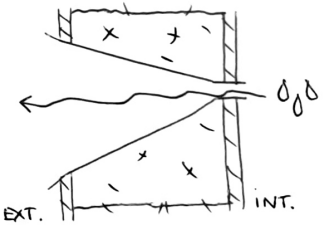


Une paroi perspirante n'est pas une paroi qui laisse passer l'air, elle laisse seulement passer la vapeur d'eau. Il ne faut pas confondre perspirance avec étanchéité.



Quelque soit le type de paroi il reste indispensable de prévoir un dispositif pour l'évacuation de l'excès de vapeur d'eau (ventilation naturelle ou mécanique).

Afin de permettre la migration de la vapeur d'eau générée par les activités humaines à l'intérieur vers l'extérieur il est recommandé d'utiliser des matériaux plus « fermés » à l'intérieur et plus « ouverts » à l'extérieur. Un matériau fermé étant moins perméable qu'un matériau ouvert.



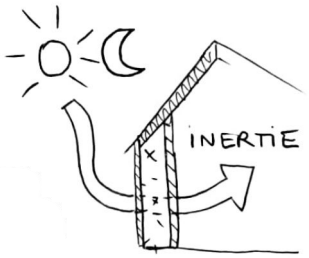
On compare pour cela les coefficients à la diffusion de la vapeur d'eau des matériaux par rapport à leur épaisseur (Sd).

-> Se référer aux règles énoncées dans les Règles Professionnelles de la Construction Paille selon les revêtements intérieurs et extérieurs.

Ed. Le moniteur, 2012.

Il s'agit de privilégier une bonne conception qui limite les ponts thermiques et assure une bonne étanchéité à l'air. La qualité de mise en oeuvre de l'isolant est tout aussi importante que la qualité de l'isolant lui-même.

Inertie :
Une botte de paille présente une inertie plus élevée que des matériaux conventionnels. Et son inertie augmente dès qu'elle est associée à un enduit intérieur ou extérieur épais (5cm).



L'inertie est un atout en été lorsque les murs de la maison mettent du temps à se réchauffer ou inversement, en hiver, lorsqu'ils mettent du temps à se refroidir.

	Bottes à chant	Bottes à plat
Résistance thermique (en m2.K/W)	R = 7 épaisseur mur 37 cm	R = 9 épaisseur mur 47 cm
Conductivité thermique (en W/(m.K)	λ = 0,052	λ = 0,08

Plus λ est bas, meilleure est l'isolation.
Plus R est grand, meilleure est l'isolation.

Quelles sont les réglementations ?

La France compte autant de bâtiments en paille que le reste des pays européens réunis. Cela prouve bien que le contexte réglementaire en France n'est pas défavorable à la construction en paille. Cependant il faut respecter plusieurs réglementations vis à vis :

des performances énergétiques des bâtiments neufs à atteindre (RE 2020)

de la durée de tenue au feu (classe et comportement au feu)

de la caractérisation du matériau utilisé (le RFCP a réalisé de nombreux essais disponibles qui valident l'emploi de la paille dans tout type de bâtiment)

des techniques de construction reconnues ou non par les assureurs : depuis 2012, la paille est reconnue comme technique courante dans le domaine assurantiel grâce aux règles professionnelles de la construction paille

de la qualification de la main d'oeuvre : celle-ci doit disposer de la certification « Pro-Paille »

Sources

Ouvrages :

La construction en paille, Luc Floissac, éditions Terre vivante, 2012

Règles professionnelles de la construction paille, 3ème édition, le Moniteur, 2012

La paille un écomatériau pas comme les autres, Collector La Maison Écologique, 2022

Cours et malette pédagogique :

Formation Pro-Paille, Julie Laurin formatrice et co-présidente du RFCP

Ressources en ligne :

Le site du RFCP : https://www.rfcp.fr

La construction paille, la chaine Youtube du RCFP : https://www.youtube.com/@laconstructionpaille

Petit guide dessiné de la construction en paille

Charlotte Morel