



**Objet :** Note d'avancement des essais de résistance au feu sur murs de béton de chanvre.

## **PREAMBULE :**

La présente note d'avancement détaille la démarche mise en œuvre afin de caractériser les systèmes constructifs constitués de murs à ossature bois avec remplissage de béton de chanvre du point de vue de la résistance au feu. Cette action constitue une partie du projet intitulé « Évolution et sécurisation de la chanvre construction » porté par l'association Construire en Chanvre et soutenu dans le cadre du programme PACTE.

Elle est constituée de 3 grandes étapes :

- 1 – Essais de pré-sélection permettant, en amont de l'essai EI, d'identifier les configurations les plus défavorables et d'évaluer s'il est envisageable, à partir d'un seul essai, d'obtenir classement EI suffisamment élevé et représentatif d'une large gamme de systèmes conformes aux règles professionnelles.
- 2 – Essai de RESISTANCE AU FEU d'un mur non porteur en béton de chanvre avec ossature bois exposé au feu selon la courbe normalisée.
- 3 – Étude de la propagation verticale du feu en façade dans le cadre d'un essai LEPIR 2

L'étude est menée par le CEF (Centre d'Essais au Feu) du CERIB (Centre d'Études et Recherches de l'Industrie du Béton) d'Épernon qui fait partie des trois laboratoires agréés par le ministère de l'Intérieur en matière de résistance au feu (arrêté du 5 février 1959 modifié).

Construire en Chanvre fournit les informations nécessaires au bon déroulement de l'étude et assure la mise en œuvre des corps d'épreuve sur site.

Les résultats obtenus à ce jour (essais de pré-sélection et essai de résistance au feu sur mur non porteur) sont matérialisés par les documents suivants (actuellement en version provisoire – version définitive prévue courant mars 2020) :

**Rapport d'étude n° 014116 :** description et principes des essais à réaliser pour la caractérisation des performances de résistance au feu d'un système constructif en béton de chanvre - Description de la famille des bétons de chanvre

**Rapport d'essai n° 014288 :** Essai de pré-sélection de 6 corps d'épreuve en béton de chanvre – Influence de la nature et de la mise en œuvre du béton de chanvre « mur »

**Rapport d'essai n° 014290 :** Essai de pré-sélection de 6 corps d'épreuve en béton de chanvre – Influence des finitions intérieures et extérieures

**Rapport d'essai n° 020006 :** Essai de RESISTANCE AU FEU d'un mur non porteur en béton de chanvre avec ossature bois exposé au feu selon la courbe normalisée

**Appréciation de laboratoire n° 020007 :** Essai de RESISTANCE AU FEU d'un mur non porteur en béton de chanvre avec ossature bois exposé au feu selon la courbe normalisée

**Procès-Verbal de Classement n° 020008 :** Essai de RESISTANCE AU FEU d'un mur non porteur en béton de chanvre avec ossature bois exposé au feu selon la courbe normalisée

---

## **Construire en Chanvre**

Association régie par la loi du 1<sup>er</sup> Juillet 1901 – SIREN 438812901

140 rue Chevaleret – 75 013 PARIS

[www.construire-en-chanvre.fr](http://www.construire-en-chanvre.fr)

## I – ESSAIS DE PRE-SELECTION :

### I.1 – Série 1 : Influence de la nature et de la mise en œuvre du béton de chanvre « mur » Essai réalisé le 14 mars 2019

L'étude est menée sur 6 corps d'épreuve prismatique sans finition de 1300 mm de haut, 600 mm de large et 295 mm d'épaisseur en béton de chanvre – formules « mur » dans lesquels est noyée un montant d'ossature bois (section 45x145 mm).

5 formules de béton de chanvre « mur » couvrant l'ensemble de la famille des couples validés (dosage en liant, nature du liant et numéro de label du granulats chanvre) sont mis en œuvre par banchage.

Un 6<sup>ème</sup> corps d'épreuve (avec la formule « mur » à priori la moins favorable) est mis en œuvre par projection.

Chaque corps d'épreuve est équipé de 3 grappes de 10 thermocouples, repartis dans l'épaisseur du béton de chanvre et autour de l'ossature bois. Ces grappes de thermocouples sont implantés dans l'axe de l'ossature, à  $\frac{1}{6}$ ,  $\frac{1}{2}$  et  $\frac{5}{6}$  de la hauteur des corps d'épreuve.

Chaque grappe est composée de 10 thermocouples :

- 1 thermocouple à pastille en face exposée au feu ;
- 3 thermocouples répartis dans le béton de chanvre devant l'ossature, à 1 cm, 3 cm et 5 cm de la face exposée au feu ;
- 1 thermocouple à l'interface entre le béton de chanvre et l'ossature ;
- 1 thermocouple à  $\frac{1}{6}$  de l'épaisseur de l'ossature, centrée dans l'axe longitudinal de l'ossature ;
- 3 thermocouples à  $\frac{1}{3}$  de l'épaisseur de l'ossature : 1 centré dans l'axe longitudinal de l'ossature et 2 de part et d'autre de l'ossature ;
- 1 thermocouple à pastille en face non exposée au feu.

Résumé des résultats obtenus :

- L'essai a été mené pendant 3h30 et la température maximale en face non exposé est comprise entre 44°C et 71°C pour les 5 corps d'épreuve banchés, et 17°C pour le corps d'épreuve projeté. Au vu de ces températures qui restent très faibles par rapport aux critères de performances d'isolation thermique de la norme NF EN 1363-1 (augmentation en moyenne de 140 °C de la température initiale moyenne ou augmentation de la température initiale moyenne de plus de 180 °C), le critère de température en face non exposée au feu est jugé comme non déterminant.
- La mesure de la température à l'interface entre le béton de chanvre et l'ossature bois nous permet d'identifier à quel moment la carbonisation du bois de l'ossature commence, c'est-à-dire à quel moment elle atteint la température de 300 °C. Ce critère retenu comme prépondérant permet de mettre en évidence que la formule la moins dosée en liant et mise en projection constitue le cas le plus défavorable (température de 300°C à l'interface entre le béton de chanvre et l'ossature bois atteint en 128 minutes).

---

## Construire en Chanvre

Association régie par la loi du 1<sup>er</sup> Juillet 1901 – SIREN 438812901  
140 rue Chevaleret – 75 013 PARIS  
[www.construire-en-chanvre.fr](http://www.construire-en-chanvre.fr)

Conclusion (extrait de l'appréciation de laboratoire) :

« Le béton du corps d'épreuve le moins dosé en liant et mis en œuvre par projection est donc sélectionné pour réaliser l'essai de résistance au feu à échelle 1. Les résultats de l'essai à échelle 1 pourront être applicables aux autres bétons de chanvre de la famille. »

I.1 – Série 2 : Influence des finitions intérieures et extérieures

**Essai réalisé le 20 mars 2019**

L'impact des finitions intérieures/extérieures est conduit en couplant ces dernières au béton de chanvre le moins dosé en liant de la série 1 mis en œuvre par banchage.

Afin de caractériser au mieux l'apport des enduits et de couvrir au maximum les familles de compositions de ces derniers, des épaisseurs minimales d'enduit (18 mm pour les enduits chaux/sable et 32 mm pour les enduits chaux/chanvre) et de système Fermacell (plaque de 12,5 cm utilisée en coffrage perdu de la face exposée au feu) sont préconisées.

Pour les enduits chaux/sable, un dosage minimal en liant est utilisé pour couvrir cette famille d'enduits aussi bien en finition intérieure qu'en extérieure. Dans le cas des enduits chaux/chanvre, la base de données d'enduits chaux/chanvre validée est couverte en considérant les couples aux dosages minimums et maximums de liant (respectivement 400 kg/m<sup>3</sup> et 880 kg/m<sup>3</sup> de dosage en liant).

Sur la base du corps d'épreuve confectionné à partir de la formule « mur » la moins dosée mise en œuvre par banchage, 6 éprouvettes similaires à celles de la série 1 ont été fabriquées et les finitions de type enduits ont été appliquées après 1 mois.

Résumé des résultats obtenus :

Le critère de comparaison choisi est le même que pour l'essai précédent, c'est-à-dire la température à l'interface entre le béton de chanvre et l'ossature bois. Les observations faites en face exposée au feu à l'aide de caméras endoscopiques nous permettent aussi de savoir s'il y a eu une chute de la finition intérieure au cours de l'essai.

Le corps d'épreuve 171100, qui correspond au corps d'épreuve sans finitions, sert de référence.

Référence	Température moyenne à l'interface entre le béton de chanvre et l'ossature (Tc5) (*)			Observations en face exposée au feu	
	La température de 300 °C est-elle atteinte ?	Si oui, à quelle minute ?	Si non, quelle est la température à la fin de l'essai ?	La finition intérieure est-elle tombée	Si oui, à partir de quelle minute ?
171100	Oui	175 minutes	/	Pas de finitions	
171130	Oui	187 minutes	/	Oui	50 minutes
171133	Oui	199 minutes	/	Oui	28 minutes
171140	Oui	165 minutes	/	Oui	53 minutes
171120	Non	/	94 °C	Non	/
171113	Non	/	94 °C	Non	/
171110	Non	/	94 °C	Non	/

**Construire en Chanvre**

Association régie par la loi du 1<sup>er</sup> Juillet 1901 – SIREN 438812901

140 rue Chevaleret – 75 013 PARIS

[www.construire-en-chanvre.fr](http://www.construire-en-chanvre.fr)



Résumé des résultats obtenus :

- L'essai a été mené pendant 4 heures (240 minutes) sans enfreindre les critères de performances d'étanchéité au feu (E) d'isolant thermique (I). En face non-exposée au feu, la température moyenne n'a pas dépassé 85°C et la température maximale est restée inférieure à 90°C

**Conclusions (extrait de l'appréciation de laboratoire) :**

Les résultats de l'essai n° 020006, réalisé sur un mur en béton de chanvre de composition 171100 sans finitions intérieures ni extérieures, sont applicables aux autres bétons de chanvre, sous réserve que :

- Le couple liant/granat est conforme aux Règles Professionnelles d'exécution d'ouvrages en béton de chanvre de 2012 – Murs en béton de chanvre ;
- Le dosage en liant est compris entre 180 kg/m<sup>3</sup> et 330 kg/m<sup>3</sup> ;
- Le béton de chanvre est réputé justifier d'un classement de réaction au feu B,s1-do ou plus.

Les bétons de chanvre peuvent être mis en œuvre banchés ou projetés.

Les finitions intérieures acceptées sont :

- Les enduits chaux/chanvre sous réserve que :
  - Le couples liant/granat est conforme aux Règles Professionnelles d'exécution d'ouvrages en béton de chanvre de 2012 – Enduits en mortier ;
  - Le dosage en liant est compris entre 400 kg/m<sup>3</sup> et 880 kg/m<sup>3</sup> ;
  - L'épaisseur d'enduit mis en œuvre est de 32 mm minimum.
- Les enduits chaux/sable sous réserve que :
  - Le dosage en liant est de 250 kg/m<sup>3</sup> minimum ;
  - L'épaisseur d'enduit mis en œuvre est de 18 mm minimum.

Les finitions extérieures acceptées sont les enduits chaux/sable sous réserve que :

- Le dosage en liant est de 250 kg/m<sup>3</sup> minimum ;
- L'épaisseur d'enduit mis en œuvre est de 18 mm minimum.

L'application d'une finition intérieure ou extérieure n'est pas obligatoire.

Au sens de l'arrêté de résistance au feu modifié du 22 mars 2004 du ministère de l'intérieur, un procès-verbal de classement peut être établi et le domaine d'application directe de la norme NF EN 1364-1 peut être appliqué.

---

**Construire en Chanvre**

Association régie par la loi du 1<sup>er</sup> Juillet 1901 – SIREN 438812901  
140 rue Chevaleret – 75 013 PARIS  
[www.construire-en-chanvre.fr](http://www.construire-en-chanvre.fr)

### Classement et domaine d'application directe (extrait du PV de classement) :

« Les conclusions du présent procès-verbal ne portent que sur les performances de résistance au feu de l'élément objet du présent procès-verbal de classement. Elles ne préjugent, en aucun cas, des autres performances liées à son incorporation à un ouvrage. »

CLASSEMENT	
Les éléments, objet du présent procès-verbal de classement, sont classés selon la combinaison suivante de paramètres de performances. <b>Aucun autre classement n'est autorisé.</b>	
EI	240

SENS D'EXPOSITION
Le mur est symétrique. Le sens du feu est indifférent.

CONDITION DE VALIDITE DES CLASSEMENTS
À la fabrication et à la mise en œuvre, les éléments et leur montage doivent être conformes à la description détaillée donnée dans l'appréciation de laboratoire n° 020007, celle-ci pouvant être demandée sans obligation de cession du document en cas de contestation sur l'identité de l'objet.

DOMAINE D'APPLICATION	
Les résultats de l'essai au feu sont directement applicables aux constructions similaires lorsque l'une ou plusieurs des modifications ci-dessous ont été apportées et que la construction continue à être conforme aux règles de conception correspondantes, du point de vue de sa rigidité et de sa stabilité.	
DIMINUTION DE LA HAUTEUR	Hauteur du mur $\leq 4$ m
AUGMENTATION DE L'ÉPAISSEUR DU MUR	Épaisseur du mur $\geq 295$ mm
AUGMENTATION DE L'ÉPAISSEUR DES MATÉRIEAUX CONSTITUTIFS	Section des montants en bois $\geq 45 \times 145$ mm <sup>2</sup> sous réserve de conserver un enrobage en béton de chanvre de 70 mm en face exposée au feu
DIMINUTION DE L'ESPACEMENT ENTRE LES MONTANTS	Espacement entre montants $\leq 600$ mm
AUGMENTATION DE LA LARGEUR	Il est permis d'augmenter la largeur d'une construction identique.

---

### Construire en Chanvre

Association régie par la loi du 1<sup>er</sup> Juillet 1901 – SIREN 438812901  
140 rue Chevaleret – 75 013 PARIS  
[www.construire-en-chanvre.fr](http://www.construire-en-chanvre.fr)

### III – Essai LEPIR 2 :

Initialement, il était prévu de tester une configuration de façade associée à un plancher béton (comprenant l'établissement d'une appréciation de laboratoire prenant la forme d'un procès-verbal de conformité avec la participation d'un laboratoire de réaction au feu).

Compte tenu des résultats obtenus en termes de résistance au feu (obtention du classement EI 240 valable pour l'ensemble des couples « mur » sans avoir besoin de l'apport des finitions de type enduits), il a été convenu de viser une appréciation de solution constructive plus étendue.

Dans le cadre des échanges entre le CERIB et CenC, il serait envisageable de valider du point de vue de la propagation verticale du feu en façade les 6 configurations suivantes avec un seul essai :

- Façade non-porteuse entre 2 planchers pouvant être de type béton, solivage ou CLT.
- Façade rideau auto-porteuse associée à des planchers intermédiaires pouvant être de type béton, solivage ou CLT.

De plus, les résultats obtenus nous permettent d'envisager cette validation sans finition intérieure (ce qui permettrait de garder un maximum d'ouverture sur ce plan) et uniquement avec un enduit extérieur chaux/sable « minimal » (probablement nécessaire pour éviter les phénomènes de propagation de feu pariétal en face extérieure).

Compte-tenu de la disponibilité du banc d'essai du CERIB, le planning prévisionnel pour finaliser la partie liée à l'essai LEPIR 2 est le suivant :

- Semaine 15 (du 6 et 10 avril 2020) : montage de l'ossature bois et du plancher CLT + projection du remplissage de béton de chanvre « mur »
- Semaine 19 (du 4 au 8 mai 2020) : mise en œuvre de la finition extérieure
- Semaine 23 ou 24 (entre 1<sup>er</sup> et le 10 juin 2020) : réalisation de l'essai
- Rédaction de l'appréciation de laboratoire en suivant (probablement disponible fin juillet 2020).

Note rédigée par Philippe MUNOZ, chargé de mission R&D de Construire en Chanvre et Pilote du projet PACTE/CenC



---

**Construire en Chanvre**

Association régie par la loi du 1<sup>er</sup> Juillet 1901 – SIREN 438812901  
140 rue Chevaleret – 75 013 PARIS  
[www.construire-en-chanvre.fr](http://www.construire-en-chanvre.fr)