

Comportement à l'eau du CLT en phase chantier

Recherche bibliographique

Florian LARET

2019

Siège social

10, rue Galilée
77420 Champs-sur-Marne
Tél +33 (0)1 72 84 97 84
www.fcba.fr

Siret 775 680 903 00132
APE 7219Z
Code TVA CEE : FR 14 775 680 903

Institut technologique FCBA :
Forêt, Cellulose, Bois – Construction,
Ameublement

Partenaires

A l'initiative de :



Avec le soutien du



SOMMAIRE

1.	DESCRIPTIF ET OBJECTIFS DU PROJET	2
2.	ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	2
2.1	Sources et bases de données	2
2.2	Résultats de la recherche bibliographique	3
2.2.1	Recueils et documents INTER et WCTE.....	3
2.2.2	FP innovations	3
2.2.3	Panneaux bois traditionnels supports de revêtements de sols (futur DTU 53.12)	4
2.2.1	Publications internationales*	5
2.2.1.1.	Réponse environnementale d'un panneau de plancher en CLT: leçons pour la gestion de l'humidité et la surveillance de bâtiments en bois massif	5
2.2.1.2.	Surveillance de l'humidification des CLT au cours de la construction	6
2.2.1.3.	Une étude de cas sur la construction d'un bâtiment CLT sans toit préalable	7
2.2.1.4.	Risques d'humidité avec les panneaux CLT soumis au climat extérieur pendant la construction: focus sur les processus de moisissure et de mouillage	7
2.2.1.5.	Essais d'absorption d'humidité pour les panneaux de plancher de CLT dans un grand bâtiment en bois à Vancouver.....	8
2.2.1.6.	Performance hygrothermique des assemblages de murs en bois contrecollé avec humidité intégrée: mesures sur le terrain et simulations.....	9
2.2.1.7.	Construire avec des panneaux CLT Considérations sur la durabilité.....	10
2.3	Conclusion	10
3.	PROTOCOLE D'ESSAI PROPOSE	12
3.1.1	Problématiques	12
3.1.2	Protocole d'essais FCBA : Impact d'un cycle de reprises d'humidité/séchage sur la résistance en flexion et au cisaillement roulant d'éprouvettes de CLT.....	12
3.1.3	Résultats recherchés.....	13
4.	CONCLUSION	13

1. DESCRIPTIF ET OBJECTIFS DU PROJET

Il peut arriver que les panneaux CLT restent exposés un certain temps aux intempéries pendant la phase de mise en œuvre sur chantier. Les professionnels de CLT France souhaitent évaluer l'impact que peut avoir cette exposition à l'eau et confie à FCBA une étude bibliographique qui comprend cinq points en termes d'investigations :

1. Analyse de la sollicitation (retours d'expériences sur quantités d'eau potentiellement reçues, répartition dans l'épaisseur du CLT, répartitions surfaciques, techniques d'évacuations ou de protections usités...)
2. Intégrité des performances du CLT en cas de reprises d'eau (incidences sur produit et ouvrage)
3. Recevabilité de l'humidité du CLT en fonction de la nature des revêtements de second œuvre.
4. Quel matériel utiliser pour réceptionner l'humidité de ce support ?
5. Règles d'assèchement selon exigences en 3 et constat en point 4.

Cette étude est réalisée en cohérence et complémentarité avec l'action en cours plus large, menée par UICB concernant « le bois et l'eau en phase chantier » (en lien avec ADIVBOIS) et mobilisant les principales organisations professionnelles du gros œuvre bois de la filière.

2. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

2.1 Sources et bases de données

Cette recherche bibliographique consiste à vérifier si des études/publications scientifiques portant sur le comportement à l'eau du CLT en phase chantier ont déjà été menées.

Cette recherche bibliographique est notamment menée au niveau international sur la base des sources suivantes :

- ✓ Recueils de l'INTER disponibles ;
- ✓ Documents du WCTE disponibles ;
- ✓ Normes autres qu'euroennes sur le CLT ;
- ✓ Etude CODIFAB pièces humides
- ✓ Etat de la réflexion dans le cadre de la création du DTU 53.12
- ✓ Manuels du CLT - FP Innovations
- ✓ Recherches internet
- ✓ **Web of Science** (plateforme de recherche bibliographique qui collecte des informations - abstracts, auteurs, etc... - dans 12 000 revues et près de 150 000 actes de conférences dans 15 bases de données),
- ✓ **Google Scholar**
- ✓ **Dimensions** (près de 100 millions d'articles recensés)
- ✓ **Base** (près de 130 millions de documents provenant de plus de 6000 sources)
- ✓ **Core** (près plus de 130 millions d'articles en open access)

Les requêtes ont été menées avec les expressions clés suivantes :

- CLT, cross laminated timber
- Water, water puddle, outdoor climate, rain
- Construction phase

Cela a permis d'identifier plusieurs publications scientifiques sur le sujet.

2.2 Résultats de la recherche bibliographique

Parmi l'ensemble des sources investiguées, les études connues qui font mention de l'impact, sur son intégrité physique (variations dimensionnelles, durabilité) et mécanique, d'une forte exposition du CLT à l'eau liquide pendant la phase chantier, sont très limitées.

De manière générale, les divers documents traitant du sujet, indiquent une proposition du type : « Il convient de prendre les dispositions nécessaires sur chantier pour protéger le bois afin de prévenir des reprises d'humidité trop importantes ».

Ainsi, tout le monde s'accorde à dire qu'il faut protéger les éléments en bois d'une exposition à l'eau pendant la phase chantier, mais quelles sont les conséquences d'une telle exposition prolongée ? Aucune réponse claire n'existe actuellement. Quelles sont les dispositions à prendre pour effectuer cette protection ? Il n'existe pas de prescriptions détaillées.

2.2.1 Recueils et documents INTER et WCTE

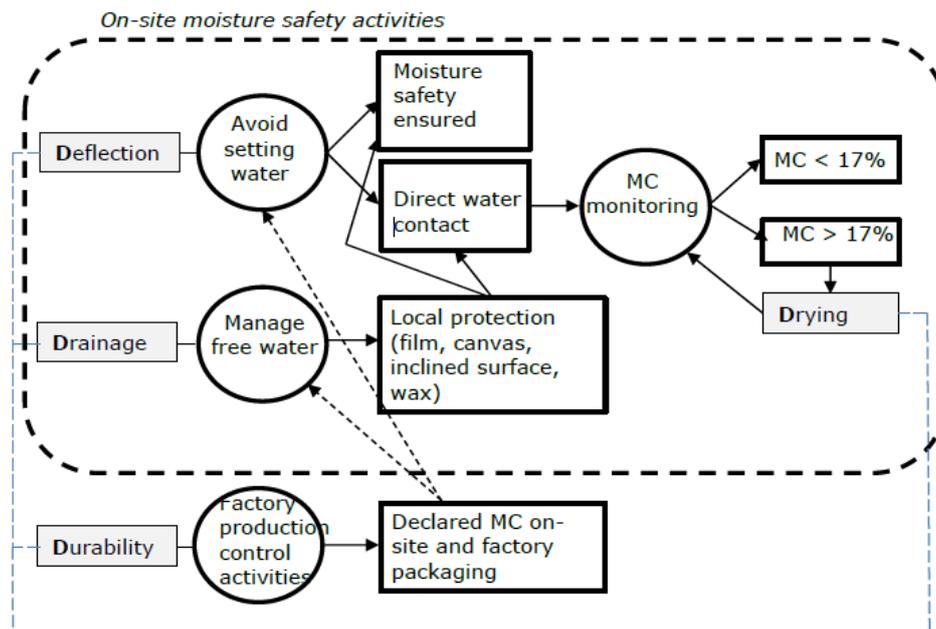
Aucune étude exploitable portant sur le sujet n'a été identifiée auprès de l'INTER (International Network on Timber Engineering Research) ou du WCTE (World Conference Timber Engineer) ou même de la commission de travail W18 (CIB-W18) du CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction).

2.2.2 FP innovations

La gestion de l'humidité est primordiale en phase chantier, quand on connaît les propriétés hygroscopiques du bois et ses variations dimensionnelles en fonction de sa teneur en humidité. Un déséquilibre entre l'apport d'eau liquide, le séchage et la capacité du bois à emmagasiner l'humidité peut entraîner l'accumulation de l'humidité et la détérioration des matériaux moins tolérants à l'humidité.

Dans des conditions prolongées d'humidité élevée combinées à des températures adéquates, la présence d'eau à l'état liquide à la surface du bois peut être suffisante pour amorcer la croissance fongique.

Appliquer le Principe 4D permettrait de prendre des mesures sécuritaires contre l'humidité en phase chantier.



Source: Erol Karacabeyli ; Conroy Lum, Guide technique pour la conception et la construction de bâtiment en bois de grande hauteur au Canada – 2014 Première édition
Chun Ni; Marjan Popovski, Manuel pour la construction à ossature bois de moyenne hauteur – 2015 Première édition

2.2.3 Panneaux bois traditionnels supports de revêtements de sols (futur DTU 53.12)

Même si les planchers bois traditionnels (au sens du DTU 51.3) ont des propriétés distinctes du CLT, il était intéressant de faire état des réflexions en cours dans ce domaine actuellement. Dans le cadre de l'étude CODIFAB Pièces humides et parois bois, FCBA a été amené à faire des propositions de contrôle de réception des supports bois traditionnels basée sur une limitation du gonflement de l'épaisseur du panneau. Bien évidemment cette solution est inadaptée au CLT.

La méthode proposée récemment dans le cadre de la commission du futur NF DTU 53.12, dans l'attente d'outil de mesures de l'humidité (humidimètres) adaptés aux panneaux à base de bois (problème de fiabilité des valeurs lié selon colle en présence), est basée sur la vérification de l'épaisseur du panneau avec un seuil de tolérance associé.

Les échantillons prélevés par carottage doivent être contrôlés et comparés à l'épaisseur nominale du panneau mise en œuvre à l'origine.

Cette proposition se base sur la définition de 3 seuils pour déterminer les critères d'acceptabilité du support après humidification :

1. Si $ep_{\text{mesurée}} < 110\% ep_{\text{nominale}}$ → pas de conséquence sur l'aptitude à l'usage
2. Si $110\% \leq ep_{\text{mesurée}} \leq 115\% ep_{\text{nominale}}$ → des prélèvements doivent être réalisés pour analyse mécanique des panneaux selon NF EN 310 (performance en flexion) et NF EN 322 (humidité)
Les critères d'acceptabilité sont:
 - Soit à comparer à la valeur déclarée
 - Soit à prendre en compte en termes de capacité dans le calcul
3. Si $ep_{\text{mesurée}} > 115\% ep_{\text{nominale}}$ → dépose et remplacement du panneau.

Enfin, en ce qui concerne l'assèchement, pour parvenir à un taux d'humidité approprié du support en panneau à base de bois :

- Si la température ambiante du local est inférieure à 19°C, une ventilation efficace (taux de renouvellement d'air dans le local supérieur ou égal à 5 vol/h) et un chauffage portant le local à plus de 19°C, doivent être mis en place pendant une durée supérieure ou égale à 15 jours.
- Si la température ambiante du local est supérieure à 19°C, une ventilation efficace (taux de renouvellement d'air dans le local supérieur ou égal à 5 vol/h) doit être mise en place pendant une durée supérieure ou égale à 15 jours.

Encore une fois, cette méthode de contrôle est inadaptée pour un panneau CLT mais il était intéressant dans le cadre de ce travail, de faire état de ce qui avance sur un sujet analogue actuellement, pour les planchers traditionnels.

2.2.1 Publications internationales*

*Traduit de l'anglais

2.2.1.1. Réponse environnementale d'un panneau de plancher en CLT: leçons pour la gestion de l'humidité et la surveillance de bâtiments en bois massif

Sujet:

bois lamellé-croisé (CLT) est de plus en plus utilisé dans la construction en Amérique du Nord, mais on sait peu de choses sur les effets de l'exposition environnementale (par exemple, à la pluie pendant la construction) sur sa performance à long terme. L'absence de protocoles de protection contre l'humidité sur site rend urgente la détermination des réactions générales de ce matériau à l'humidité afin d'établir une base de référence comportementale pour les praticiens et les futurs chercheurs. Un échantillon de panneau en CLT a été exposé à des cycles de mouillage et de séchage dans une chambre climatique (en configuration plancher). Au cours de ces cycles, les propriétés physiques et géométriques du panneau ont été contrôlées. Les résultats des tests indiquent que les discontinuités dans les plis du CLT affectent le comportement hygroscopique du produit. Alors que le panneau présentait une stabilité dimensionnelle élevée, il présentait également des gerces, un tuilage et un cisaillement interfacial après le cycle. Les résultats des tests de flexion avant et après le cycle indiquent une réduction de la capacité structurelle due à la dégradation (réduction de la valeur du module d'élasticité).

Mots clés : [Cross-laminated timber](#); [Mass timber](#); [Moisture](#); [Hygrothermal performance](#)

Source: [Schmidt, EL; Riggio, M; Barbosa, AR; Mugabo, I, Environmental response of a CLT floor panel: Lessons for moisture management and monitoring of mass timber buildings, BUILDING AND ENVIRONMENT, 2019, vol. 148, pp. 609-622](#)

Commentaires : Cette étude est intéressante dans le sens où elle apporte des précisions sur le comportement du CLT soumis à l'humidité. L'étude s'efforce d'aborder les différents thèmes que sont le comportement hygrométrique du CLT, la définition d'une stratégie de gestion de l'humidité, les procédures de conception, la surveillance de l'humidité par la mise en place de capteur à différentes épaisseurs du CLT. Cette étude constitue donc une première approche vis-à-vis de notre problématique.

Néanmoins, ses conclusions se limitent au comportement général d'un seul échantillon de plancher en CLT (5 plis) et ne reflètent pas la variabilité potentielle intra et inter-fabricants. De plus, il s'agit d'un échantillon de CLT nord-américain qui ne reflète pas les standards français (essence, dimensions, qualité...) ainsi que tout autre paramètre liés à la fabrication (type de presse, collage) qui auront des effets variables sur les performances hygrothermiques. Ces différences de qualité intrinsèques sont aggravées par des différences extrinsèques, par exemple, le changement des caractéristiques du matériau à mesure qu'il évolue dans le temps avec son exposition.

De plus, les normes d'essais utilisées sont différentes des normes européennes et françaises.

2.2.1.2. Surveillance de l'humidification des CLT au cours de la construction

Sujet:

Il n'existe actuellement aucune norme décrivant la gestion de l'eau des éléments massifs en bois pendant la construction, peu de connaissances sur les effets de l'exposition à l'humidité (performances de mouillage et de séchage, stabilité dimensionnelle, contrôle) et peu de précédents servant de lignes directrices pour contrôler la réponse à l'humidité du bois massif.

Pour remédier à ces lacunes, une étude de surveillance hygrothermique a été conçue pour suivre la performance en matière d'humidité du bois lamellé-collé et du CLT fabriqués aux États-Unis dans un bâtiment en bois massif de trois étages. Ce document traite des mesures d'humidité recueillies au cours des six premiers mois de construction sur un mur de contreventement CLT et une connexion de plancher en bois. Malgré le nombre limité de systèmes structurels surveillés pendant la construction, la distribution et le nombre de capteurs dans ces éléments permettent de tirer des conclusions importantes.

Les données ont confirmé que la distribution de l'humidité et les vitesses de mouillage / séchage variaient en fonction des conditions locales et des détails (aspect, revêtements, connexions, etc.), les mesures étant prises dans une zone non revêtue exposée au nord et présentant les taux d'humidité les plus élevés (atteignant le point de saturation des fibres à plusieurs endroits et profondeurs des plis). La plupart des points courants ont rarement dépassé 16% d'humidité pendant plus de quelques mois. Certains détails de piégeage de l'humidité montraient systématiquement des taux d'humidité plus élevés (supérieurs à 16%) et un séchage moins rapide. Certains plis intérieurs ont continué à afficher une lente augmentation de la teneur en humidité même après des mois de conditions de séchage. Ces observations suggèrent des approches préventives pouvant être mises en œuvre dans la conception (par exemple, en évitant les détails de piégeage de l'humidité), pendant la fabrication (par exemple, le revêtement localisé) et la construction (par exemple, l'installation de séquençage pour minimiser l'exposition et permettre le séchage).

Mots clés : mass timber buildings; moisture performance; cross-laminated timber; CLT; hygrothermal monitoring

Source: Schmidt, E; Riggio, M, Monitoring Moisture Performance of Cross-Laminated Timber Building Elements during Construction, *BUILDINGS*, 2019, vol. 9, n° 6, pp. 144

Commentaires : Cette étude met l'accent sur la conception des assemblages et l'exposition de ce type de points singuliers aux conditions environnementales. Ce qui est important de retenir dans cette analyse c'est que la conception des assemblages doit impérativement tenir compte du piégeage de l'eau même en phase chantier, ce qui n'est pas forcément appréhendé en général par les concepteurs. Par ailleurs, on peut constater que l'humidité reste toujours présente dans les plis intérieurs, même après plusieurs mois de séchage. Ainsi, cette étude aborde un autre sujet qui est lié à notre problématique mais qui n'apportera pas de réponse directe. Elle pourra servir éventuellement à compléter un chapitre sur les bonnes pratiques de conceptions. Qui plus est, comme pour l'étude précédente, les résultats sont déterminés à partir de CLT nord-américain.

2.2.1.3. Une étude de cas sur la construction d'un bâtiment CLT sans toit préalable

Sujet:

Cette étude de cas consiste à prédire et à cartographier les endroits les plus critiques où les éléments CLT sont les plus exposés aux conditions météorologiques pendant la construction avec un minimum de mesures de précaution pour la sécurité en matière d'humidité (préconisations sur la protection des éléments lors du stockage).

Les mesures de sécurité appliquées sur site ont été définies selon les «principes 4D» de FPInnovations - déflexion, drainage, séchage (Drying) et matériaux durables.

Une surveillance de la teneur en eau a été effectuée sur différents éléments de CLT (planchers et murs) installés sur site. Ils en résultent que les endroits les plus exposés sont les planchers et les jonctions murs-planchers.

Mots clés : CLT; timber; water content; moisture safety; building quality; building technology

Source: Liisma, E; Kalamees, T; Kuus, BL; Kukk, V, A case study on construction of CLT building without preliminary roof, *FORUM WOOD BUILDING BALTIC 2019*, 2019

Commentaires : Cette étude met également l'accent sur l'exposition des planchers à l'humidité mais traite aussi de la jonction linéaire mur/plancher. En appliquant les principes 4D de FP Innovations, il a été démontré que sans protection préalable du toit ou de la tente temporaire, l'installation d'éléments en CLT sans dommages persistants dus à l'humidité est possible. Cependant, cette étude est également complémentaire à un projet d'étude plus global sur le comportement à l'eau du CLT en phase chantier mais ne permet pas de répondre à notre problématique.

2.2.1.4. Risques d'humidité avec les panneaux CLT soumis au climat extérieur pendant la construction: focus sur les processus de moisissure et de mouillage

Sujet:

Dans cette étude, l'influence de l'humidité sur le CLT est analysée sous l'angle "transfert" et répercussion en matière de salubrité (impact sur la durabilité biologique à termes). Le gros du travail est effectué avec l'outil de calcul hygrothermique WUFI (™). L'accent est mis sur le processus de mouillage et l'évaluation du risque de moisissure résultant des épisodes pluvieux lors de la construction dans les climats nordiques. Le séchage ultérieur après construction dans les murs et les sols est également évalué.

Une vaste étude bibliographique est réalisée afin de comparer et de sélectionner des données sur les matériaux pour la modélisation du CLT. Après la simulation, la teneur en eau, la croissance des moisissures et la déformation volumétrique sont évaluées avec et sans protection contre les intempéries. Les résultats sont également comparés aux données de mesures issues d'essais sur le terrain.

Il a été constaté que les délais de construction sont cruciaux, qu'une protection contre les intempéries est nécessaire toute l'année et que la planification et la mise en place précoces sont essentielles pour la sécurité contre l'humidité. Les avantages de la préfabrication et des temps de construction courts avec le CLT devraient être exploités. S'il y a un risque de précipitations dépassant 10-20 mm, des dispositions doivent être prises pour détourner les charges de pluie. Si la charge de pluie attendue est supérieure à 40 mm ou si la durée de construction dépasse 2 semaines, une couverture de toit est jugée nécessaire. Lorsque l'humidité de l'air est en moyenne de 80% et que les précipitations annuelles dépassent 1 200 mm, il est recommandé de couvrir

complètement le bâtiment. Un environnement contrôlé peut être coûteux, mais il accélère la production et réduit le temps de séchage.

Mots clés : *moisture; CLT; massive wood; mould; WUFI; drying; construction; weather protection. best practice*

Source: Öberg, J; Wiege, E, Moisture risks with CLT-panels subjected to outdoor climate during construction: focus on mould and wetting processes, *DEGREE OF BACHELOR THESIS, KTH ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY IN STOCKHOLM, 2018*

Commentaires : Cette étude est intéressante dans le sens où elle appréhende l'impact de l'humidité sur le CLT des côtés théorique et calculatoire. Une étude de la littérature complète les modélisations et permet d'étudier et de comparer les propriétés des matériaux et les problèmes de modélisation d'un panneau CLT. Quatre objectifs de recherche ont été définis afin de répondre à la question principale relative au degré de mouillage qu'un panneau CLT peut supporter sans protection contre les intempéries. Les conclusions de cette étude développent une liste de contrôle concernant la gestion de l'humidité et sa sécurité.

Cette étude s'inscrit également dans le registre des études pouvant compléter un projet d'étude plus global sur le comportement à l'eau du CLT en phase chantier mais ne permet pas de répondre directement à notre questionnement.

2.2.1.5. Essais d'absorption d'humidité pour les panneaux de plancher de CLT dans un grand bâtiment en bois à Vancouver

Sujet:

La construction en bois lamellé-croisé et en bois massif est une technologie structurelle prometteuse qui exploite les propriétés structurelles avantageuses du bois combinées à la capacité de renouvellement et au piégeage du carbone que l'on ne trouve pas facilement dans d'autres matériaux structurels majeurs. Cependant, en tant que matière organique, le bois massif est sujet à la biodégradation et, associé à une utilisation accrue de matériaux en bois d'ingénierie, notamment dans des environnements et des expositions extrêmes, il nécessite des évaluations minutieuses pour garantir ses performances à long terme.

Une approche prometteuse pour réduire l'humidité dans la construction en CLT consiste à protéger les surfaces avec un revêtement résistant à l'eau. Pour évaluer cette approche, un modèle hygrothermique calibré a été développé avec des échantillons de CLT à petite et grande échelle, instrumenté avec des capteurs de teneur en humidité à différentes profondeurs et traité avec différents types de protections résistant à l'eau exposés au climat de Vancouver. Les modèles ont ensuite été validés avec des capteurs de teneur en humidité supplémentaires installés dans la structure d'un plancher d'un bâtiment CLT en cours de construction. Des études de biodétérioration évaluant la colonisation fongique ont été entreprises à l'aide de la méthode de croissance VTT modifiée et d'un modèle Dose-Response pour le potentiel de décomposition. Les recherches indiquent que le CLT et le bois massif sont susceptibles d'avoir une teneur en humidité dangereusement élevée (>25%), en particulier lorsqu'ils sont exposés à de l'eau liquide dans des applications horizontales. Cependant, un revêtement non poreux et imperméable à la vapeur, appliqué sur du CLT sec, semble réduire considérablement la charge d'humidité et éliminer efficacement le risque de biodégradation. Ces travaux suggèrent fortement que l'utilisation future du CLT envisage des applications d'un revêtement de protection résistant à l'eau à l'usine de fabrication pour résister à l'humidité de la construction. L'étude sur les champignons met également en évidence la nécessité d'une conception de l'état limite pour la biodégradation de la variance entre les conditions prédites et les conditions observées.

[Source: Lepage, R; Finch, G, Moisture uptake testing for CLT floor panels in a tall wood building in Vancouver, PROCEEDINGS OF THE 15TH CANADIAN CONFERENCE ON BUILDING SCIENCE AND TECHNOLOGY, VANCOUVER, BC, CANADA, 2017](#)

Commentaires : Cette étude constitue un point de départ intéressant pour étudier des pistes de différents types de protection contre l'apport d'humidité dans le CLT. Ces différents types de protections (polyuréthane, silicone, acrylique...) pourraient être inclus directement dans le processus de fabrication du CLT. Mais elle ne comporte aucune investigation en matière de dégradations mécaniques liées à l'humidification.

2.2.1.6. Performance hygrothermique des assemblages de murs en bois contrecollé avec humidité intégrée: mesures sur le terrain et simulations

Sujet:

Les panneaux de bois lamellé-croisé (CLT) constituent un marché potentiel en Amérique du Nord pour la construction de structures de moyennes hauteurs, voire supérieures, en raison de leurs bonnes performances structurelles et en matière de sécurité incendie, de légèreté et de préfabrication. Cependant, pour assurer une durabilité à long terme lors de l'utilisation en tant qu'enveloppe du bâtiment, la performance hygrothermique des murs CLT doit être évaluée en termes de potentiel de mouillage et de séchage.

Un mur d'essai composé de 16 panneaux CLT de 0,6 m sur 0,6 m composés de cinq essences de bois différentes (ou groupes d'espèces) et de quatre murs différents a été construit. Les panneaux CLT ont été initialement humidifiés avec une teneur en humidité dans les couches superficielles approchant ou dépassant 30%, et monitorés pour les teneurs en humidité et les températures à différentes profondeurs sur une année dans une chambre d'essai située à Waterloo, en Ontario. Le comportement au séchage de ces panneaux a été analysé et les teneurs en humidité mesurées dans le temps ont été comparées aux résultats de la simulation à l'aide du logiciel WUFI. Cette étude sur le terrain a montré que la plupart des panneaux de CLT avaient séché en dessous de 26% en un mois à l'exception des murs de CLT avec une membrane intérieure à faible perméance, ce qui indiquait qu'aucun des murs de CLT ne resterait probablement à un niveau de teneur en humidité élevé suffisamment longtemps pour amorcer la décomposition dans les conditions testées. Les résultats de la simulation concordent généralement bien avec les données de terrain pour les teneurs en humidité inférieures à 26%. Cependant, il a été constaté que le programme de simulation hygrothermique avait tendance à surestimer de 5 à 10% le centre de gravité situé au centre des panneaux, et que les teneurs en humidité simulées situées à des emplacements profonds dans les panneaux de CLT n'étaient pas aussi sensibles aux changements des conditions ambiantes.

Mots clés : [Cross-laminated timber \(CLT\) wall assemblies](#); [Hygrothermal performance](#); [Field test](#); [Moisture content](#); [Wood](#); [Hygrothermal simulations](#)

[Source: McClung, R; Ge, H; Straube, J; Wang, JY, Hygrothermal performance of cross-laminated timber wall assemblies with built-in moisture: field measurements and simulations, BUILDING AND ENVIRONMENT, 2014, vol. 71, pp. 95-110](#)

Commentaires : Cette étude nous permet d'apprendre que les matériaux à faible perméance ralentissent le séchage des CLT et que le choix de l'essence de bois n'a quasiment aucune influence. Ainsi, il est important de bien choisir ces matériaux et de ne pas mettre en œuvre un pare-vapeur lorsqu'il y a une humidité trop importante dans le bois.

Ces résultats sont intéressants mais n'apportent rien directement à notre problématique. Il sera néanmoins important, dans un second temps, de se pencher sur le potentiel de séchage des matériaux de protection.

2.2.1.7. Construire avec des panneaux CLT Considérations sur la durabilité

Sujet:

Les panneaux en bois lamellé-croisé (CLT) sont fabriqués et utilisés dans la conception européenne depuis plus de 20 ans et ont démontré une excellente performance structurelle ainsi que de bonnes opportunités de marché pour l'industrie forestière. L'utilisation de panneaux CLT en Amérique du Nord est plus récente et suscite beaucoup d'intérêt dans l'industrie de la construction ainsi que dans l'industrie du bois.

En termes de durabilité, beaucoup d'attention a été portée en Europe pour empêcher les panneaux en CLT de se mouiller pendant la construction en livrant les produits juste à temps, en réduisant les délais de construction et en fournissant des abris temporaires pendant la construction. En raison de la masse de bois dans le produit, le CLT risque de sécher lentement une fois que l'humidité pénètre dans le panneau. En outre, d'autres matériaux utilisés dans l'enveloppe d'un bâtiment en CLT, tels que l'isolation et les membranes, peuvent également avoir une incidence sur la capacité de séchage. Par conséquent, des précautions doivent être prises lors de la conception et de la construction afin d'empêcher le mouillage et de faciliter le séchage, en particulier dans les zones à fortes charges d'humidité telles que les côtes ouest et est de l'Amérique du Nord.

Source: Thivierge, C, *Building with CLT PANELS Durability Considerations*, *WOOD DESIGN & BUILDING*, 2012, pp. 38-41

Commentaires : Cet article de FP Innovations regroupe un grand nombre de points évoqués dans les études précédentes sous l'aspect durabilité du CLT nord-américains mais sans la réalisation d'essais. Donc pas d'informations exploitables pour notre étude.

2.3 Conclusion

Plusieurs sujets gravitent autour de notre problématique.

De manière plus synthétique, nous pouvons dès lors extraire les points importants suivants :

- Peu de connaissances sur les effets de l'exposition à la pluie du CLT sur sa performance mécanique à long terme.
- Les résultats des tests de flexion avant et après le cycle mouillage/séchage sur un échantillon indiquent une réduction du module d'élasticité due à la dégradation (tuilage, cisaillement entre plis). Il conviendrait d'effectuer cette vérification sur un nombre d'échantillons plus conséquent pour pouvoir se prononcer
- Il n'existe actuellement aucune norme décrivant la gestion de l'eau des éléments massifs en bois pendant la construction.
- La distribution de l'humidité et les vitesses de mouillage / séchage varient en fonction des conditions locales et des détails d'exécutions (aspect, revêtements, connexions, etc.).
- Les assemblages piégeant mettent plus de temps à sécher.
- La teneur en humidité peut augmenter dans les plis médians même après des mois de conditions de séchage.
- Les mesures de surface prises pendant la construction ne sont pas nécessairement un bon indicateur pour définir si le CLT est prêt à être enfermé dans un ensemble non perméable.
- Des approches préventives peuvent être mises en œuvre dans la conception (par exemple, en évitant les détails de piégeage de l'humidité), pendant la fabrication (par

exemple, le revêtement localisé) et la construction (par exemple, l'installation de séquençage pour minimiser l'exposition et permettre le séchage).

- S'il y a un risque de précipitations dépassant 10-20 mm, des dispositions doivent être prises pour détourner les charges de pluie. Si la charge de pluie attendue est supérieure à 40 mm ou si la durée de construction dépasse 2 semaines, une couverture de toit sera nécessaire. Lorsque l'humidité de l'air est en moyenne de 80% et que les précipitations annuelles dépassent 1 200 mm, il est recommandé de couvrir complètement le bâtiment. Un environnement contrôlé peut être coûteux, mais il accélère la production et réduit le temps de séchage.
- Une approche prometteuse pour réduire l'humidité de la construction dans les assemblages en CLT consiste à protéger les surfaces avec un revêtement résistant à l'eau.
- Un revêtement non poreux et imperméable à la vapeur, appliqué sur du CLT sec, semble réduire considérablement la charge d'humidité et éliminer efficacement le risque de biodégradation. L'application du revêtement de protection résistant à l'eau devra se faire à l'usine de fabrication.
- Les temps de construction ne permettent pas d'assécher naturellement le CLT pour revenir à une humidité convenable compatible avec d'autres revêtements.
- D'autres composants utilisés pour l'enveloppe d'un bâtiment en CLT, tels que l'isolation et les membranes, peuvent également avoir une incidence sur la capacité de séchage.

Plus généralement, il a été constaté que les études et les essais menés ne sont pas forcément très représentatifs de la réalité du chantier. La plupart se limitant à quantifier la teneur en humidité des CLT en présence d'eau et de vérifier la similitude des résultats avec les modèles de calculs hygrothermiques. Ces études de similitudes sont néanmoins nécessaires pour appréhender les assemblages potentiellement piégeant en phase de conception mais aussi évaluer le risque de développement fongique.

De même, les recherches sur des produits d'application rendant la surface du CLT hydrophobe sont également très intéressantes et peuvent offrir des alternatives à la couverture temporaire du chantier (type chapiteau), moyennant des conceptions d'assemblages drainants.

Il convient d'identifier et vérifier l'impact du mouillage et du séchage sur les propriétés mécaniques d'un CLT français (ou européen) et d'en définir le seuil à partir duquel, une teneur en humidité élevée peut être défavorable pour l'intégrité du panneau de CLT.

Le protocole que nous proposons dans le chapitre 3 est orienté selon des hypothèses qui nous semblent définir au mieux les conditions que nous pouvons trouver sur les chantiers (sans aller jusqu'à simuler des scénarii d'exposition à la pluie).

3. PROTOCOLE D'ESSAI PROPOSE

3.1.1 Problématiques

Lors de dégâts des eaux, de confinements ou d'exposition aux intempéries sur chantier, il est nécessaire de savoir si les performances mécaniques du panneau CLT sont encore compatibles avec l'usage final prévu.

Par ailleurs, avant recouvrement par un système de revêtement de sol, la question se pose du taux d'humidité acceptable pour ne générer aucun dysfonctionnement.

Au vu de ce qui a été constaté, à part la première étude qui s'oriente le plus sur notre problématique, les divers études menées traitent de sujets analogues et complémentaires sur la protection du CLT en phase chantier mais sans en préciser le comportement mécanique sous l'effet de l'eau. Au final, nous ne savons que peu de choses sur les risques de dégradations qu'engendrerait une telle exposition.

Ainsi, au sein de FCBA, en nous basant sur les propositions définies dans les divers études indiquées précédemment, nous avons mené une réflexion sur la définition d'un protocole nous permettant d'évaluer l'impact d'un cycle de reprises d'humidité/séchage sur la résistance en flexion et au cisaillement roulant d'éprouvettes de CLT sous l'égide d'essais européens et sur un échantillonnage conséquent le plus représentatif du CLT en France.

Ce protocole est défini dans le chapitre suivant.

3.1.2 Protocole d'essais FCBA : Impact d'un cycle de reprises d'humidité/séchage sur la résistance en flexion et au cisaillement roulant d'éprouvettes de CLT

Objectif : Le but de cette expérimentation est de simuler la stagnation / reprise d'eau du CLT dans la phase de mise en œuvre sur chantier en plancher afin d'évaluer les éventuelles pertes des caractéristiques mécaniques (contrainte et module d'élasticité).

Pour un adhésif et un mode de pressage.

Produit : CLT 3 plis selon EN 16351.

Norme d'essai :

NF EN 16351 – Annexe C

- Essai de délamination aux états initial et après vieillissement sur 4 séries de 10 éprouvettes

NF EN 16351 – Annexe F

- Essai de flexion (§ F.3.1)
- Résistance au cisaillement roulant par flexion (§ F.3.2)

Conditions d'essai de flexion :

- A l'état initial
- Après cycles de vieillissement

Nombre d'essais à réaliser / série de flexion :

- 10 essais

Dimensions des éprouvettes d'essais de flexion (L x l x e) :

- 2880 x 300 x 120 mm
- 1440 x 300 x 120 mm

Définition du cycle de vieillissement :

- Mesure de l'humidité initiale sur les 2 premières lames (lame en contact avec l'eau et lame centrale)
- 3 semaines de mise en eau en surface du CLT (hauteur d'eau = 25 +/- 5 mm)
- 1 semaine de séchage naturel
- 3 semaines de mise en eau en surface du CLT
- Séchage naturel jusqu'à retour à l'humidité initiale
- Suivi de l'humidité durant la durée du cycle de vieillissement

Investissements / Consommables

- Panneaux mélaminés pour coffrage
- Mastic de colmatage, pointes, vis...
- Pointes et câbles pour mesures d'humidité
- Centrale d'acquisition des mesures d'humidité
- Système de mise en place des essais (échafaudage)

3.1.3 Résultats recherchés

A la suite de ces essais, nous envisageons de pouvoir déterminer:

- L'impact d'une humidification importante du CLT sur ses propriétés mécaniques.
- Le temps de migration de l'eau à travers les différents plis.
- Le temps de séchage naturel à prévoir pour revenir à une humidité initiale (lors de la livraison)
- L'impact de l'eau sur les joints de colle.

4. CONCLUSION

Durant la phase chantier et la mise en œuvre sur site, les ouvrages bois ne sont, en majorité, pas protégés des intempéries et l'eau de pluie stagne sur les planchers. Il existe très peu de littérature sur des études ayant été menées sur la recherche de l'impact de l'eau sous forme liquide sur les propriétés mécaniques du CLT, que ce soit en France comme à l'international. La plupart des sujets portent sur l'impact de l'eau sur la durabilité du CLT.

Ainsi, le constat tel que décrit, nous a poussés à proposer un protocole d'essai qui permettra de répondre à ces problématiques de chantier.

- Les propriétés mécaniques du CLT sont-elles dégradées après l'absorption d'eau ?
- Combien de temps l'eau met-elle pour migrer vers le pli médian ?
- Combien de temps met le CLT pour sécher dans les conditions de chantier ?
- Y-a-t-il dégradation du collage des plis ?

Une étude CODIFAB a été proposée pour le programme 2020 sur la base de ce protocole d'essai décrit ci-dessus.

Il nous paraît important de bien identifier les phénomènes réels afin d'optimiser les préconisations à faire dans un second temps. Selon l'impact des réponses données, il sera par exemple possible, de déterminer s'il est primordial ou non d'inciter les entreprises à investir systématiquement dans des protections provisoires de chantier.