

LA RECHERCHE SUR LES MOISSURES AU CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA

Hans Schleibinger, Madeleine Rousseau, Bob Magee et Boualem Ouazia

Institut de recherche en construction
Programme de recherche sur l'environnement intérieur
Programme de recherche sur l'enveloppe et la structure du bâtiment
Conseil national de recherches du Canada

Résumé

Le Conseil national de recherches Canada (IRC-CNRC) a lancé une série de projets de recherche concernant la formation de moisissures dans les bâtiments, puisqu'il est admis que la formation de moisissures n'est pas acceptable. Pour cette raison, l'IRC-CNRC met au point de nouvelles installations de recherche et améliore des installations existantes pour contribuer aux connaissances dans les domaines suivants:

- 1) élaboration de méthodes éprouvées pour la détection de moisissures dans les bâtiments;
 - 2) essais de détermination de la résistance aux moisissures des matériaux de construction;
 - 3) prédiction de la formation de moisissures sur les matériaux et les éléments de bâtiment;
 - 4) systèmes de ventilation sains;
 - 5) méthodes correctives pour la remise en état.
-

Introduction

Après l'Atelier scientifique national sur les moisissures en milieu intérieur qui a eu lieu à Montréal les 24 et 25 novembre 2003, l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada a formé un groupe de travail sur les moisissures. Ce groupe de travail a produit un rapport interne sur la recherche future portant sur les moisissures et les avantages de cette recherche pour les groupes d'intérêt du CNRC. Les recommandations émises par ce groupe de travail et approuvées par la direction du CNRC stipulent que la recherche conduite au CNRC dans le domaine des moisissures se concentrera sur les thèmes cités ci-dessous.

Domaines de Recherche

1) **Elaboration de méthodes éprouvées pour la détection de moisissures dans les bâtiments**

Il y a une flore «normale» qui nous entoure dans l'air ambiant et, à cause de la ventilation naturelle ou bien mécanique, dans l'air intérieur. De plus, il y a des sources microbiologiques différentes, comme dans le substrat des pots de fleurs. Normalement, cela ne provoque pas de problèmes de santé, pour autant que les moisissures ne commencent pas à se multiplier,

surtout sur les surfaces des matériaux de construction.

Cette formation est souvent visible; on peut donc réagir vite et mettre en œuvre des mesures correctrices, comme éliminer les moisissures visibles. On peut en même temps identifier et éliminer les causes de la prolifération des moisissures et souvent des autres infestations microbiologiques.

En fait, dans certains cas, la prolifération mycologique n'est pas visible, parce que la vue est obstruée, par exemple par les meubles, ou encore parce que les moisissures poussent derrière la tapisserie, au-dessous du tapis ou bien dans les cavités de l'enveloppe du bâtiment, voire dans les conduites de ventilation. Dans le cas particulier où l'on soupçonne une formation microbiologique, surtout mycologique, il faut élaborer des méthodes fiables, validées, pour éviter des résultats erronés.

Quant aux méthodes de détection non destructrices des dommages microbiologiques *cachés*, on peut se servir, par exemple, des métabolites secondaires, qui sont émis par des cultures en formation. Il s'agit des métabolites volatils, qu'on appelle COVM (composés organiques volatils produits par des microbes).

Quelques-uns de ces composés causent des odeurs,

mais l'absence d'odeur de moisi n'est pas un signe explicite de l'absence de formation de moisissures dans une maison ou un bâtiment.

Dans beaucoup de cas, on ne trouve pas de spores cultivables dans un bâtiment qui indiqueraient un problème de croissance de microbes pas désirés. C'est pour cette raison que l'on mène des recherches sur les COVM depuis quelques dizaines d'années, pour trouver des indicateurs fiables. Présentement, on n'a pas des indicateurs valables pour différentes raisons:

- (i) les taux des émissions de COVM sous surveillance étaient trop bas pour être détectés dans l'air intérieur, surtout quand les moisissures poussent sur un substrat sous-optimal,
- (ii) les COVM qui montrent une émission significative ont d'autres sources dans un bâtiment, par exemple des sources chimiques ou biologiques,
- (iii) ou bien les COVM ont été émis seulement par certaines moisissures, sur certains substrats, normalement très riches, mais pas sur les substrats déficitaires.

La recherche du CNRC sur les moisissures se concentrera sur la recherche d'indicateurs fiables, émis par les genres et espèces les plus importantes, concernant les infestations des matériaux de construction. Le CNRC s'est doté d'équipements précis, comme le GC / MS / MS, pour détecter une grande variété de COVM, à des seuils de détection très bas. Nous avons aussi installé différents systèmes de chambres (de micro à macro), qui nous permettent une détection sensible et non biaisée de bio-effluents à partir de cultures de moisissures.

2) Méthodes d'évaluation des risques de formation de moisissures

La recherche portera sur l'évaluation en laboratoire de la résistance aux moisissures sur des matériaux de construction, des éléments de bâtiment et des ensembles pleine grandeur, de même que sur la modélisation numérique pour prédire la formation de moisissures dans diverses conditions.

Élaboration de protocoles d'essai en vue de l'évaluation de la résistance aux moisissures de matériaux et systèmes de construction

S'appuyant sur les normes internationales, l'IRC-CNRC va élaborer des protocoles et des installations

d'essai afin de tester et de classer des matériaux de construction en fonction de leur résistance aux moisissures. Différentes procédures d'essai seront validées en fonction de leur capacité à fournir des résultats fiables. Ainsi, les fabricants de matériaux de construction, les entreprises de remise en état, les propriétaires, etc., auront plus facilement accès aux données pour choisir des matériaux de construction appropriés. Les demandes et les impératifs en matière de matériaux de construction étant différents selon les zones climatiques, ces données seront intéressantes pour les concepteurs de bâtiments, les propriétaires de bâtiments et les gérants en charge de la maintenance et de la remise en état des maisons et de bâtiments ainsi que les fabricants de matériaux de construction.

On a très souvent considéré la valeur a_w (activité de l'eau ou disponibilité en eau) comme étant le meilleur paramètre de prévision d'un état critique favorisant la formation de moisissures sur des matériaux de construction. Cette valeur offre la prédiction la plus proche des conditions limites pour la formation de moisissures sur un support donné. Cependant, la valeur a_w ne peut être évaluée que dans des conditions d'équilibre en laboratoire. Pour certains matériaux de construction cela peut prendre plusieurs jours afin de déterminer la valeur a_w , jusqu'à ce qu'un état d'équilibre soit atteint.

En pratique, l'état d'équilibre n'existe pas dans les bâtiments. Plus communément, on observe des cycles journaliers de température et d'humidité relative avec des pics liés aux activités des occupants. Les différences saisonnières et les cycles annuels peuvent jouer un rôle important, mettant à rude épreuve les systèmes de ventilation et les enveloppes de bâtiment et modifiant le comportement des occupants (différents modes d'aération et de douches en hiver, temps passé à l'intérieur, etc.).

La recherche menée par l'IRC va se concentrer sur l'élaboration de protocoles rigoureusement scientifiques pour une meilleure compréhension et des prédictions plus fiables de la formation de moisissures dans les bâtiments, en prenant en compte des éléments pertinents des bâtiments, comme: l'enveloppe avec différents types de structures, isolants, pare-vapeur, etc., les fuites d'air éventuelles (aux interfaces mur-fenêtre), les différents matériaux de construction dont les matériaux composites, les différents systèmes et scénarios de ventilation, les conditions climatiques extérieures (prenant en

compte les écarts de température et l'humidité dans les structures de murs complexes), le comportement des habitants, etc. Ces protocoles d'essai permettront une évaluation de la résistance des matériaux de construction aux moisissures et aideront les chercheurs de l'IRC-CNRC participant à la création de modèles numériques à prédire la probabilité de moisissures dans certaines constructions qui sont exposées à des régimes climatiques intérieurs et extérieurs donnés. Cet outil serait utile dans la conception et le fonctionnement de nouveaux bâtiments ainsi que la conception de bâtiments restaurés afin de limiter la résurgence des problèmes.

Des chambres d'essai en laboratoire pour la recherche de moisissures ont été spécifiquement conçues et réalisées à cette fin sur le campus du CNRC à Ottawa. Elles permettront une extension des installations actuelles afin de mener des recherches avec des scénarios plus complexes, sur des composants de l'enveloppe du bâtiment plus complexes également et plus grands ainsi que dans des conditions instationnaires. L'humidité relative sera le premier paramètre à varier de façon cyclique dans les premiers groupes expérimentaux, mais qui pourra aussi permettre ensuite une condensation intermittente. D'autres scénarios expérimentaux à différentes températures suivront, suivant les résultats obtenus.

La recherche sera menée à différentes échelles, depuis le seul matériau simple à petite échelle jusqu'aux systèmes en grandeur réelle, en passant par des composants plus complexes à moyenne échelle. Après des expériences miniatures en flacons de 500 ml, plusieurs expériences seront ensuite effectuées dans des chambres d'acier inoxydable traditionnelles de 50 l, dans lesquelles l'IRC a poursuivi ses expériences lorsqu'il testait les émissions de matériaux et notamment celles des composés organiques volatils (COV). D'autres composants de bâtiment, plus complexes, ainsi que des protocoles d'essai seront exécutés dans des chambres d'échelle moyenne, allant de 1 à 2 m³. Lorsqu'il s'agit de simulations de structures plus grosses ou plus complexes, comme des interfaces mur-fenêtre, il faut utiliser des chambres de moyenne ou grande échelle.

Toutes les expériences seront menées avec précaution, tant du point de vue de la santé que de celui de la sécurité, et les échantillons seront tous encapsulés. L'air d'évacuation sera proprement filtré afin d'éliminer tout risque pour la santé mais aussi

pour éviter toute contamination croisée entre les échantillons.

Grâce aux résultats obtenus, les outils informatiques existants pour la gestion de l'humidité dans les structures à deux ou trois dimensions pourront être étendus à une nouvelle dimension «microbienne».

3) Systèmes de ventilation sains

La ventilation, c.-à-d. l'apport suffisant d'air extérieur propre et l'extraction efficace de l'air intérieur possiblement contaminé, est essentielle à l'obtention d'un environnement intérieur sain. Dans bien des cas, un système de circulation d'air prend le contrôle des tâches pour fournir un volume d'air suffisant. Un appareil de traitement d'air ne doit pas affecter la qualité de l'air fourni et surtout pas ajouter des composés organiques volatils (COV) nocifs, des composés odorants ou des propagules microbiennes comme des bactéries, des spores ou des fragments de mycélium provenant des moisissures.

Les bactéries et les moisissures, qui peuvent être présentes dans l'air extérieur en grande quantité, sont capables de se multiplier dans les systèmes de circulation d'air sous certaines conditions, spécialement s'il y a de l'eau ou beaucoup d'humidité. Les zones typiques où la croissance microbologique peut se produire sont les filtres à air, les appareils d'humidification et de déshumidification, les systèmes de refroidissement d'air et les conduites de circulation d'air.

S'il est entendu que les filtres à air sont remplacés régulièrement et les systèmes de circulation d'air des appareils inspectés facilement, nettoyés et entretenus régulièrement, la situation concernant les conduites est plus délicate. D'un côté, les critères en fonction desquels on peut déterminer une contamination inacceptable (effet néfaste sur la santé) d'une conduite de circulation d'air sont plus ou moins inexistantes. D'un autre côté, il est souvent difficile d'inspecter et de nettoyer, le cas échéant, les conduites de circulation d'air dans toute leur longueur, depuis la prise d'air jusqu'à la grille de distribution.

Pour cette raison, l'inspection complète des conduites est souvent négligée et conséquemment, aucune action appropriée pour leur nettoyage n'est prise.

En revanche, il existe une vraie pression de la part du secteur privé pour nettoyer les conduites de circulation, et cela est souvent fait sans la rigueur,

l'assurance de qualité et le contrôle nécessaires pour une totale efficacité.

La recherche du CNRC se concentrera sur le développement de données scientifiques fiables pour savoir quand nettoyer ou remettre en état les conduites d'air contaminées par des microbes, de méthodes, de technologies, de règles de l'art et de guides pour valider l'efficacité de procédures de nettoyage hygiéniques, et de stratégies de contrôle ainsi que de méthodes pour évaluer si une opération de nettoyage est satisfaisante. Les critères du processus de nettoyage s'appuieront sur des techniques d'évaluation de pointe, qui seront évaluées et validées par les dernières techniques de détection de moisissure, comme l'analyse des propagules microbiennes contenant des DNS avec la méthode de réaction en chaîne de la polymérase (PCR).

Dans ce domaine, l'IRC-CNRC a travaillé conjointement avec l'IRSST (Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail), afin de mettre en commun les connaissances scientifiques et les installations de recherche.

4) Techniques de remise en état après formation de moisissures

Une fois que les dommages microbiologiques ont eu lieu, il faut assainir d'une façon rapide, efficace et sûre. La plupart des chercheurs sont d'accord sur ce point. Le défi consiste à définir l'étendue des dommages en fonction de la zone de matériau touchée et, dans certains cas, notamment quand il s'agit de matériaux poreux (plaque de plâtre, isolant en fibre de verre), la profondeur des dommages au sein de l'ensemble (croissance du mycélium), ce qui indique si la biomasse peut être retirée superficiellement ou s'il faut agir en profondeur.

Cette question non résolue provoque souvent non seulement des discussions techniques mais aussi des discussions émotionnelles, par exemple pour le cas des écoles, où un budget limité ne permet pas une investigation complète du bâtiment et l'on doit se limiter à la correction des dommages visuels sur les surfaces intérieures, ce qui ne calme pas les inquiétudes des parents et des professeurs. Davantage de preuves scientifiques sont donc nécessaires, pour savoir par exemple ce qu'est une concentration de fond normale et acceptable et quand une remise en état complète est nécessaire.

Sur ces questions, le travail du CNRC se concentrera

sur les points suivants :

- (i) Qu'est-ce qu'une concentration de fond acceptable et quel est le niveau cible possible pour évaluer le succès d'une procédure de remise en état?
- (ii) Qu'est-ce qu'une concentration de fond inacceptable, qui nécessite une action immédiate (fermeture des zones infestées), et quel est le délai entre la détection et le point de départ des actions de remise en état?
- (iii) Quelles sont les meilleures méthodes de remise en état?
- (iv) Jusqu'où, «spatialement» parlant, doit-on corriger les dommages?

Installations de recherche

Afin d'atteindre ces objectifs ambitieux, plusieurs installations de recherche appropriées sont nécessaires. L'IRC-CNRC a donc financé la conception et la construction de plusieurs installations d'essai.

La première de ces installations, un « Laboratoire de recherche sur les moisissures » abrite différents équipements nécessaires pour étudier les moisissures, par le biais par exemple de techniques classiques de coloration et de microscopie. Un stéréomicroscope permettra aussi d'explorer de grandes zones de matériaux de construction pour obtenir une collection d'échantillons appropriée et effective des sites attaqués par les moisissures.

D'autres techniques permettront une quantification plus générale de la formation de moisissures, par exemple en fonction des enzymes exogènes produits par les moisissures et libérés sur les matériaux de construction. L'enzyme à surveiller s'appelle le «NAGase».

De plus, les techniques de pointe sont basées sur la détection de l'ADN fongique qui peut être utilisé à différentes fins (technique PCR). Cette technique permet de quantifier les moisissures et d'identifier également la famille et l'espèce. La PCR tiendra lieu de méthode indépendante aux côtés des techniques de microscopie traditionnelle, en tant que méthode d'assurance de la qualité et méthode de référence permettant aussi de comparer les résultats avec ceux de différents laboratoires extérieurs.

Conclusions

La formation de moisissures dans des bâtiments, que ce soit dans des bureaux, des écoles ou des bâtiments résidentiels n'est pas acceptable.

- Le CNRC entreprend un programme de recherche ambitieux sur les moisissures afin d'aider les Canadiens à vivre dans des bâtiments sains.
- La construction des nouveaux laboratoires est terminée et l'étape de la mise en service est imminente.
- De nouveaux projets en partenariat avec l'industrie vont voir le jour très bientôt.

La recherche de l'IRC sur les moisissures se concentre sur la plupart de ces éléments en améliorant les outils de conception et d'évaluation des risques, et en développant des mesures appropriées pour identifier et limiter les dommages.

Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec les personnes suivantes:

- Hans Schleibinger pour les questions reliées à la recherche sur les moisissures (Hans.Schleibinger@nrc-cnrc.gc.ca)
- Bob Magee pour les questions reliées aux chambres d'essai sur la formation de moisissures (Bob.Magee@nrc-cnrc.gc.ca)
- Wenping Yang pour les questions reliées aux techniques d'identification des moisissures (Wenping.Yang@nrc-cnrc.gc.ca)
- Madeleine Rousseau pour les questions reliées à la gestion de l'humidité dans l'enveloppe du bâtiment (Madeleine.Rousseau@nrc-cnrc.gc.ca)