

PAILLE DE CÉRÉALES

ISOLATION THERMIQUE EN BOTTES MOYENNE DENSITÉ

Rédaction : Clara Jonas, Juliette Saillet - février 2023

PRÉSENTATION

La paille est une partie de la tige de certaines graminées comme le blé, l'orge, l'avoine, le seigle, le triticale, le riz... Sa hauteur varie selon la variété et le type de céréale. Les moissonneuses-batteuses récoltent et séparent le grain des tiges des céréales. Selon les besoins, la paille est soit déposée dans le champ sous forme d'andains, soit broyée. Dans ce deuxième cas, elle sera incorporée au sol et participera à son amendement afin de maintenir sa fertilité. On compte environ 100 000 t de paille récoltée par an en région PACA, toutes céréales confondues, dont 30 % qui serait valorisable dans la construction (paille de riz principalement).

La paille en andain est récoltée dans le champ par une ramasseuse-presse qui permet de la compacter sous forme de balles rondes ou de bottes (moyenne ou haute densité). Elle est ensuite stockée à l'abri, généralement sous un hangar pour la protéger de la pluie et de l'humidité. Une fois récoltée, la paille peut avoir plusieurs usages : litière, alimentation animale, compost, amendement organique du sol, ressource énergétique, matériau de construction... Dans le domaine de la construction, la paille est considérée comme un matériau biosourcé permettant d'isoler les bâtiments. Pour cela, plusieurs conditionnements existent :

- la paille hachée qui est mise en œuvre par insufflation, pour combler des vides ou réaliser des mélanges isolants.
 - les bottes de paille moyenne densité (petites bottes) pour du remplissage d'ossature ou de la préfabrication en caissons.
 - les bottes haute densité, dont la taille peut varier (environ 2,4*0,8*1,2 m), utilisées pour réaliser des murs en paille porteuse.
- Les bottes sont rassemblées en paquet (en général : 8, 12 ou 14 petites bottes, 4 ou 5 grosses bottes) à l'aide d'un groupeur.

MISE EN ŒUVRE

La mise en œuvre la plus répandue est l'utilisation de « petites bottes » moyenne densité dont l'épaisseur et la largeur sont imposées par la presse : 37 et 47 cm en général. La longueur et la masse volumique peuvent varier : généralement de 50 à 120 cm et de 80 à 120 kg/m³. L'utilisation de la paille de blé en bottes de moyenne densité est couverte par les règles professionnelles du RFCP. Même si les autres types de mise en œuvre de la paille se développent, c'est cette dernière qui sera traitée ici.

1. Remplissage d'ossature

C'est la technique la plus courante. Elle consiste à remplir une structure porteuse ou non avec des bottes de paille de moyenne densité. Pour cette technique, le dimensionnement de la structure doit être adapté aux bottes et à leur sens de pose (sur chant ou à plat). Cette technique permet d'utiliser la paille directement comme support d'enduit, même si un autre type de parement est possible.

2. Caissons préfabriqués

La préfabrication de caissons remplis de bottes de paille permet de réduire le temps de chantier et de protéger la paille des intempéries. Les caissons, porteurs ou non, sont directement assemblés sur chantier.



Crédit : DE-SO

CARACTÉRISTIQUES « petites bottes »

	Sur chant	À plat
Épaisseur (cm)	37	47
Masse volumique ρ (Kg/m ³)	80-120	80-120
Conductivité thermique λ (W/m.K)	0.052 <small>(brins de paille perpendiculaires au flux de chaleur)</small>	0.080 <small>(brins de paille parallèles au flux de chaleur)</small>
Résistance thermique R (m ² .K/W)	7.1	5.8
Déphasage thermique (heure)	12 à 16	
Réaction au feu (Euroclasse)	E	
Coefficient de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau μ	1<μ<3 selon le type de paille	
Indice d'affaiblissement acoustique (dB)	43 pour un mur paille sur chant ossature bois avec enduit terre (1 à 2 cm) sur les deux faces	

Valeurs provenant des données et rapports issus des études menées par le RFCP.

QUALITÉS

Confort et isolation thermique : conductivité thermique λ moyenne, mais déphasage important de 12 à 16 heures. La perméabilité à la vapeur d'eau importante de la paille permet de réguler l'hygrométrie et d'éviter la condensation à l'intérieur des murs, faisant de l'enveloppe un système perspirant.

Provenance : matière première qui est disponible localement (en plus ou moins grande quantité selon la région) ce qui diminue les impacts économiques et environnementaux du transport.

Environnement : bilan en énergie grise très bas estimé à 3kWh, et bilan carbone négatif : -30 kgCO₂eq. De plus, la paille est un matériau biodégradable en fin de vie.

Santé : la paille n'émet pas de particules polluantes solides ou gazeuses, ce qui en fait un matériau sain pour le constructeur et l'utilisateur. Cependant la mise en œuvre est poussiéreuse, des protections sont nécessaires.

ASPECTS ÉCONOMIQUES

La paille étant un matériau naturel et non transformé, co-produit de l'agriculture pas toujours valorisé, son coût est assez faible comparé à d'autres isolants. Cependant, le prix de la botte de paille reste variable d'un agriculteur à l'autre, et dépend beaucoup des prix de l'engrais et du carburant. La tarification de la botte de paille est donc en hausse actuellement. Le coût principal dans la construction en paille réside dans la mise en œuvre, c'est pourquoi l'auto-construction et le chantier participatif sont des procédés répandus pour la réalisation d'ouvrages en paille. Le prix au mètre carré d'isolation en paille va aussi dépendre du type de construction : le RFCP a défini des ratios de masse de paille nécessaire par mètre carré selon l'usage du bâtiment. La quantité nécessaire étant variable, le prix l'est aussi.

	Prix
Botte de paille livrée à proximité	De 4 à 6 € / botte
Prix au m ² pour un ouvrage non résidentiel hors mise en œuvre	4 à 6 € / m ²
Prix au m ² pour un logement individuel hors mise en œuvre	8 à 12 € / m ²
Prix au m ² pour un logement collectif hors mise en œuvre	6 à 9 € / m ²

Prix d'une botte provenant des interviews menées avec des agriculteurs en région PACA, puis prix au m² calculé selon les ratios du besoin en paille du RFCP

UN EXEMPLE DE PROJET (13) - La maison du Parc naturel régional des Alpilles, 2015

Il s'agit d'un projet de rénovation et d'extension d'une ancienne bastide du 18^{ème} siècle acquise par le PNR des Alpilles pour accueillir son siège administratif et y proposer des actions de sensibilisation du grand public. Deux entités composent l'édifice : la maison du 18^{ème} siècle qui a été réhabilitée et mise en valeur par des travaux de rénovation, ainsi que le bâtiment principal qui est une extension reprenant l'alignement et le gabarit de la bâtisse existante. L'ensemble a été mené en démarche BDM, outil pédagogique d'accompagnement et d'évaluation sur les aspects environnementaux, sociaux et économiques du bâtiment, et a obtenu la médaille d'or en phase réalisation. D'une superficie de près de 1 000 m², le projet met l'accent sur le développement durable et le respect de l'environnement, tant dans la réhabilitation de la bastide que dans la construction de l'extension.

L'extension de style contemporain accueille le public au rez-de-chaussée et des bureaux à l'étage. Le bâtiment construit se veut exemplaire et ancré dans son territoire : des techniques innovantes ont été mises en œuvre dans le but de réduire son impact sur l'environnement et de développer des filières locales. Ainsi, la structure de l'extension est principalement en pin d'Alep, essence de bois locale, isolée par de la paille de blé. La paille provenant d'agriculteurs locaux a été compressée dans des caissons en bois pour optimiser le temps de montage sur le chantier. En tout, ce sont 38 caissons qui complètent la structure hybride (bois massif, lamellé collé et acier), garantissant une isolation saine et naturelle. L'enveloppe performante du bâtiment ($U_{bat} = 0,66 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$) permet une consommation relativement basse d'énergie primaire : 42,8 kWh/m².an, pour un coût total de 2 358,23 € / m².

Maître d'ouvrage : Syndicat mixte de gestion du PNR des Alpilles

Maîtrise d'œuvre : Bresson-Schindlbeck Architecture et Fabrica Traceorum

BE thermique : IGTECH / BE structure : Scop Gaujard / AMO QEB : Garcia Ingénierie



Crédit : Bresson Schindlbeck Architecture



Crédit : Bresson Schindlbeck Architecture

LES ACTEURS LOCAUX OU PROCHES

Le Gabion : centre de formation qui anime la filière paille au travers du recensement des acteurs et des projets, d'organisation d'événements autour de la paille, de chantiers expérimentaux. Propose aussi la formation pro-paille. <https://legabion.org>

APTE : association de promotion des techniques écologiques qui produit des fiches techniques, des matériaux intégrant de la paille, et qui propose de l'accompagnement de chantiers. <https://www.apte-asso.org/home>

Permabita : réseau d'acteurs dont l'objectif est de développer l'usage des ressources locales et qui a notamment réalisé un essai de mise en œuvre de demi-bottes en ITE ainsi qu'un référencement d'agriculteurs locaux. <https://www.permabita.fr/>

RFCP : organisation nationale qui développe la filière et qui a édité les règles professionnelles de la paille. <https://rfcp.fr>

Le Village : association d'insertion de personnes en situation précaire réunies autour de la question de l'écologie. L'association est en cours de développement d'un panneau rigide en paille de riz support d'enduit. <https://associationlevillage.fr/>

Annuaire des professionnels de la construction paille en PACA : <https://filiere-paille-paca.com/lannuaire/>