

# Protocoles d'essais pour la mesure des performances seuils des bétons de chanvre

## 1 Préambule :

Pour être conformes aux Règles professionnelles de mise en œuvre les bétons de chanvre doivent présenter des performances minimales en conditions standard (20°C – 50% HR).

Ces performances seuils sont définies pour chaque application et sont les suivantes :

MUR	Module d'élasticité (MPa)	Résistance à la compression* (MPa)
Valeur seuil (minimum) <i>en condition standard</i>	>15 MPa	>0,2 MPa

SOL	Module d'élasticité (MPa)	Résistance à la compression*(MPa)
Valeur seuil (minimum) <i>en condition standard</i>	>15 MPa	>0,3 MPa

TOIT	Module d'élasticité (MPa)	Résistance à la compression*(MPa)
Valeur seuil (minimum) <i>en condition standard</i>	>3 MPa	>0,05 MPa

ENDUIT	Module d'élasticité (MPa)	Résistance à la compression* (MPa)
Valeur seuil (minimum) <i>en condition standard</i>	>20 MPa	>0,3 MPa

Elles sont évaluées à **60 et 90 jours** suivant les protocoles d'essais exposés dans ce document.

Ces protocoles concernent :

- La mesure des caractéristiques mécanique
- La mesure des caractéristiques thermique

Par ailleurs, ces mesures des performances devront être réalisées par des laboratoires externes. Ces laboratoires sont identifiés et sélectionnés par Construire en Chanvre sur la base de leurs compétences et du matériel nécessaire à la réalisation des essais. La liste des laboratoires est présentée dans ce document, elle est disponible auprès de l'association Construire en Chanvre. Tout nouveau laboratoire peut faire la demande auprès de Construire en Chanvre, pour être inscrit sur cette liste.

Les couples liants-granulat ayant fait l'objet d'essais et présentant les performances seuils demandées sont présentés § 4.

## 2 Protocoles d'essais

### Caractéristiques mécaniques :

	Fabrication des échantillons	Conservation	Préparation avant essais	Essais
<b>Matériel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bétonnière, modèle</li> <li>• Moule 16 cm x 32 cm</li> <li>• Balance (e=10g)</li> <li>• Presse ou matériel de compactage</li> </ul>	Enceinte climatique régulée en T et HR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enceinte climatique régulée en T et HR</li> <li>• Scie</li> </ul>	Presse hydraulique ou électromécanique pour essais de compression conforme à l'EN 12390-4 équipée d'un capteur de force de 50 kN.
<b>Procédure</b>	<p>A. <u>Fabrication du béton</u></p> <p>Les constituants sont mélangés dans la bétonnière suivant les préconisations des fabricants (ordre d'introduction, dosage et temps de malaxage).</p> <p>B. <u>Fabrication des éprouvettes</u></p> <p>Le béton de chanvre est déversé dans le moule cylindrique en 6 couches de 5cm environ chacune compactée avec une force de 0,05MPa.</p>	<p>Les éprouvettes filmées sont introduites dans l'enceinte régulée (20°C – 50%HR) immédiatement après leur fabrication et démoulées sur les faces inférieure et supérieure au bout de 7 jours.</p> <p>Elles sont ensuite maintenues dans l'enceinte de manière à assurer une ventilation sur les faces inférieure et supérieure.</p>	<p>A. <u>Séchage</u></p> <p>Les éprouvettes démoulées sont séchées au moins 96h et au plus 144h dans une enceinte climatique à 50°C+/-1°C et &lt;4% HR.</p> <p>Le séchage est atteint lorsque la variation de masse entre 2 pesées successives espacées de 24h est inférieure à 1%.</p> <p>B. <u>Surfaçage</u></p> <p>Après séchage les éprouvettes sont surfacées par sciage perpendiculairement à une génératrice du cylindre</p>	<p>S'assurer de la propreté des plateaux de la machine et des faces d'appui des éprouvettes.</p> <p>Centrer les éprouvettes sur le plateau inférieur avec une précision de +/-5% du diamètre de l'éprouvette.</p> <p>L'essai est conduit en pilotant le déplacement de la traverse à une vitesse de 5 mm/min.</p> <p>A. <u>Résistance à la compression</u></p> <p>La charge est appliquée sans choc jusqu'à la rupture de l'éprouvette.</p> <p>B. <u>Module d'Young</u></p> <p>On applique une charge inférieure à 40% de la contrainte maximale enregistrée lors de l'essai de compression simple.</p> <p>Pour chaque échéance, il est conseillé de travailler sur 5 éprouvettes pour avoir 3 mesures au minimum</p>

<b>Valeurs paramètres</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nom des constituants</li> <li>Ordre d'introduction</li> <li>Dosage</li> <li>Temps de malaxage</li> <li>Identification des éprouvettes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Température : 21°C+/- 2°C</li> <li>HR : 50% +/-5%HR</li> <li>Temps de conservation : 60 jours et 90 jours</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Température : 50°C+/-1°C</li> <li>HR :&lt;4%</li> <li></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vitesse de déplacement de la traverse : 5mm/min</li> </ul>
<b>Mesures et Calculs</b>	On mesure la masse des échantillons après surfaçage et on en déduit la masse volumique à partir du calcul du volume total.	La température et l'HR de l'enceinte est mesurée sur toute la période de conservation	Après le surfaçage, les éprouvettes sont pesées et mesurées	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aire de la section de l'éprouvette : <math>A_c</math> en <math>m^2</math></li> <li>Hauteur nominale de l'éprouvette : <math>h_0</math> en m</li> <li>Courbe force en fonction du déplacement de la traverse (fréquence d'échantillonnage &gt; à 1 Hz.)</li> </ul> <p>En se référant aux schémas types on détermine :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Charge maximale : F en Newton</li> <li>Résistance à la compression : <math>f_{c,t}=F/A_c</math> en MPa</li> <li>Module d'Young (pente de la phase quasi-élastique de la courbe contrainte (MPa) – déformation (%) sur la partie quasi linéaire du comportement.</li> </ul>

#### Contenu du rapport d'essais :

Le rapport d'essais contiendra obligatoirement :

1. L'identification de l'éprouvette
2. La date de fabrication de l'éprouvette
3. La formulation mise en œuvre (identification des matières premières utilisées, dosages)
4. Les paramètres de fabrication du béton (ordre d'introduction dans la bétonnière, temps de malaxage)
5. La masse initiale de chaque éprouvette (après fabrication)
6. La masse volumique apparente initiale de chaque éprouvette (après fabrication)
7. La masse de chaque éprouvette sèche (avant essai)

8. La masse volumique apparente de chaque éprouvette sèche (avant essai)
9. Les dimensions nominales de chaque éprouvette ( $h_0, A_c$ )
10. La date de l'essai
11. La charge maximale  $F$  en N pour chaque éprouvette
12. La résistance à la compression en MPa pour chaque éprouvette
13. La courbe d'évolution force en fonction du déplacement de la traverse de chaque éprouvette.
14. Le module d'Young en MPa pour chaque éprouvette
15. Une description de la rupture et/ou une photo de chaque éprouvette à la fin de l'essai
16. Une déclaration de la personne techniquement responsable de l'essai qu'il a été réalisé conformément au protocole exposé ci-dessus
17. La conclusion du rapport doit statuer sur la conformité ou non du couple pour l'application visée.

De plus certaines informations pourront être données à titre indicatif :

1. Les relevés de température et d'humidité relative des enceintes climatiques pour toute la période de conservation
2. Si des extensiomètres sont utilisés pour la mesure des déformations dans le tiers central de l'éprouvette on tracera les courbes contraintes-déformation avec ces mesures.
3. Une photo de chaque éprouvette à l'atteinte du sigma max

### Caractéristiques thermique :

	Fabrication des échantillons	Conservation	Préparation avant essais	Essais
<b>Matériel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bétonnière</li> <li>• Moule de dimension minimum 20 cm x 20 cm x 5 cm et n'excédant pas une épaisseur de 10 cm</li> <li>• Balance</li> </ul>	Enceinte climatique régulée en T et HR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enceinte climatique régulée en T et HR</li> </ul>	Dispositif d'essais permettant d'effectuer la mesure suivant la méthode de la plaque chaude gardée conformément à la norme NF EN 12664 (Juillet 2001).
<b>Procédure</b>	<p>C. <u>Fabrication du béton</u></p> <p>Les constituants sont mélangés dans la bétonnière suivant les préconisations des fabricants (ordre d'introduction, dosage et temps de malaxage).</p> <p>D. <u>Fabrication des éprouvettes</u></p> <p>Le béton de chanvre est déversé dans le moule et est compacté avec une force de 0,05 MPa</p> <p>Le cas échéant des éprouvettes peuvent être découpées dans un mur. (Voir schéma LA avec dimension du mur)</p>	<p>Les éprouvettes sont introduites dans l'enceinte régulée immédiatement après leur fabrication</p> <p>Dans le cas de prélèvement dans un mur test, on filme le mur test jusqu'au retour labo (maximum 7 jours) et on le met ensuite dans les conditions de conservation (cf. ci-dessous)</p>	<p>C. <u>Séchage</u></p> <p>48h avant le test, les éprouvettes destinées à la mesure de la conductivité thermique à l'état sec sont placées dans une enceinte climatique</p> <p>D. <u>Limitation des effets convectifs</u></p> <p>Il est impératif de s'affranchir du transfert d'énergie par convection, un revêtement fin et étanche doit donc être apposé sur les faces de l'échantillon</p>	<p>Les mesures sont effectuées sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Des éprouvettes à l'état sec (éprouvettes séchées)</li> <li>• Des éprouvettes en conditions standard (20°C, 50% HR)</li> </ul> <p>Pour chaque type d'éprouvette, 3 mesures sont réalisées (sur 3 éprouvettes différentes)</p>

<b>Valeurs paramètres</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nom des constituants</li> <li>Ordre d'introduction</li> <li>Dosage</li> <li>Temps de malaxage</li> <li>Identification des éprouvettes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Température : 21°C+/- 2°C</li> <li>HR : 50% +/-5%HR</li> <li>Temps de conservation : 28 jours minimum et jusqu'à masse constante (i.e 2 pesées successives de 24h avec une variation de masse &lt;0,5%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Température : 50°C+/- 0,5°C</li> <li>HR : 0 %HR +/-5%HR</li> <li>Temps : 48h</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Température initiale du matériau : T0=21°C+/- 2°C</li> <li>Gradient minimum <math>\theta</math> de 10°C (entre les surfaces de l'échantillon) avec des températures sur les faces inférieures et supérieures de T0+<math>\theta</math>/2 et T0-<math>\theta</math>/2.</li> </ul>
<b>Mesures et Calculs</b>	On mesure la masse des échantillons et on en déduit la masse volumique		Avant chaque essai les éprouvettes sont pesées et la masse volumique est calculée	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conductivité thermique sèche moyenne</li> <li>Conductivité thermique en condition standard moyenne</li> <li>Les variations</li> </ul>

Contenu du rapport d'essais :

Le rapport d'essais contiendra :

1. L'identification des 3 éprouvettes et le mode d'obtention
2. La date de fabrication de l'éprouvette
3. La formulation mise en œuvre (identification des matières premières utilisées, dosages)
4. Les paramètres de fabrication du béton (ordre d'introduction dans la bétonnière, temps de malaxage)
5. La masse initiale de l'éprouvette (après fabrication)
6. La masse volumique apparente initiale (après fabrication)
7. La masse de l'éprouvette avant et après les deux mesures de conductivité
8. Les masses volumiques apparentes de l'éprouvette avant et après les essais.
9. La date des essais
10. La conductivité thermique sèche
11. La conductivité thermique en condition standard
12. Une déclaration de la personne techniquement responsable de l'essai qui a été réalisé conformément au protocole exposé ci-dessus.

### 3 Liste des laboratoires :

Laboratoire/Entreprise		Adresse	CP	Ville	Contact		tel	mail	Méca	Thermique
LMDC	Insa Toulouse	135 Av de Ranguel	31077	TOULOUSE Cedex 4	Raphaël	EDIEUX	05.61.55.60.08	raphael.edieux@insa-toulouse.fr	oui	oui
LGCGM	Insa Rennes	20, Avenue des Buttes de Coësmes	35043	RENNES	Florence	COLLET	02.23.23.40.56	florence.collet@univ-rennes1.fr	oui	oui
CSTB		24 rue Joseph Fourier	38400	Saint Martin d'Hères	Hébert	SALLEE	04 76 76 25 57	hebert.sallee@cstb.fr	oui	oui
					Gérome	LAURENT				
ENTPE		rue Maurice Audin	69518	Vaulx en Velin	Frédéric	Sallet	04 72 04 71 45	frederic.sallet@entpe.fr	oui	oui
CRDA – Lycée ARAGO		1 rue François Arago	51 100	REIMS	Philippe	MUNOZ	06 62 46 22 84	phil.munoz@free.fr	oui	oui