

CONSTRUIRE EN BOIS

Le journal de la construction
commerciale en bois

du **labo**
AU **CHANTIER**

Quels impacts ont les toitures végétalisées sur la sécurité incendie des bâtiments?

L'usage des toitures végétalisées est en croissance en raison de leurs nombreux avantages en comparaison à une toiture conventionnelle. Cependant, certains aspects limitent l'installation de tels systèmes, comme la sécurité incendie. Alors que dans certains pays on considère ce type de toiture permet d'augmenter la résistance au feu des bâtiments grâce à la présence de végétaux et d'humidité; au Québec, les toits végétalisés sont davantage



© Crédit: CIRCERB

Le CIRCERB

La chaire industrielle de recherche sur la construction écoresponsable en bois (CIRCERB) de l'Université Laval est une plateforme académique multidisciplinaire et intégrée jumelée à un consortium industriel. Évoluant au sein de la Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique de l'Université Laval, la chaire oeuvre sur tout le réseau de création de valeur du secteur de la construction, dans le but de développer des solutions écoresponsables, qui utilisent le bois pour réduire l'empreinte écologique des bâtiments. Trois axes de recherche orientent son programme de recherche du CIRCERB: Concevoir, Construire et Exploiter.

La publication

Du Labo au chantier est une nouvelle publication de Cecobois qui a pour objectif la diffusion des travaux de recherche du CIRCERB. Elle vise la vulgarisation de projets réalisés par des étudiants à la maîtrise, au doctorat.



cecobois
Centre d'expertise
sur la construction
commerciale en bois



Figure 1 Les toitures végétalisées sont composées d'un assemblage vertical de différents éléments dont les principaux : les plantes, le substrat de croissance et la couche de drainage.

« (...) au Québec, les toits végétalisés sont davantage perçus comme un risque incendie additionnel (...) »

perçus comme un risque incendie additionnel, notamment pour les bâtiments dont la structure est en bois.

C'est avec l'objectif d'approfondir les connaissances sur le comportement au feu des toitures végétalisées que Nataliia Gerzhova a orienté ses travaux de doctorat qu'elle poursuit à la Chaire industrielle de recherche sur la construction en bois (CIRCERB) de l'Université Laval, sous la supervision de Pierre Blanchet (ULaval), Christian Dagenais (ULaval/FPInnovations), Sylvain Ménard (UQAC) et avec la collaboration de Jean Côté (ULaval). Plus spécifiquement, ses travaux de recherche visent notamment à déterminer la réaction au feu de toitures **végétalisées à l'aide de l'expérimentation**, ainsi qu'à analyser la propagation de la chaleur à travers un système de toit végétalisé par la simulation numérique.

Réaction au feu

Bien que les possibilités de configuration soient variables, les principaux éléments d'une toiture végétalisée sont les suivants : structure du toit, isolant (optionnel), membrane d'étanchéité, système de drainage, substrat de croissance et végétaux (Figure 1).

Afin de déterminer si ces systèmes représentent un danger supplémentaire en matière d'incendie, ou si au contraire ils permettent de limiter les risques, les travaux de Mme Gerzhova ont d'une part évalué la contribution possible du substrat à un incendie. Deux paramètres d'inflammabilité ont été mesurés à l'aide d'un calorimètre à cône : le débit calorifique (HRR, kW/m²), soit la production d'énergie lors de la combustion, ainsi que le temps d'allumage (Figure 2). Ces paramètres ont été évalués pour deux types de substrats de croissance contenant chacun environ 20 % de matière organique et pour deux niveaux de teneur en humidité (0 % et 30 %). Les résultats



Figure 2 L'essai d'un substrat de croissance dans le calorimètre à cône.

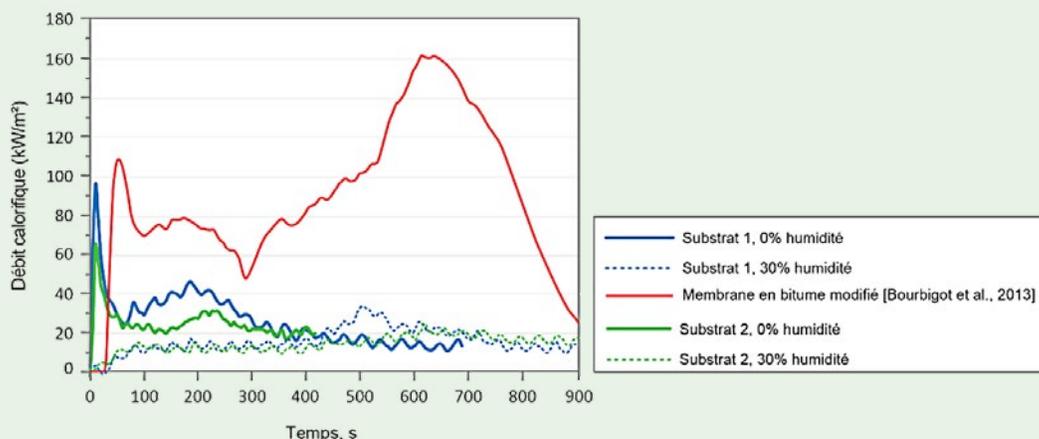


Figure 3 Débit calorifique des deux substrats, à l'état sec et à 30 % d'humidité, et de la membrane en bitume modifié.

mesurés ont été comparés aux données d'une couverture fréquemment utilisée, c'est-à-dire une membrane en bitume modifié traitée avec un retardateur de flamme.

Le débit calorifique est le paramètre le plus important dans l'évaluation du risque d'incendie. Les résultats obtenus démontrent que malgré un débit calorifique plus important dans les premières secondes, les deux types de substrats de croissance testés ont présenté des débits calorifiques plus faibles dans le temps que la membrane en bitume et ce, même en présence d'un substrat sec (0 % d'humidité) alors que la différence a été encore plus franche dans le cas d'un substrat humide (30 %) (Figure 3). Les valeurs de débit calorifique des deux substrats secs ont monté rapidement jusqu'à 96 kW/m² dans les premières secondes, mais ont par la suite diminué rapidement jusqu'à 22-24 kW/m² dans les 50 secondes suivantes. Dans le cas de la membrane, la courbe a connu une augmentation rapide jusqu'à 110 kW/m² et une diminution plus lente dans les 300 secondes suivantes, jusqu'à 48 kW/m². Ces résultats démontrent ainsi que la membrane en bitume modifié libère plus d'énergie que les substrats de croissance communément utilisés pour les toitures végétalisées; son débit calorifique maximal a été de deux fois supérieur à celui des substrats.

La présence d'humidité dans le substrat a également eu une influence sur le temps d'allumage. Le temps d'allumage du premier substrat a augmenté de 5 à 462 secondes, lorsque son taux d'humidité est passé de 0 % à 30 %. La persistance des flammes a diminué

pratiquement de moitié dans le substrat humide puisque la présence d'humidité fait que le sol s'enflamme plus tardivement, en raison de l'eau qui doit d'abord être évaporée (Tableau 1).

« (...) la membrane en bitume modifié libère plus d'énergie que les substrats de croissance communément utilisés pour les toitures végétalisées (...) »

Tableau 1 Temps d'ignition des deux types de substrats, à l'état sec et humide (30 %).

Nature du substrat	Temps d'ignition (T _{ig})	Temps en présence de flammes
	Secondes (s)	Minutes (m)
Substrat 1-0 % d'humidité	5	9
Substrat 2-0 % d'humidité	7	5
Substrat 1-30 % d'humidité	462	4
Substrat 2-30 % d'humidité	(aucune flamme)	-

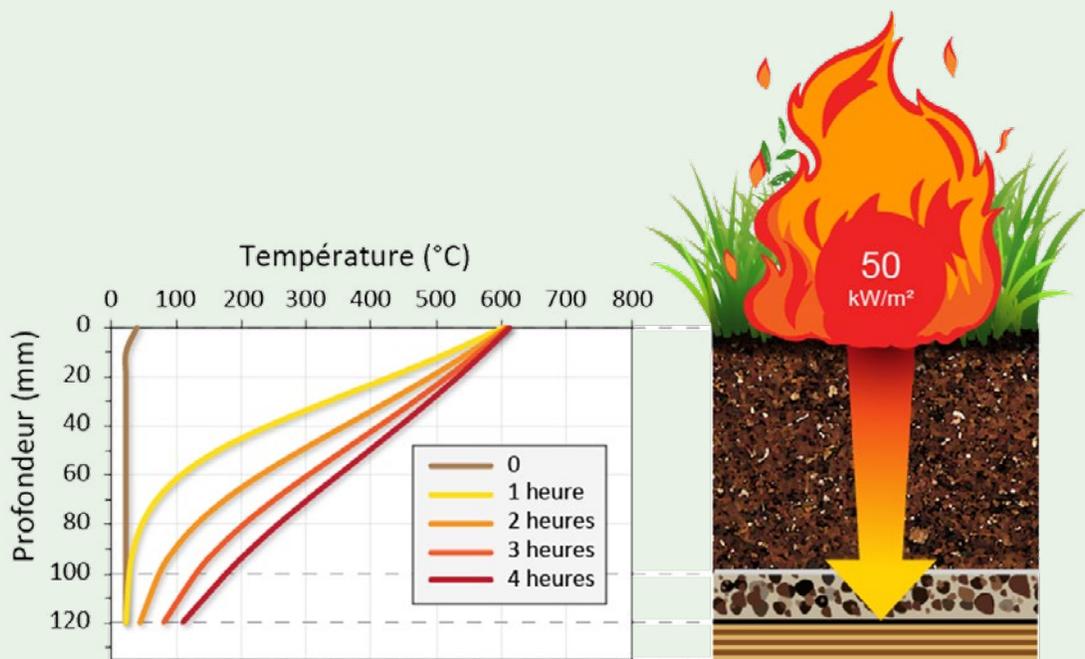


Figure 4 Transfert thermique à travers un assemblage de toiture végétalisée soumis à une charge thermique de 50 kW/m²

Analyse de transfert thermique

La performance des toitures végétalisées sous des conditions de chaleur extrême a été analysée par la modélisation numérique en simulant le processus de transfert de chaleur dans l'assemblage. Ces analyses avaient pour objectif de déterminer les conditions et le temps requis pour atteindre une température critique à la structure du toit, ou en d'autres mots, établir comment la chaleur traverse les différentes couches d'une toiture végétalisée dans le but de déterminer si une structure d'un toit en bois peut être mise à risque en cas d'incendie sur un toit végétalisé. Une température critique de 300 °C a été choisie comme critère de défaillance de la structure d'un toit en bois (la température à laquelle la carbonisation se produit). L'effet de l'épaisseur du substrat de croissance, et de différentes intensités de charge thermique a été considéré. Plus précisément, des substrats d'épaisseur de 30, 50, 75 et de 100 mm, et des charges thermiques de 50, 100, 150 et 200 kW/m² ont été utilisés dans les modèles numériques.

Selon les résultats obtenus, les toitures végétalisées montrent une bonne performance au feu, protégeant la structure d'un toit en bois des dommages causés par le feu. La Figure 4 présente le résultat d'un modèle de transfert

thermique d'un toit végétalisé avec une couche de substrat de 100 mm d'épaisseur et une couche de drainage granuleux, installé sur une structure de toit en bois, et exposé à un flux thermique de 50 kW/m² pendant quatre heures. Le graphique montre l'évolution des températures dans le temps à différentes profondeurs de l'assemblage. Cette analyse

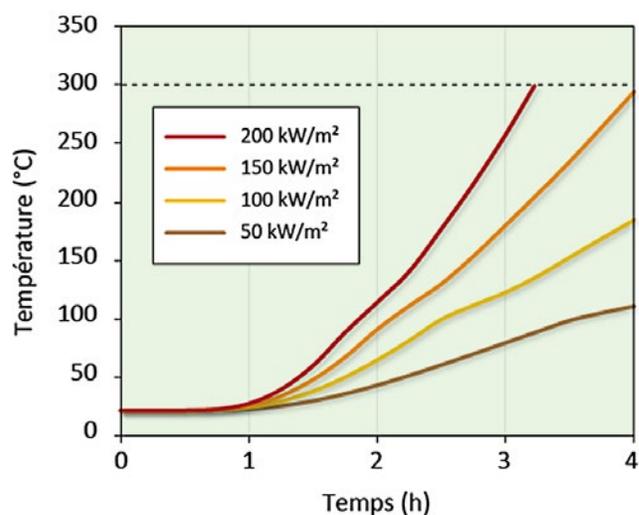


Figure 5 Évolution des températures de structure d'un toit pendant une exposition à différentes charges thermiques (50, 100, 150, 200 kW/m²).

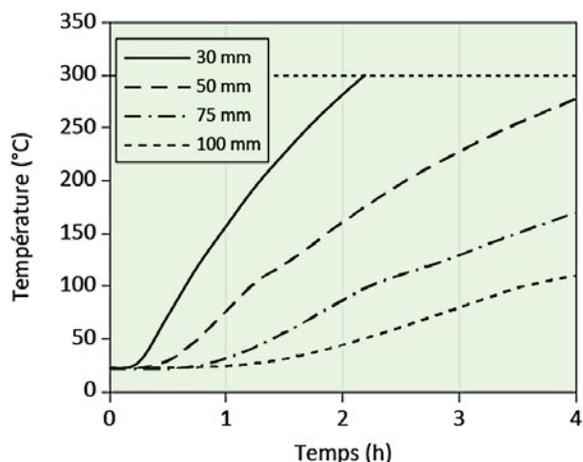


Figure 6 Évolution des températures de structure d'un toit avec les couches d'un substrat de croissance de 30, 50, 75 et 100 mm, pendant une exposition à 50 kW/m².

montre que la structure du toit atteint seulement 110 °C après quatre heures, ce qui est bien en-dessous de la température critique de 300°C.

Des analyses similaires ont été faites en appliquant des charges thermiques plus élevées. La Figure 5 présente le résultat de développement des températures de la structure d'un toit pendant que la surface du toit végétalisé au-dessus est exposée aux charges thermiques de 50, 100, 150 et 200 kW/m². La structure atteint la température critique de 300 °C après 3h d'exposition à 200 kW/m². Une charge thermique de 200 kW/m² correspond à 4h d'exposition au feu normalisé CAN/ULC S101, où la température du feu dans le four d'essai serait de 1100°C.

Le résultat de l'analyse de l'effet de l'épaisseur du substrat sur le temps de défaillance est démontré à la Figure 6. Les courbes présentent le développement des températures de la structure d'un toit pendant une exposition à 50 kW/m² pour quatre cas d'épaisseur de la couche du substrat de croissance : 30, 50, 75 et 100 mm. Le résultat démontre que la toiture végétalisée retarde efficacement la propagation de la chaleur vers la structure, même avec une couche du substrat de seulement 50 mm d'épaisseur.

« Le résultat démontre que la toiture végétalisée retarde efficacement la propagation de la chaleur vers la structure, même avec une couche du substrat de seulement 50 mm d'épaisseur. »

Conclusion

Les travaux de Mme Gerzhova ont permis d'aborder la question de la sécurité incendie des toitures végétalisées, un enjeu important au Québec en raison de la réglementation qui contient des dispositions rigoureuses en matière de protection incendie. À la lumière des essais effectués et des résultats obtenus, quelques conclusions peuvent être tirées.

En matière de réaction au feu, on constate que les membranes de bitume modifié généralement utilisées sur les toits plats au Québec dégagent plus d'énergie pendant la combustion que les substrats dans lesquels croissent les végétaux des toitures végétalisées. Les résultats ont démontré que les substrats de croissance dégagent moins d'énergie que les membranes en bitume modifié généralement utilisées sur les toitures au Québec, et ce même à l'état sec (0 %). Lorsque ce substrat est humide, la différence est encore plus marquée. L'humidité présente dans le sol réduit donc considérablement le dégagement de la chaleur pendant la combustion et augmente le temps d'allumage.

Des analyses de transfert thermique ont été effectuées pour évaluer la propagation de chaleur au sein des différentes couches d'une toiture végétalisée dans le but de déterminer si la structure d'un toit en bois peut être affectée en cas d'incendie. Les résultats ont établi que même exposées à des chaleurs importantes pendant une longue période de temps, les toitures végétalisées ne permettent pas de transfert de chaleur inquiétant à la structure

du bâtiment. Les recherches ont aussi démontré qu'en cas d'incendie sur une toiture végétalisée, l'importance de l'épaisseur du sol sur la protection de la structure de toit sous-jacente est majeure; plus le sol est épais, moins la chaleur se propage jusqu'à la structure. Enfin, pour la suite de ses travaux de doctorat, l'étudiante cherchera à analyser le risque d'incendie de toitures végétalisées pour les bâtiments adjacents.



© Crédit: CIRCERB

Partenaires du CIRCERB



Partenaires majeurs Cecobois

