

Chapitre

Repère

Isolants végétaux

V4 – février 2014

Titre fiche

BOTTE DE PAILLE DE BLE

PRESENTATION DU PRODUIT ET CONTEXTE D'UTILISATION

La paille de blé est utilisée en botte comme matériau de construction et d'isolation. Parmi l'ensemble des techniques existantes, on distingue 3 grands modes constructifs :

1°: Botte de paille utilisée comme mur porteur

Ce mode constructif est appelé "technique du Nebraska", du nom de l'Etat Américain où les premières constructions en bottes de paille ont vu le jour au XIXème siècle.

Les bottes sont empilées en quinconce, sans ossature et sont :

- soit maçonnées au mortier : cette technique est aujourd'hui abandonnée du fait des ponts thermiques qu'elle engendre au niveau des joints de maçonneries,
- soit compressées, à l'aide de sangles, et sous l'action du poids de la toiture, entre lisse basse et sablière : cette technique connaît un fort intérêt outre-manche, mais aussi en France depuis peu.

Les parements intérieurs et extérieurs sont des enduits.

2°: Botte de paille utilisée en remplissage d'une structure porteuse

Les bottes sont mises en œuvre comme isolant dans une structure ossature en bois ou poteau-poutre contreventée. Il s'agit du mode constructif le plus répandu en France. Ce mode constructif permet également la préfabrication des parois en atelier.

Suivant les techniques, les parements intérieurs et extérieurs peuvent être soit des enduits, soit des panneaux de bois ou des plaques de plâtre.

3°: Botte de paille participant à la tenue structurelle du bâtiment

Le contreventement est assuré à la fois par une structure bois légère, par les bottes de paille et par les enduits, le tout formant un système solidarisé. La technique du GREB et la technique CST (cellule sous tension) sont les plus répandues. Dans la technique CST, les bottes sont maintenues en pression par une ossature bois secondaire (montants et liteaux horizontaux).

Ici les parements intérieurs et extérieurs sont généralement des enduits.

Ratio : pour une maison de 100 m² qui compte 100 m² de murs et 130 m² de toiture, il faut compter environ 500 bottes de paille, soit 10 tonnes de paille.

Rq : la paille peut également être utilisée en isolation thermique extérieure pour la réhabilitation de bâtiments existants.

FABRICANTS ET TYPE

EASYGREEN (13) : maisons modulaires à ossature bois isolées en paille

NATURELHOME (43) : Modulopaille

ISOPAILLE (72) : ECOVILLA®, panneaux préfabriqués murs, planchers, combles avec blocs de paille compressée

STRAMENTECH (36) : Panneaux de paille compressée

STRAMIT (Angleterre) : Panneaux de paille compressée

NATURE ET TRADITION (62) : Distributeur de Stramit

La paille

Les bottes de paille sont pressées par des botteleuses au format d'un parallélépipède. Cela nécessite donc de trouver un agriculteur proche du chantier (se renseigner en mairie) capable de fournir des bottes de paille de ce type. C'est pour l'instant le mode d'approvisionnement largement majoritaire en France. La démarche consiste ensuite à s'adresser directement au producteur. Pour cela il faut :

1. Identifier les lieux de production proches et leur capacité à suivre un cahier des charges : type de céréales, année de la récolte, quantité, dimensions et densité, conditions de stockage, mode de livraison : Il faut pouvoir établir une relation de confiance entre le constructeur-acheteur et le fournisseur-vendeur ;
2. Sélectionner les bottes : elles doivent impérativement être saines (sans moisissures ni bactéries), non humides (teneur en eau massique < 15%), suffisamment denses (masse volumique > 70 kg/m³) et bien ficelées.
3. Conserver les bottes sur palette, dans un lieu abrité de la pluie et ventilé ;
4. Trier les bottes par gabarit

Pour permettre un approvisionnement en grande quantité et en dimensions standardisées, des filières de production de bottes de paille s'organisent en Autriche et en Allemagne, à l'initiative du monde agricole.

Par exemple, la société Autrichienne Walwand, associée à 750 agriculteurs et gérant 3000 hectares de cultures spécialisées, fabrique et distribue des produits issus de la gestion de ces cultures (produits pharmaceutiques, huiles, vêtements, matériaux). Fort de son expérience de fabrication de panneaux isolants en lin (Waldviertler), elle réfléchit désormais à une production de bottes de paille.

Modulopaille

Le modulopaille est un concept permettant la construction des murs et charpentes destiné aux autos-constructeurs(trices) et professionnels.

Livré démonté, le montage se réalise sur le chantier : le modulopaille se présente comme une "caisse" fabriquée sur mesure, et dans laquelle se placent les bottes de paille. L'ensemble des modules s'assemble pour constituer un mur.

Il peut être destiné à un isolant paille ou ouate de cellulose (ou autre) pour lesquels on prévoit une forte épaisseur.

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

La paille est un co-produit de la récolte de céréales. Elle est disponible un peu partout en France. Nous disposons de paille de seigle, tritical (mélange avoine/blé ou blé/orge), blé, épeautre, orge et avoine. Lavande, riz et canne font l'objet d'une autre fiche.

La botte de paille est un produit non industriel, de ce fait elle présente des caractéristiques variables. Du point de vue des dimensions, les botteleuses les plus répandues en France produisent des bottes d'environ 45 cm de largeur et 35 cm de hauteur, les longueurs étant réglables entre 40 et 120 cm.

CARACTERISTIQUES FONCTIONNELLES

AVIS SOLIDITE / STRUCTURE

- Sa densité peut varier de 70 à 130 kg/m³, suivant le réglage de la presse et l'humidité ambiante au moment de la fabrication. Les bottes de paille utilisées en structure porteuse sont plus denses (jusqu'à 180 kg/m³, voir davantage)
- Résistance à l'arrachement d'enduits sur bottes de paille : 0,01 MPa pour un enduit « chaux et chanvre »
0,08 MPa pour un enduit « chaux et sable » traditionnel

AVIS MISE EN ŒUVRE

Le produit est destiné à l'isolation des murs et des toitures.

Les dispositions, à prendre en compte en phase de conception et lors de la mise en œuvre, sont les suivantes :

- Planning : prendre en compte le fait que la paille est produite exclusivement en fin d'été.
- Calepiner : concevoir son bâti en fonction de la dimension des bottes (dimensions multiples de la longueur et de la hauteur moyenne des bottes afin d'en avoir le minimum à retoucher).
- Prévoir 10 % de perte sur le stock de matériau.
- L'utilisation de bottes posées sur chant (brins verticaux) permet d'optimiser le pouvoir isolant du mur (la conductivité thermique est de 15 à 50 % meilleure lorsque les fibres sont perpendiculaires au flux de chaleur) et de réduire l'épaisseur du mur (35 cm).
- Privilégier les bottes les plus denses afin d'éviter le tassement potentiel après la pose.
- *Gestion des bas de murs* : une hauteur minimale de 20 cm doit être respectée entre le sol et la lisse basse ; un film anti-remontées capillaires entre soubassement et lisse basse doit être mis en œuvre ; la lisse basse doit de plus être isolée thermiquement.

- *Gestion des tours de baies* pour éviter les infiltrations d'eau, assurer l'étanchéité à l'air et réduire les ponts thermiques, notamment dans le cas de façades enduites (prévoir un papier goudronné ou autre produit imperméable sous chaque appuis de fenêtre juste avant que celles-ci ne soient installées car c'est l'endroit où le risque d'infiltration d'eau dans le mur en paille est le plus grand).
- Les enduits extérieurs à base de chaux et de plâtre sont préconisés. Eviter les enduits extérieurs en terre ou à base de ciment.
- Le parement extérieur, s'il est un panneau de bois, doit être suffisamment ouvert à la vapeur d'eau ($S_d < 0,2 \text{ m}$). L'utilisation comme parement extérieur de panneaux OSB est à proscrire.
- S'assurer de la qualité de mise en œuvre des enduits extérieurs (sans fissures).
- Nécessité de redimensionner certaines bottes (à l'aide d'une aiguille et d'une ficelle ou sciage des bottes à la scie à bois ou à la tronçonneuse).
- En structure porteuse, nécessité d'attendre au moins 6 semaines avant de réaliser les enduits (les bottes se compriment sous leur poids)

(Guide illustré « [La construction en bottes de paille](#) » par S.O.MacDonald)

Les panneaux ISOPAILLE® ECOVILLA MUR (murs par remplissage d'ossature en bois à l'aide de blocs de paille compressée) ont obtenu un avis technique validé par le CSTB ([20/10-204](#)) jusqu'au 31/10/2012.

Retours d'expériences

● La pose des bottes : à plat ou sur chant ? (Source : *Gabion*)

La pose des bottes était pour moi la source de grandes interrogations. En effet, il existe principalement deux orientations possibles pour les bottes :

- **À plat** (brins horizontaux) : le mur prend plus de place, la performance thermique n'est pas meilleure, il faut plus de paille pour le même mur... bref, que des inconvénients.

- **Sur chant** (brins verticaux) : la performance thermique est la même. Les ficelles des bottes tiennent le mur. Nécessite un pré-tassement pour faire s'interpénétrer les bottes avant la pose des enduits.

Finalement, le premier jour de paille, tout est devenu limpide : lorsque l'on pose les bottes à plat, elles débordent de l'ossature. Les brins s'écartent et viennent naturellement combler le vide créé par l'ossature, ce qui permet d'enduire toute la surface sans rembourrer (opération délicate et pénible). L'ossature ne crée plus de ponts thermiques. Le tassement est évité en intercalant des tasseaux horizontaux cloués sur l'ossature entre 2 rangs de bottes. Finalement, les deux sens sont possibles, mais celui-là est plein de bon sens !

● La pose des bottes suivant la hauteur / Tassement (Source : *Architecte*)

Pour la position des bottes de paille, nous avons décidé de les mettre debout (photo de droite). En effet, une botte de paille a des dimensions standardisées dans le sens de la largeur et la longueur mais pas dans la hauteur. On a donc calepiné selon les dimensions standardisées. Dans notre cas, nous n'avons pas eu de problème de tassement.

Pour la mise en place des bottes, une machine a été construite par notre menuisier pour nous permettre de feuilurer les bottes (photo de gauche). Ainsi ajustées, nous n'avons pas eu besoin de combler les trous entre les bottes et les risques de ponts thermiques ont été diminués.



Botte de paille feuilurée

(Source : *Bergerie de la Berdine – Ostraka*)



Mur en bottes de paille « debout »

(Source : *Bergerie de la Berdine – Ostraka*)

● Pare-vapeur ou frein-vapeur ? (Source : *Architecte*)

Un pare-vapeur est en matière synthétique et a pour but de « stopper » la vapeur, un frein-vapeur est quant à lui micro-perforé et a pour but de ralentir la propagation de la vapeur. Dans notre cas, nous avons utilisé un frein vapeur mais ce n'est pas l'utilisation de la paille qui l'oblige. Comme il faut utiliser des matériaux du moins perméable au plus perméable (de l'intérieur vers l'extérieur), nous avons choisi de freiner au maximum la vapeur d'eau dès le début. (L'utilisation d'un pare-vapeur aurait conduit à une condensation et c'est ce que l'on veut éviter).

AVIS REGLEMENTATION/SECURITE/INCENDIE/ERP

Mise en place de certification BBC en vigueur à partir du 1er juin 2010 dans l'attente de validation des règles professionnelles de construction paille. En juillet 2011, l'intégralité des règles professionnelles de construction en paille présentées par le RFCP - Réseau Français de Construction en Paille (<http://www.compailleurs.eu/rfcp>) a été validé par la C2P (Commission Prévention Produits).

Le périmètre couvert par les règles professionnelles de construction en paille est le suivant :

- remplissage isolant en bottes de paille
- paille en tant que support d'enduit (terre crue et chaux)

Elles peuvent être directement commandées (et obtenues sous forme papier) via le site du RFCP. Elles seront publiées en novembre 2011 par les éditions du Moniteur et distribuées dans les librairies. Il n'y a pas encore de DTU à proprement parlé.

Toutefois, privilégier la technique en remplissage d'une ossature bois permet de rester dans un cadre réglementé (DTU 31-2) et donc de bénéficier de la garantie décennale pour l'ossature.

Euroclasse feu de la paille	B-s1,d0 <ul style="list-style-type: none"> • B : Produit combustible à contribution au "flash over" très limitée • s1 : Faible production de fumées • d0 : Absence de gouttelettes et de débris enflammés
Masse Combustible Mobilisable	1440000 kJ/m³ de matière sèche à 15 % d'humidité relative à 100 kg /m ³

Les essais effectués sur une maquette de toiture et une maquette de mur montrent une stabilité au feu supérieure à ¼h, ce qui est correct.

Dans le cas de la toiture paille, la résistance est apportée par le panneau 3 plis de 27 mm. Lorsque le feu a pu pénétrer à l'intérieur de la paroi, son extinction est quasi impossible. La combustion, lente, reste limitée à quelques bottes face au point de pénétration de la flamme.

A consulter :

- [L'incendie qui autorise à construire en paille des ERP sur deux étages, Le Moniteur](#)
- [Réseau Français de la Construction en Paille : www.compailleurs.eu](http://www.compailleurs.eu)

Règles parasismiques d'application obligatoire à compter du 1^{er} mai 2011

Les nouvelles règles parasismiques sont applicables lors de la construction de bâti nouveau de catégories d'importance III et IV dans la zone de sismicité 2, et de catégories d'importance II, III et IV dans les zones de sismicité 3, 4 et 5. D'autre part, elles sont également applicables aux bâtiments existants dans certaines conditions, notamment à l'occasion de certains travaux importants.

L'article 3 de l'[Arrêté du 22 octobre 2010](#) précise les types de modification qui imposent des règles aux bâtiments existant modifiés. (la zone PACA à des zones de sismicité allant de 2 à 4).

Retours d'expériences

●Premier ERP en paille (Source : Architecte)

Bien qu'il n'y avait pas encore de règles professionnelles, nous avons construit le premier établissement recevant du public en paille. Au niveau réglementaire, cet établissement est classé Po (hôtellerie, pension de famille). Il s'agit d'un ERP 5^{ème} Catégorie. Il y a notamment deux chambres qui sont destinées aux familles et amis qui rendent visite aux résidents de cette association. Sur cette construction il n'y a pas eu de réel problème réglementaire. La difficulté s'est plutôt posée pour l'assurance. En effet la société concernée ne souhaitait pas assurer la paille comme isolation de ce bâtiment, mais comme dans certains cas et dans certains projets, cela reste une histoire de personne présente au bon moment. Il s'agit dans ce cas de l'appui d'une personnalité siégeant à la commission générale des assurances qui a forcé la prise en charge de cette construction et sans surcoût comme une aide à l'association de la Bergerie de Berdine. Il n'est pas évident que cela fasse jurisprudence par la suite.

CONFORT ET ENERGIE

THERMIQUE

DOMAINE	VALEURS ADMISES
Conductivité thermique	
- Bottes masse volumique <= 200 kg/m ³ (règles Th-U § 2.6.7) (varie généralement de 70 à 130 kg/m ³)	$\lambda_{\text{moyen}} = 0,065 \text{ W/(m.K)}$ Cp = 1332 (J/(kg.K))
- Bottes masse volumique > 200 kg/m ³ (règles Th-U § 2.5.5). (utilisées en structure porteuse)	$\lambda_{\text{moyen}} = 0,12 \text{ W/(m.K)}$ Cp = 1400 (J/(kg.K))
Résistance thermique	R= 4,5 à 12 m ² .K/W (selon mode constructif et λ retenu pour les calculs)
Diffusion de la vapeur d'eau	Très grande perméabilité à la vapeur d'eau : $\mu = 1$ à 2
Teneur en eau	Teneur en eau maximale : 20 à 25 % de sa masse sans risque d'altération. Très hygroscopique (varie de manière importante lorsque l'humidité de l'air varie)

La résistance à la transmission de la vapeur d'eau de la paille est équivalente à celle de l'air ou des laines minérales. La paille est un excellent isolant thermique mais n'a que peu d'inertie thermique, il n'y a pas de stockage de la chaleur. Il faut donc prévoir des masses thermiques dans l'aménagement intérieur :

- Les sols, en jouant sur l'épaisseur de la dalle.
- Le plafond, en chargeant de matériaux lourds.
- Les cloisons, en briques de terre pleine par exemple.

ACOUSTIQUE

Affaiblissement acoustique : 45dB

(Source : [Bruit aérien paille EN ISO 140-1 FR](#))

VISUEL

Les produits ne sont pas destinés à être vus.

APPROCHE FINANCIERE

INVESTISSEMENT A TITRE INDICATIF HORS LIVRAISON (06/2011)

Les matériaux utilisés sont accessibles localement et parfois à bas prix. Hors transport, la botte coûte environ 1€, soit un maximum de 2 à 3 € la botte livrée. A ce tarif le m² d'isolant revient à environ 4 à 6 €, soit l'un des isolants thermiques les moins chers du marché.

Retours d'expériences :

● Premier ERP en paille - (Source : Architecte)

Pour une surface de murs de 750 m² environs : Une partie des bottes (400 unités) a été produites par l'association de la Bergerie de Berdine (maître d'ouvrage) provenant des champs alentours. 1200 bottes supplémentaires ont été achetées pour un montant de 4000 € TTC à un agriculteur situé à Céreste (04) (15 km du chantier). Il y a eu une prospection pour l'achat de bottes chez des revendeurs spécialisés dans la construction mais l'éloignement, par rapport au chantier, nous a poussé à choisir un agriculteur local qui avait de bonnes bottes qui n'étaient pas spécialement destinées à la construction. Nous avons demandé un devis au charpentier pour le conditionnement des bottes (coupe, feuillement des bottes et fabrication d'une machine à fendre et à feuilletter). Montant 60 000 € TTC dont 15 000 € pour la conception et la fabrication de la machine à découper.



Machine de découpe pour paille à feuilletter
(Source : Bergerie de la Berdine – Ostraka)

MISE EN ŒUVRE

Cependant, malgré le faible prix du matériau, il convient de prendre en compte le coût de main d'œuvre (la main-d'œuvre nécessaire pour faire construire sa maison représente environ 75 % du prix), sensiblement plus élevé que pour les autres systèmes constructifs, notamment pour la réalisation des enduits sur paille. Les systèmes préfabriqués sont réputés financièrement plus intéressants.

Lorsque l'on fait construire par des professionnels (avec ou sans garantie décennale), les coûts sont situés entre 1000 et 1500 €/m².

Retours d'expériences :

● La mise en œuvre (Source : Architecte)

Pour notre extension de la Bergerie de Berdine, ce sont les habitants qui ont assuré la mise en œuvre. Toutefois, nous l'avons faite chiffrer : pour une surface de mur en paille égale à 750 m² environ, l'estimation du temps nécessaire était de 54 jours ouvrés à 3 personnes et le forfait main d'œuvre hors taxes a été estimé à 51 840 € soit environ 70 €/m².

ILLUSTRATIONS



Isolation d'une toiture
Source : <http://www.habitat-ecologique.org>



Isolation par la technique du GREB
Source : <http://terremere.fr/Greb.html>



Mur en paille préfabriqué et pose sur chantier
Source : <http://www.lemoniteur.fr> « Bâtiment industriel bois paille avec mur coupe-feu deux heures »



CARACTERISTIQUES ENVIRONNEMENTALES

ORIGINE DES PRODUITS

D'origine 100% végétale, on peut s'approvisionner chez l'agriculteur local ou le vendeur-grossiste.

CARACTERISTIQUES SANITAIRES ET SANTE

- Poussières lors de la manutention des bottes de paille. L'utilisation d'un masque à poussière est recommandée.

ELEMENTS D'ACV

Le matériau paille est :

- une matière première « primaire »
- disponible localement ou très localement
- un matériau bio-sourcé, peu transformé et stockeur de CO₂
- complètement recyclable en fin de vie (PR=100%), biodégradable
- permet une construction durable dans le temps.

Le bilan carbone de la construction d'un bâtiment en paille structure bois est négatif (stockage), alors qu'un bâtiment conventionnel (bloc béton/ laine minérale) est fortement émetteur de CO₂.

Bien que les résultats doivent être affinés, l'analyse du potentiel des éco-matériaux d'origine agricole pour la construction et l'isolation donne des résultats en nette faveur pour le mur en paille (par rapport au béton, il y a une diminution des impacts par 4 et plus, les impacts considérés étant le changement climatique, acidification atmosphérique, la consommation énergétique et l'épuisement des ressources).

Impacts environnementaux pour la fabrication du matériau paille :

	Energie grise d'origine non renouvelable (kWh/m ³) :	Impact environnemental / Changement climatique (kg eq CO ₂ /m ³)
Botte de paille	1	-165

Source : [Logiciel Cocon](http://www.maison.com/architecture/maison-basse-consommation/bibliotheque-materiaux-construction-4818/) - <http://www.maison.com/architecture/maison-basse-consommation/bibliotheque-materiaux-construction-4818/>

L'isolant paille utilisé en remplissage dispose désormais d'une [FDES](#) à déclaration collective (non vérifiée par une tierce partie) déposée par le RFCP.

ENTRETIEN MAINTENANCE

Pour les constructions en paille, le point le plus important à vérifier est l'humidité (la paille peut pourrir si elle est soumise à une humidité constante).

On surveillera donc les entrées d'eau potentielles dues à la pluie, aux fuites de toitures, de chenaux... On veillera à exécuter parfaitement l'étanchéité au niveau des menuiseries. On prendra toutes les mesures pour éviter les inondations, par exemple en éloignant les canalisations des murs extérieurs. Le soubassement devra également être bien étudié et parfaitement mis en œuvre afin d'empêcher toute remontée capillaire.

Autre point délicat, le couple paille-enduit extérieur doit être traité avec attention. Dans les régions de bord de mer, soumises eux vents du large et aux embruns, une technique ossature bois, paille, pare-pluie et bardage sera préconisé (meilleur par rapport à une ossature centrée ou ossature décentrée vers l'intérieur). D'autant que si la paille ne sèche pas, des champignons potentiellement toxiques (ergot du seigle) peuvent se développer.

Retours d'expériences

● L'humidité (Source : Architecte)

Nous avons stocké nos bottes de paille sur place, dans un hangar de la Bergerie dont nous assurions l'extension. Elles étaient donc à l'abri de l'humidité. Si elles avaient pris la pluie, seule les bottes extérieures auraient été touchées (les bottes sont tellement compactes que l'eau s'écoule autour et ne rentre pas).

● Les termites dans la paille (Source : Chercheur au LRA - Laboratoire de recherche en Architecture)

Il est plus dur de creuser dans la paille que dans beaucoup d'autres isolants et aux Etats-Unis des tests ont montré que les termites préfèrent les cadres des menuiseries et les portes à la paille. Un essai sur l'appétence vis-à-vis des termites, réalisé au printemps 2010 par l'institut technologique Forêt Cellulose Bois-Construction Ameublement (FCBA) de bordeaux, concluait « les termites sont capables de se nourrir de paille mais cet aliment est insuffisant du point de vue nutritif pour permettre à un groupe de termites de survivre ».

CONCLUSIONS

LES FREINS

- Nombreuses réalisations en France comme à l'étranger, littérature abondante sur le sujet mais absence de reconnaissance officielle et de règles professionnelles.
- Maîtrise du savoir-faire.
- Sensibilité du matériau à l'humidité nécessitant de respecter des règles de construction précises. Protection à l'humidité, perspiration de la paroi, continuité des enduits et étanchéité à l'air doivent garantir la durabilité performances thermiques et la pérennité du bâti.
- La grande variabilité des caractéristiques dimensionnelles des bottes peut-être un frein pour une mise en œuvre sur de grands chantiers.
- Feu : la paille est combustible et ne doit pas rester exposée à l'air libre. Les éventuelles lames d'air entre la paille et le parement sont particulièrement à bannir. Des précautions sont à prendre lors des chantiers.

LES ATOUTS

- Ressources locales peu onéreuse: sous-produit agricole, matériau renouvelable.
- Véritable isolant thermique, elle permet des systèmes constructifs thermiquement très performants.
- Elle n'attire pas plus les rongeurs que n'importe quel isolant, les rongeurs préférant souvent le polystyrène et la laine de verre.
- Compactée et protégée par un parement, son comportement au feu et au tassement est un atout par rapport aux autres isolants.

BIBLIOGRAPHIE / PERSONNES RESSOURCES / FORMATIONS

26 août 2011 - décret modifiant le code des marchés publics

Le [décret n° 2011-1000](#) du 25 août 2011 modifiant certaines dispositions applicables aux marchés et contrats de la commande publique est publié au Journal officiel du 26 août 2011.

Il introduit, dans le code des marchés publics, les contrats de performance énergétique en en étendant le champ à d'autres modes de performance. Il offre la possibilité aux acheteurs de retenir, parmi les critères de choix de l'offre économiquement la plus avantageuse, les performances en matière de développement des approvisionnements directs de produits de l'agriculture. Il supprime l'obligation de lier variante et offre de base. Il comporte enfin des mesures de simplification et de clarification, notamment sur la reconduction tacite des marchés reconductibles et les révisions de prix.

→ [Accéder à la fiche explicative](#)

Bibliographie

La construction en paille : Principes fondamentaux - Techniques de mises en œuvre - Exemples de réalisations (Luc Floissac) (24/10/12, 45 €). [En savoir plus](#).

Personnes ressources

Olivier Gaujard, BET Gaujard technologie Avignon (84)

Samuel Courgey, Arcanne

Pascal Peris, architecte, enseignant à l'école nationale supérieure d'architecture de Montpellier

Luc Floissac, architecte enseignant-chercheur GRECAU groupe de recherche environnement et conception en architecture et en urbanisme à l'école nationale supérieure d'architecture de Toulouse

Bernard Abraham, CSTB

Xavier Campeyron, ENTPE

Alain Grelat, CEBTP centre d'expertise du bâtiment et des travaux publics www.cebtp.fr

Jean-Marie Haquette, CNDB

Formations, sites ressources

Les Compailleurs, Réseau français des professionnels de la construction paille : www.compailleurs.fr

Association Le Gabion, à Embrun (04) : <http://gabionorg.free.fr/> / <http://gabionorg.free.fr/paille.htm>

- Plaquette "[Pourquoi isoler en botte de paille ? Des solutions pour l'avenir](#)"

- [Diaporamas des assises PACA de la construction paille 2011](#)

EcoBâtir, Réseau national d'acteurs de la construction écologique : www.reseau-ecobatir.asso.fr

La maison en paille : <http://www.lamaisonenspaille.com/>

Réseau Empreinte, enquête nationale de recensement des constructions paille : <http://www.habitat-ecologique.org/paille1.php>

Site du GREB (Groupe de recherches écologiques de la Baie) : http://www.greb.ca/GREB/La_technique_du_GREB.html

Approche paille (technique du GREB) : <http://www.approchepaille.fr/>

[Comment ça marche : la construction en paille](#) (Le moniteur / novembre 2012)

[Fiche de synthèse sur l'isolation en paille](#) (Lorraine Qualité Environnementale)

Botmobil : <http://botmobil.org/>

Amazonails (UK) : <http://amazonails.org.uk/>

Fachverband Strohballenbau Deutschland e.V. : <http://www.fasba.de/>

ASBN - Austrian strawbale network : <http://www.baubiologie.at/>

Exemples de réalisations en PACA

- [Salle polyvalente de Mazan](#) (84)

Exemples de grands projets en France

- [L'école Louise Michel](#) à Issy-les-Moulineaux (78)

- [Le nouveau siège d'Ecocert](#)

- [Le groupe scolaire "Résistance"](#) à Montreuil (93)

- [La résidence Jules Ferry](#) à Saint-Dié des Vosges (88)

Cette fiche a été réalisée par un groupe d'étudiants de la formation continue de l'ENSA Marseille-Luminy en septembre 2008 (Sylvain Fayet, Claire Cornu, Isabella Tello, Arnault Guin, Christelle Rostain-Magnin)

Relecture et modifications : Bruno Jarno, AJENA (juin 2009) / Mélissa Maleama (juillet 2011) / mise à jour légère (février 2014)