

---

# Murs en paille porteuse : mise en œuvre et comportement

Quirant Jérôme<sup>1</sup>, Julien Averseng<sup>2</sup>, Cédric Hamelin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> LMGC, Univ. Montpellier, CNRS, Montpellier, France, [jerome.quirant@umontpellier.fr](mailto:jerome.quirant@umontpellier.fr)

<sup>2</sup> LMGC, Univ. Montpellier, CNRS, Montpellier, France, [julien.averseng@umontpellier.fr](mailto:julien.averseng@umontpellier.fr)

<sup>3</sup> Architecture Boha, Association Nebraska, Nîmes Grenoble, France, [contactnebraska@gmail.com](mailto:contactnebraska@gmail.com)

---

*RÉSUMÉ.* La paille porteuse est une technique de construction qui existe depuis plus d'un siècle mais qui a peu fait l'objet d'investigations concernant les processus de mise en œuvre, l'évaluation des performances mécaniques ou la tenue au feu. Dans le cadre de projets de fin d'études réalisés par les étudiants de l'IUT de Nîmes, des améliorations dans le processus de mise en œuvre, des essais mécaniques ou des tests de fluages ont été réalisés. Nous présentons ici les résultats obtenus, premiers éléments permettant de qualifier la paille porteuse en tant que solution constructive écologique, viable et durable.

*ABSTRACT.* Load bearing straw bale is a construction technique that has existed for more than a century but has been little investigated regarding the processes of implementation, the evaluation of mechanical performance or fire resistance. During final year projects carried out by the students of the IUT of Nîmes, improvements in the implementation process were experimented and mechanical tests were carried out. We present here the results obtained, first elements to qualify the straw as an ecological, viable and sustainable constructive solution.

*MOTS-CLÉS :* Botte de paille, mur porteur, résistance, fluage, feu.

*KEY WORDS:* Bale straw, load bearing wall, resistance, creep, fire.

---

## 1. Introduction

La construction paille est apparue il y a un peu plus d'un siècle au Nebraska (USA) avec l'invention de la botteuse agricole. Cette méthode de construction est née de la difficulté d'utiliser les méthodes de construction traditionnelles en maçonnerie dans cette région. Depuis sa création, la construction paille a évolué et de nombreux bâtiments ont été édifiés et sont toujours en excellent état. Un symbole de la durabilité de la construction paille est la maison Feuillette, bâtiment construit en 1921 à Montargis et toujours en très bon état d'usage. Le site Feuillette abrite aujourd'hui le Centre National de la Construction Paille (CNCP – Émile Feuillette), une association regroupant depuis 2006 les différents acteurs de la construction paille en France, et promeut l'éco-construction.

En 2012 le Réseaux Français de la Construction Paille (RFCP) a édité les règles professionnelles de construction en paille [RFC 12]. Cet ouvrage concerne l'utilisation de la paille comme remplissage isolant et support d'enduit, y compris enduit terre. Il apporte des précisions techniques, des méthodes de mise en œuvre. Ces règles sont organisées comme un DTU et constituent un guide pour les constructeurs, un support pour les formateurs mais elles font surtout office de garantie auprès des assureurs.

Si la paille en tant qu'isolant est ainsi reconnue, peu de travaux ont été menés pour qualifier la paille en tant qu'élément porteur [OLI 12]. En vue de l'accompagnement d'un projet d'envergure proposant la réalisation d'une dizaine de bâtiments, la SEMIGA (Société anonyme immobilière d'économie mixte du département du Gard) s'est tournée vers l'IUT de Nîmes et le Laboratoire de Mécanique et Génie Civil de l'Université de Montpellier pour procéder à des essais de validation des processus constructifs pour des murs porteurs en paille.

De nombreux résultats ont été obtenus, nous les présentons ici de façon condensée.

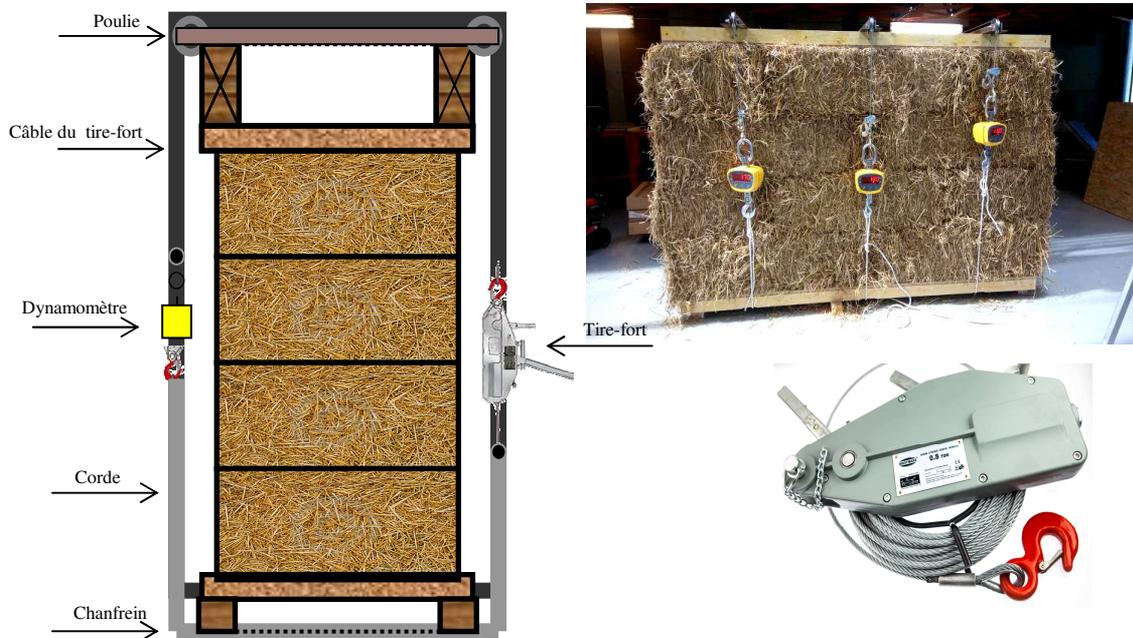
## 2. Mis en œuvre

L'utilisation de bottes de paille comme élément porteur suppose un assemblage des éléments permettant une stabilisation et une rigidification de l'ensemble. Pour cela, une précontrainte des bottes est introduite lors du montage, avant qu'un système de verrouillage (par feuillard ou sangles fines) permette de maintenir lisses hautes et basses en position (Figure 1). Un premier travail a consisté à proposer une procédure alternative de mise en compression, plus performante en termes de d'effort induit que les techniques actuellement utilisées (sangles de camion par exemple), tout en restant simple et légère.



**Figure 1.** Principe de mise en œuvre d'un mur en paille porteuse (source : *Projet adream - Architecte Boha 2010*).

Pour contrôler au mieux la mise en compression du mur, un système de câbles et poulies, couplées à des tire-fort a pu être testé. En insérant des dynamomètres dans cette chaîne de mise en compression, il a été possible d'évaluer la réponse en tassement du mur en fonction du niveau de précontrainte appliqué (Figure 2).



**Figure 2.** Mise en compression d'un mur constitué de bottes de paille – Mesure de la sollicitation appliquée.

Il a été constaté que l'utilisation de poulies permet un meilleur équilibrage des efforts par rapport à des sangles. De plus, le dispositif mécanique de type tire-fort concourt à accroître notablement le niveau de précontrainte dans le mur, ce qui améliore sa stabilité et sa rigidité (de 6000 N/ml avec des sangles, nous avons pu monter jusqu'à 14 000 N/ml pour un même nombre d'éléments actifs).

### 3. Comportement

Différents tests mécaniques ont été effectués, d'abord sur des bottes isolées (paille de blé,  $L \times l \times h = 120 \times 46 \times 36$  cm), puis sur des murs témoins afin de vérifier si le comportement d'une botte isolée (Figure 3) peut s'extrapoler à celui d'un assemblage. Ainsi un contrôle de la mise en compression est envisageable par mesure simple du déplacement, plus simple à effectuer sur chantier qu'un ensemble de mesures par dynamomètre.

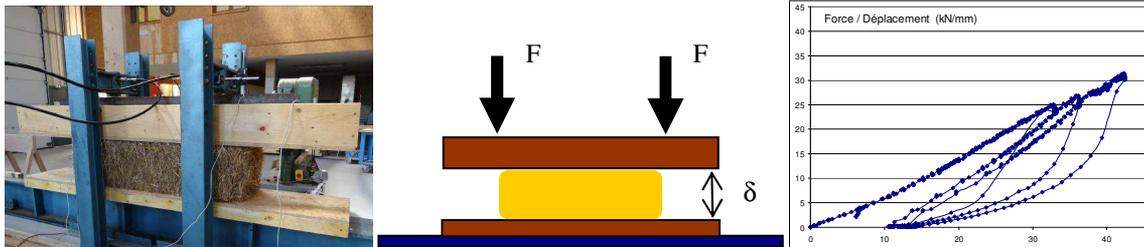


Figure 3. Essai de compression sur botte de paille.

Il a été constaté un comportement non fragile sous sollicitation (les ficelles liant la botte ont tendance à rentrer dans la botte comprimée, mais sans rupture, même à 30 kN de chargement) ce qui est plutôt rassurant du point de vue de la sécurité. La raideur de la botte est bien sûr dépendante de sa densité initiale, fonction du serrage lors de la fabrication par la botteleuse. Les taux d'humidité de chaque botte ont été évalués afin de vérifier la reproductibilité des résultats.

Par la suite, les déplacements ont été mesurés sur un mur témoin ce qui a permis de vérifier la relation force déplacement pour un empilement de 4 bottes (Figure 2).

### 4. Vers une solution constructive

Pour proposer des murs en paille porteuse en tant que solution viable et durable, plusieurs freins peuvent être identifiés, liés notamment à des idées reçues sur le matériau paille : danger du feu, faible résistance, durabilité, effet d'une humidification accidentelle, etc. Afin de démentir certains de ces *a priori* erronés, nous avons réalisé un module rectangulaire de 12 m<sup>2</sup>, avec une précontrainte uniforme correspondant à un tassement de 2 cm par botte de paille, soit 12 cm au total pour les 6 rangées de bottes (Figure 4).



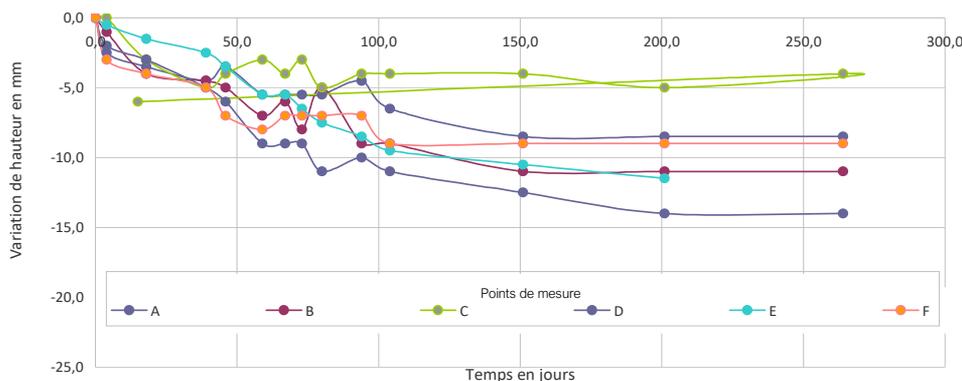
Figure 4. Module de 12 m<sup>2</sup> réalisé en paille porteuse – Enduit extérieur

Une fois ce module enduit sur certaines faces (enduits à base de terre) nous avons procédé à différents tests permettant d'évaluer la résistance mécanique à long terme de la solution proposée (Figure 5) ainsi que sa résistance au feu.



Figure 5. Chargement de murs en paille porteuse pour essai de fluage sur mur brut et enduit.

Des essais de fluage s'avèrent nécessaire afin d'évaluer la tenue dans le temps d'un mur en paille porteuse sous charge. Nous avons réalisé des essais sur deux types de mur : en paille nue et avec enduit sur les deux faces (Figure 5). Après huit mois sous charge (720 kg sur 3 m de long), le mur enduit n'a subi aucune déformation mesurable (mesure au millimètre près à partir de points de mesure régulièrement répartis définis avant chargement). Pour le mur en paille nue (960 kg sur 2,40 m de long) le fluage s'est stabilisé au bout de 6 mois (Figure 6) avec un tassement moyen de 12 mm, soit une déformation de 0,57 %.



**Figure 6.** Tassement d'un mur en paille nue au cours du temps en différents point, charge de 4000 N/m

L'enduit terre, mis en œuvre directement sur la paille brute, nous a également permis de tester la résistance à l'arrachement suivant différentes sollicitations (pour les dispositifs d'accrochage de meubles par exemple) et sa réponse à une exposition ponctuelle au feu (Figure 7)



**Figure 7.** Essai de tenue au feu de l'enduit et d'une botte de paille nue exposés à une flamme de chalumeau.

L'exposition de l'enduit pendant 15 minutes à la flamme d'un chalumeau à 1 300°C a montré une altération mécanique, rendant le matériau cassant mais sans fissuration. Par ailleurs, des mesures de température ont été effectuées en surface et dans le mur, pour évaluer la propagation de la chaleur. Derrière le revêtement, la paille s'est consumée en raison de la forte température, mais sans que le feu se propage pour autant : la forte densité des bottes laisse peu de comburant disponible. Ce phénomène a aussi été observé sur une botte de paille isolée, pour laquelle seule la paille de surface a propagé le feu en début d'essai. Après 6 minutes d'exposition, une profondeur de seulement 10 cm de paille s'était consumée autour de la flamme.

## 5. Conclusion

Par ces travaux, nous avons pu montrer que la mise en œuvre de mur porteur en paille porteuse relève d'une technique accessible et dont la qualité est maîtrisable. Sur le plan mécanique, un mur enduit présente un comportement global (rigidité, fluage) et des caractéristiques locales de tenue au feu et à l'arrachement qui sont comparables à celles des constructions courantes en maçonnerie. Cette solution apparaît tout à fait viable dans le contexte actuel, sans oublier ses avantages sur les plans thermique, acoustique et impact carbone.

## 6. Bibliographie

[RFC 12] RFCP, MEDDTL, Règles professionnelles de construction en paille – Remplissage isolant et support d'enduit, ouvrage collectif. Editions Le Moniteur, <http://www.compaillons.eu>, 180 p., 2012.

[OLI 12] OLIVIER Myriam, ROJAT Fabrice, FORET Gilles, HAMELIN Cédric, Construction en paille porteuse, méthodologie d'essais su comportement mécanique, Colloque International Francophone NoMaD, Toulouse, 19-20 novembre, 2012.