

Les murs doivent-ils « respirer » ?

L'enveloppe de votre maison est-elle à l'épreuve du climat ? Certains matériaux couramment posés à l'extérieur des murs pourraient favoriser la croissance de moisissures en nuisant à leur assèchement en cas de dégât d'eau ou de condensation. De plus en plus d'experts préconisent un retour aux matériaux diffusants pour contrer les méfaits du climat et des malfaçons, si courants aujourd'hui. Bienvenue au monde complexe et souvent incompris de la science du bâtiment.

Par André Fauteux

Maisonsaine.ca



Il y a quelques étés, il a plu dans mon salon. Pendant une quinzaine de minutes, une soudaine averse avait frappé presque à l'horizontale la fenêtre panoramique. J'avais hâte que ça finisse! Puis des gouttes d'eau se sont mises à tomber sur le seuil intérieur de la fenêtre. Plutôt inquiétant. J'imaginai l'isolant tout détrempé. Heureusement, dans la cavité murale au-dessus de la fenêtre, il n'y avait que du polyuréthane injecté pour sceller son cadre, ainsi que des pièces de bois.

En Europe, les briques de chanvre et autres matériaux diffusant l'humidité ont de plus en plus la cote.

Cet événement hors du commun m'a permis de découvrir une faille dans notre maison : la pluie s'était infiltrée à l'étage supérieur, sous le seuil non scellé de la porte du balcon de la chambre. Un ouvrier avait omis de sceller cette mince et longue ouverture. Ce défaut a pu être corrigé, rapidement et facilement,

par l'injection de polyuréthane.

Notre maison a été construite en 1998. L'architecte, André Bourassa, nous avait recommandé l'usage de matériaux diffusant l'humidité. Ainsi, pour garder les murs bien au chaud et donc davantage à l'épreuve de la condensation, l'extérieur de l'ossature est recouvert de deux épaisseurs de panneaux de fibre de bois imbibés de goudron pour les protéger de la pluie. En plus de freiner les ponts thermiques (pertes de chaleur) à travers l'ossature et de diffuser la vapeur d'eau, ces cartons-fibres emprisonnent la membrane pare-air (de marque Tyvek) et la protègent contre le vent qui à terme pourrait la faire déchirer. Le tout est recouvert de fourrures de bois (1 X 3) puis d'un parement *Maibec*, en bois massif teint en usine. L'espace d'air créé par les fourrures permet l'écoulement et l'assèchement en cas d'infiltration d'eau. Du côté intérieur, derrière gypse et fourrures, André Bourassa nous a recommandé de poser un autre carton-fibre isolant ainsi qu'un pare-vapeur de type II, en papier kraft goudronné; celui-ci est plus perméable à la vapeur qu'un polyéthylène et il est accepté par le Code national du bâtiment. Comme isolant entre les colombages de bois 2 X 6, j'ai opté pour de la cellulose injectée à haute densité (4 livres au pied cube). Les entrepreneurs en isolation spécialistes de la cellulose à haute densité sont rares. Dans la région du grand Montréal, il y a Multiénergie, de Mirabel, et Métrotec, de Saint-Hubert.

Climat d'inquiétude

Et votre maison à vous, est-elle à l'abri des changements climatiques ? « Selon les études dont on dispose, les épisodes de fortes pluies devraient beaucoup augmenter dans de nombreuses régions », prévenait en 2007 le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (ipcc.ch). C'est sans parler des plus lourdes chutes de neige et des barrages de glace causés par les pluies hivernales et les cycles gel dégel plus fréquents. L'étanchéité des bâtiments, tant à l'air qu'à l'eau, sera mise à rude épreuve. « On sait qu'un édifice a 90 % de risque de subir un dégât d'eau — de quelque type que ce soit, incluant les fuites de chauffe-eau ou de plomberie — au cours de sa vie utile », précise Ginette Dupuy, auteure du livre *Habitat sain et écologique* (Quebecor).

La question n'est plus de savoir si votre bâtiment sera affecté par les événements climatiques extrêmes plus fréquents, mais plutôt s'il est conçu pour résister aux dégâts d'eau inévitables et les limiter, notamment, en séchant assez rapidement.



1: Vos murs sont-ils à l'abri des dégâts d'eau qui se font de plus en plus fréquents avec les changements climatiques?

Moisissures : le temps presse

Il ne faut que de 24 à 48 heures à une colonie de champignons potentiellement toxiques pour s'implanter sur des matériaux à base de cellulose (comme le bois et le gypse recouvert de papier) qui sont mouillés.

Chez moi, j'ai été chanceux, car le problème d'enveloppe s'est manifesté, puis réglé, tout aussi rapidement. Souvent, les dégâts d'eau sont plus sournois et persistent pendant des mois.

Claude Mainville, ingénieur chevronné au Groupe Natur'Air-Kiwatin, bureau montréalais d'expertise en qualité de l'air intérieur et salubrité microbienne des bâtiments, en sait quelque chose. Il se spécialise dans les cas de moisissures depuis 25 ans. Le problème, c'est que jusqu'à 90 % des champignons peuvent être invisibles, car cachés

dans les combles, les murs et les planchers. « Aucun bâtiment n'est étanche à 100 %, décrète Claude Mainville. L'eau finit toujours par s'infiltrer. »

L'ingénieur Jim White est du même avis. Sommité en matière de moisissures, il est l'ancien directeur de la recherche à la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL). « L'eau qui s'infiltré dans les murs doit pouvoir couler vers l'extérieur, comme le permettent les chantepleures de maçonnerie. Je préfère donc qu'il y ait des fuites d'air mineures du côté extérieur. C'est un compromis acceptable. »

Jim White recommande avant tout l'usage de matériaux pare-air efficaces, c'est-à-dire rigides, comme un système à base de polyuréthane ou une membrane pare-air de polyoléfine (tels *Tyvek* ou *Typar*) insérée entre deux cartons-fibres. « Je scellerais le haut et tous les côtés, mais pas le bas de la cavité, pour permettre l'écoulement de l'eau, comme on doit le faire derrière le revêtement extérieur pare-pluie. »

Une maison sur trois moisirait

Selon Jim White, une maison canadienne sur trois connaîtrait un problème d'humidité suffisant pour causer une prolifération fongique. Plus grave encore, il estime que la santé des occupants d'environ 10 % des habitations est menacée par un problème de moisissure qui doit être corrigé sans délai.

Or, selon plusieurs experts, les maisons bâties depuis les années 1980 tolèrent moins bien les problèmes d'humidité causés par les malfaçons et les affres du climat. Ces maisons sont beaucoup plus étanches et mieux isolées qu'autrefois. C'est une bonne chose dans le contexte des changements climatiques et des hausses incessantes des prix de l'énergie. Par contre, elles requièrent un échange d'air mécanique en saison de chauffage pour les déshumidifier. Or, beaucoup de ces habitations ne sont pas assez ventilées. L'excès d'humidité favorise la prolifération des bactéries et moisissures qui déclenchent des maladies respiratoires.

Le premier problème, c'est notamment que la plupart de ces maisons sont insuffisamment déshumidifiées pour éviter la condensation de la vapeur d'eau sur les surfaces froides.

L'humidité relative (ou degré hygrométrique) de l'air est mesurée avec un appareil appelé hygromètre, vendu en quincaillerie. C'est « le rapport entre le contenu en vapeur d'eau de l'air et sa capacité maximale à en contenir dans ces conditions sans qu'elle se condense », rappelle wikipedia.org. Ce rapport changera si on modifie la température, bien que l'humidité absolue de l'air soit restée la même. Ainsi, une maison subira plus de condensation si son air est maintenu sous 20 °C, par exemple avec un thermostat programmable durant votre absence. « Je déconseille l'abaissement du thermostat la nuit si votre maison subit de la condensation sur les vitrages et que de la moisissure est visible, par exemple derrière des meubles ou dans un garde-robe, dit le chercheur Ken Ruest. C'est comme programmer un cycle quotidien d'arrosage pour les moisissures ! »

Pour prévenir la condensation, donc, l'humidité relative (HR) doit en général être maintenue sous 40 % en saison de chauffage et même sous 30 % par grands froids. Ceci se fait idéalement à l'aide d'un ventilateur récupérateur de chaleur qui préchauffe l'air extérieur (généralement sec en hiver) avec l'énergie de l'air vicié qu'il expulse. Le reste de l'année, la SCHL recommande l'usage d'un déshumidificateur pour atteindre une HR le plus près possible de 50 % au sous-sol. Car, comme on le sait, il n'y a pas que les vitrages qui suintent, mais aussi les parties cachées des murs extérieurs, incluant les fondations.



Une maison 100 % maçonnerie, non déshumidifiée, peut absorber l'humidité pendant 200 jours sans qu'il y ait trace de condensation, selon le réputé expert en science du bâtiment américain Joe Lstiburek (buildingscience.com). Or, une maison à ossature de bois ne peut tolérer plus de 20 jours d'absorption de vapeur d'eau sans assèchement par la ventilation ou la climatisation. « Dans les vieilles maisons, les matériaux étaient massifs. Même celles en bois résistaient beaucoup mieux à l'eau », précise Claude Mainville.

Le degré d'humidité relative devrait être maintenue sous 30 % dans le centre des pièces par grands froids, puisqu'il sera plus élevé au bord des fenêtres. Photo : Ken Ruest, SCHL

Là où le bât blesse

Dans les bâtiments modernes, les erreurs de construction pardonnent moins quand les matériaux plastiques et les colles des panneaux agglomérés emprisonnent l'humidité et l'eau dans les murs. Ces matériaux empêchent l'assèchement rapide des matières putrescibles comme le bois. Autrefois, les murs mouillés séchaient plus rapidement, car c'étaient de vraies passoires : le

vent d'hiver balayait leurs cavités peu étanches et peu ou pas isolées. « Durant les années 1980, une étude de la SCHL avait démontré que les murs humides qui séchaient le mieux étaient ceux revêtus de carton goudronné », précise Ken Ruest.

Or, aujourd'hui, les maisons sont plus éconergétiques, mais souvent bâties à la hâte, et les plans et devis ne sont pas respectés. « Souvent, les membranes pare-air et les papiers goudronnés ne se chevauchent pas suffisamment — on recommande un chevauchement d'au moins quatre pouces, pour empêcher l'eau de pénétrer, explique Ken Ruest. Et souvent, les constructeurs n'installent même pas ces matériaux dans les pignons. Ils se disent qu'ils ne sont pas nécessaires parce que les combles ne sont pas chauffés, mais ils oublient la pluie ! »

Ce sont les dégâts causés par les fuites de plomberie et l'infiltration de pluie qui sont le plus à craindre. Surtout si on pose de la fibre de verre, un matériau qui absorbe l'eau et s'assèche moins vite, et c'est pire si on l'encapsule entre un pare-vapeur et un pare-air plastique (ce dernier diffuse la vapeur vers l'extérieur, mais il retient l'eau). Un inspecteur américain a déjà découvert 5 cm (2 po) d'eau dans le fond d'un tel mur ! « C'est comme mettre une serviette mouillée dans un sac de plastique », illustre l'hygiéniste industriel californien John Banta (restcon.com). Expert en moisissures et en biologie de l'habitat (buildingbiology.net) depuis 1986, il est l'auteur du livre *Extreme Weather Hits Home* (2007, newsociety.com). Cet ouvrage fut qualifié d'Arche de Noé car il décrit les moyens incontournables d'adapter les maisons afin qu'elles résistent mieux aux changements climatiques de plus en plus extrêmes.



La mousse minérale giclée Air Krete a été utilisée dans la maison de l'ancien vice-président américain Al Gore. Elle est incombustible, non toxique et résistante aux moisissures et aux insectes.

Photo : airkrete.com

Son approche est reprise dans un autre excellent ouvrage, plus récent, *Breathing Walls* (breathingwalls.com), rédigé par des collègues américains formés en Baubiologie (école d'origine allemande), George Swanson et Oram Miller, avec le chimiste Wayne Federer. Ceux-ci rappellent que plus elle est humide et plus il fait froid, moins la fibre de verre est isolante. Par ailleurs, la laine de verre en nattes installée sans précaution épouse mal — moins bien que la laine de roche, la cellulose et le polyuréthane — les imperfections des colombages de bois et laisse passer l'humidité dans un mur non étanche. Cela favorise des mouvements d'air circulaires ou « boucles de convection » (du froid vers le chaud) qui réduisent encore davantage (de 15 %) sa valeur isolante. Dans les murs en 2 X 6, ces auteurs préconisent plutôt l'usage des nattes de coton recyclé ou de laine de roche, ou de cellulose ou d'isolant minéral (airkrete.com) giclés. (Ken Ruest affirme que l'Air Krete est conçu pour être giclé contre des murs de maçonnerie. « Comme il s'installe humide, il est plus risqué dans une charpente de bois. » Ce qui n'a pas empêché l'ex vice-président américain Al Gore de le faire installer dans sa maison de bois.

Pare-vapeurs extérieurs

Comme bien d'autres, les Baubiologistes insistent sur l'importance de l'entretien préventif — trop souvent négligé — des bâtiments, afin de les protéger contre l'infiltration de pluie et d'air extérieur. Ils en ont surtout contre la pose, à l'extérieur de l'enveloppe, de matériaux qui limitent la capacité d'assèchement des murs en cas de dégât d'eau.

En Colombie-Britannique, la finition d'immeubles à problème avait été faite à l'aide d'un système d'isolation extérieure recouvert d'acrylique. Aucun espace vide entre les deux n'avait été prévu pour permettre de drainer la pluie et la condensation. Ces murs ont pourri à la suite d'infiltrations d'eau causées par des malfaçons (myleakycondo.com).

Directeur technique à l'Association provinciale des constructeurs d'habitation du Québec (APCHQ), le technologue en architecture André Gagné est du même avis. « Autrefois, nos maisons étaient construites en carrés de madrier de trois pouces d'épaisseur. Ce bois était sec et il pouvait absorber l'eau comme une éponge, puis sécher, contrairement aux bois agglomérés, peu absorbants et peu diffusants. Aujourd'hui, si de l'eau s'infiltré le moins dans les murs, elle ne peut plus en sortir. » Un festin pour les moisissures !

Par précaution, monsieur Gagné déconseille la pose extérieure de matériaux à faible perméance à la vapeur, en particulier, les panneaux de copeaux orientés (mieux connus sous l'acronyme anglais OSB) et les contreplaqués, tous deux froids en hiver, car peu isolants, le stuc acrylique sans espace d'air et les isolants rigides extrudés. Selon lui, on joue avec le feu en posant à l'extérieur un panneau d'isocyanate recouvert d'aluminium, le métal étant totalement imperméable, il ne diffuse aucune humidité.

Le Fédéral moins inquiet

Pourtant, ces façons de faire satisfont aux exigences du Code national du bâtiment (CNB) de 1995 qui prescrit la pose d'un pare-air efficace : « La mise en place d'un matériau de faible perméance sur le côté externe d'un mur extérieur n'augmente pas forcément le risque de condensation dans la structure du mur tant qu'une résistance thermique suffisante est ajoutée sur la face interne de l'isolant afin de conserver sa température », écrivaient en 2002 des chercheurs du Conseil national de recherches du Canada (CNRC) dans le bulletin *Solution constructive no 41* (irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/ctus/41_f.html). En clair, le CNB 1995 exige qu'à Montréal, l'isolant extérieur représente au moins 20 % de la résistance thermique de l'isolant intérieur (R-4 pour une laine R-20). Or, selon cette règle, l'OSB non recouvert d'un isolant ne serait pas conforme, fait remarquer André Gagné. « Le Fédéral recommande seulement de ne pas sceller les joints entre les panneaux. Pourtant, cela augmente les risques de moisissures en concentrant le passage de l'humidité par les joints au lieu de la répartir également sur toute la surface du mur. »

André Gagné rappelle que les évaluations du CNRC sont basées sur des tests conduits « en laboratoire, dans des conditions idéales. Dans la vraie vie, l'eau s'infiltré dans les murs et on construit de plus en plus en hiver. À -10 °C, les 2 X 6 sont pleins de glace et on scelle les murs au plus vite avant qu'ils aient eu le temps de sécher. Il nous est déjà arrivé, à Québec, de devoir ouvrir des murs de maisons *Novoclimat* parce que les clins de vinyle ou d'aluminium étaient complètement glacés. Ça me rappelle le fameux papier de brique des années 40 et 50. Ces rouleaux de papier goudronné étaient très pare-vapeur : toutes ces maisons avaient de la pourriture au bas des murs. »

Des architectes en remettent

D'autres experts sont du même avis qu'André Gagné : « L'utilisation d'isolant rigide et d'*Aspenite* (une marque d'OSB) dans les compositions de murs a tendance à causer des problèmes d'humidité si les murs ne sont pas étanches à l'air, car ces panneaux agissent comme pare-vapeur, explique l'architecte Angeline Spino, du Groupe Petrone, firme montréalaise spécialisée en enveloppe du bâtiment. Ce n'est pas le type de composition de

mur qui favorise la condensation, c'est la façon dont les joints sont (mal) traités. Nous sommes à corriger une maison haut de gamme qui est envahie par les moisissures. Pas drôle pour les occupants. Cette maison est construite avec un système d'isolation qui se vante d'avoir comme avantage d'éliminer les ponts thermiques et les problèmes d'humidité dans les murs. Or, lors de la construction, aucune attention n'a été portée aux joints. L'air s'infiltré dans les murs et les combles, causant de la condensation. Résultat : de la moisissure prolifère sur le gypse. »



Gypse moisi dans les combles d'une maison non étanche à l'air.

Photo : Groupe Petrone

L'architecte Guylaine Desmarais, de la firme Patenaude-Trempe, réputée pour son expertise sur l'enveloppe du bâtiment, nuance : « Il n'existe aucune coupe de mur qui convient à toutes les situations. Il faut toujours considérer à la fois les conditions extérieures et intérieures d'exposition et même la géographie du site, sinon, on risque d'avoir des problèmes. Et cela, que les matériaux pris individuellement soient "écologiques" ou non. » Par exemple, dans les régions maritimes, où les murs sont très souvent mouillés, on déconseille l'isolation aux ballots de paille qui risque de pourrir, soulignait Richard Kadulski, architecte de Vancouver et éditeur du bulletin *Solplan Review*, dans son numéro de mai dernier.

De même, la laine de roche et la fibre de verre retiennent moins l'humidité que la cellulose. Dans des conditions très humides, la vapeur d'eau risque alors de se condenser et de faire pourrir l'ossature de bois. « Par contre, l'isolant de fibre de roche est plus dense alors il y a moins de convection : l'air peut moins facilement transporter l'humidité à travers, souligne Guylaine Desmarais. La fibre de roche est aussi moins perméable à la vapeur d'eau — sans toutefois être pare-vapeur — que la fibre de verre, qui a une perméabilité semblable à celle de l'air. »

À l'Université Concordia, on a déjà testé les performances de divers isolants muraux dans un cabanon monté dans une chambre climatique, un laboratoire où les conditions climatiques sont contrôlées. Les chercheurs avaient soumis le cabanon à des conditions hivernales (période d'accumulation d'humidité) puis à des conditions printanières (période de séchage). « Nous avons constaté que les éléments d'ossature des sections de mur isolées à la cellulose avaient accumulé moins d'humidité que ceux dotés de fibre de verre et on n'y avait pas vu de moisissures », relate Guylaine Desmarais. La cellulose avait agi comme un tampon. Ce qui ne veut cependant pas dire qu'il ne faut pas faire attention à la pénétration d'eau et à l'étanchéité à l'air et à la vapeur quand on utilise la cellulose. »

L'étude a aussi révélé qu'un grand nombre de maisons au pays pourraient être à risque de condensation et de moisissures parce qu'elles ont été isolées de l'extérieur sans considération pour l'étanchéité à l'air. En effet, toujours dans le cadre de l'étude effectuée à Concordia, l'extérieur de murs en 2 X 4 remplis avec divers isolants avait été recouvert de polystyrène extrudé de 3,8 cm (1,5 po) d'épaisseur. Les joints de cet isolant n'étaient pas scellés, ni ceux du pare-vapeur du côté intérieur. « Dans ces pires conditions d'étanchéité à l'air, l'état des murs auxquels on avait ajouté de l'isolant rigide, particulièrement par l'extérieur, était catastrophique, commente madame Desmarais. Comme la fibre de verre n'offre aucune résistance au mouvement de l'humidité ou de l'air, de la condensation se formait sur la surface intérieure de l'isolant rigide qui avait été posé sur un carton-fibre. Rien ne paraissait de l'intérieur, mais le carton fibre, le bas des montants et la lisse basse étaient

mouillés par la condensation qui s'y faisait. Conclusion : il ne faut jamais ajouter d'isolant dans un mur existant sans tenir compte d'abord de l'étanchéité à l'air. » (Résumé de l'étude : schl.ca/publications/fr/rh-pr/tech/01-107-F.htm).

Cette architecte recommande, quand des travaux d'ajout d'isolation sont envisagés, de consulter un spécialiste de l'enveloppe du bâtiment pour vous assurer que vos assemblages muraux sont à l'abri de la condensation. « C'est que l'air intérieur humide se condensera s'il arrive à être en contact avec des matériaux dont la température correspond à son point de rosée, c'est-à-dire la température à laquelle la vapeur d'eau qu'il contient passe à l'état liquide. Si le point de rosée est au milieu d'un polystyrène ou d'un polyuréthane, il n'y a pas de risque, car l'air ne peut s'y rendre. Et l'air se condensera moins facilement dans la cellulose, car cet isolant a la capacité d'absorber de la vapeur d'eau. »

Guylaine Desmarais reconnaît que les bâtiments de nos ancêtres résistent le mieux à l'épreuve du temps. « Ils étaient généralement construits de façon à minimiser les effets des conditions climatiques et géographiques locales, ou à en profiter. Par exemple, ils comportaient des débords de toits dans des climats pluvieux. Aujourd'hui, on se fie souvent aux systèmes mécaniques pour compenser les défaillances dans la conception même du bâtiment et de l'enveloppe. »



Dans l'affaire des condos de Vancouver, les panneaux de copeaux orientés (OSB) et la structure du bâtiment se désintégraient à cause de la pourriture, dans certains cas seulement cinq ans après leur construction. C'était dû à une série de défaillances, dont l'absence d'un écran pare-pluie (revêtement extérieur devant une cavité où l'eau qui s'infiltré est évacuée naturellement), absence de solins, balcons aux pentes inversées vers le bâtiment, etc. « C'était comme un mauvais alignement de planètes », dit Guylaine Desmarais.

L'OSB est un matériau trop pare-vapeur pour être posé à l'extérieur des bâtiments, selon les Baubiologistes. Les moisissures raffolent d'ailleurs de la colle de ce bois d'aggloméré.

Photo :

moldsquad.blogspot.com

Éloge des murs massifs

Selon les Baubiologistes, un des matériaux de structure les plus résistants à la condensation dans les plus grandes variations d'humidité relative, c'est le bloc de fibrociment de marque *Durisol* (durisolbuild.com). Breveté en Suisse dès 1948 et fabriqué au Canada depuis 1953, il a été le premier coffrage isolant commercialisé. Ces blocs sont principalement composés de retailles de scieries de bois mou (85 % de leur volume) et d'un peu (15 %) de ciment Portland. Le bois renforce le ciment, car il est minéralisé grâce à un procédé secret qui en retire les sucres dont se nourrissent les moisissures et les insectes. De deux à trois fois plus légers que les blocs de béton, ces blocs inertes et imputrescibles sont très bien tolérés par les personnes hypersensibles, car ils ne dégagent que des traces de composés organiques volatils (COV). La moitié extérieure de leur cavité est isolée avec de la laine de roche afin de couper les ponts thermiques. La partie intérieure de la cavité est remplie de ciment sur chantier. Selon le fabricant, la résistance thermique effective de ces murs ainsi que leur coût sont comparables à ceux d'un coffrage isolant à base de polystyrène, soit environ 10 % plus cher qu'un mur classique en 2 X 6. Mais le mur Durisol

aurait l'avantage de réduire l'humidité relative dans l'air intérieur en stockant la vapeur d'eau et en la restituant lorsque l'air intérieur s'assèche, ce qui n'a pas été démontré en climat froid.



Le système Durisol est un mur diffusant recommandé par les tenants de la Baubiologie.

Photo :

nathangoodarchitect.com

Selon les tenants de la Baubiologie, les matériaux diffusants déshumidifient l'air en absorbant l'excès d'humidité et en la restituant quand l'air intérieur est plus sec. Toutefois, cela n'a pas été démontré scientifiquement en climat froid. D'ailleurs, les études ont déjà démontré que sous notre climat, en saison de chauffage, un mur extérieur massif ne restitue pas plus tard la chaleur qu'il stocke le jour. Le problème, c'est que, selon les lois de la physique, la chaleur se déplace toujours vers le froid. Or, quand on chauffe dans notre beau pays, il est extrêmement rare qu'il fasse plus chaud dehors qu'à l'intérieur !

« Quand il est question de murs diffusants, il y a toutes sortes de notions qui défient un peu certains bons principes de la science du bâtiment, dit Ken Ruest. Considérant ce que j'ai déjà vu écrit par des gens qui vantent les mérites des "murs diffusants", je ne crois pas qu'ils tiennent compte de tous les facteurs et les

rigueurs de notre climat ! L'étude dirigée par mon collègue Don Fugler a démontré que le pare-vapeur ne cause pas de problèmes et même, qu'il est essentiel. » (Lire ci-bas l'encadré Climatisation et pare-vapeur moisi).

Sous notre climat froid, on ne peut se passer d'ouvrir les portes et fenêtres ni d'activer la ventilation mécanique pour évacuer les charges importantes d'humidité, comme celles qui se dégagent lorsqu'on fait la cuisine ou qu'on prend une douche. En effet, selon l'architecte Baubiologiste allemand Klaus Zahn, seulement 2 % de l'humidité de l'air intérieur traverse un mur diffusant. C'est pourquoi les Baubiologistes reconnaissent l'utilité d'un ventilateur récupérateur de chaleur sous notre climat rigoureux. « Pour assurer un renouvellement correct de l'air sans ventilation mécanique, il faut ouvrir les fenêtres de deux à trois minutes toutes les deux heures, même la nuit ! », affirmait en citant le programme suisse Minergie le magazine français *La Maison écologique*, dans son numéro d'août-septembre 2007. (Si votre maison est trop sèche en hiver, c'est qu'elle est trop peu étanche à l'air. C'est sans doute le temps de changer les coupe-froids des portes et fenêtres, de sceller les ouvertures de l'entretoit au polyuréthane et d'appliquer d'autres produits de calfeutrage).

Par ailleurs, les Baubiologistes déconseillent l'usage de matériaux qui emprisonnent la vapeur et l'eau, comme les revêtements époxy ou de caoutchouc, de même que le ciment Portland, parce qu'il prend trop de temps à sécher. Ils recommandent les peintures aux silicates (eco-house.com) qui imperméabilisent les surfaces minérales tout en diffusant la vapeur d'eau.

Pare-air et pare-vapeur

Les fuites d'air sont les principales causes de condensation dans les murs, selon le chercheur Ken Ruest, de la SCHL.



Quels que soient les matériaux employés, il reste que le plus important pour éviter la condensation dans les murs, c'est de les garder bien au chaud grâce à l'étanchéité à l'air et à l'isolation par l'extérieur pour éliminer les ponts thermiques. Enseignées dans les formations R-2000 depuis le début des années 1980, puis aux constructeurs *Novoclimat*, ces exigences seront d'ailleurs incorporées au Code de construction du Québec d'ici 2011.

« La diffusion de vapeur d'eau comme mode de transmission d'eau est minime à comparer aux problèmes d'humidité dans les structures dus aux infiltrations de pluie ou du transport de vapeur d'eau et de condensation par les fuites d'air, explique Ken Ruest de la SCHL. J'ai rarement vu des problèmes d'humidité dans une structure que je pouvais attribuer simplement à la diffusion de vapeur d'eau, ou de pare-vapeur inadéquat. Beaucoup de problèmes d'eau, d'humidité, de condensation et de moisissure et pourriture sont faussement attribués au choix de matériaux, sans qu'une analyse complète de tous les facteurs et détails de construction à la source de l'humidité n'ait été faite. Le problème est souvent dû à une infiltration d'eau de pluie due au manque d'attention apportée aux détails et à l'exécution des solins — s'il y en a : par exemple, le papier de revêtement est nécessaire pour diriger l'eau par-dessus les solins qui ont pour fonction d'évacuer l'eau qui s'infiltré derrière un revêtement extérieur. Autre problème fréquent : les détails de construction impossibles à réaliser. Ils sont très beaux sur papier pour l'esthétique du bâtiment, mais voués à l'échec puisqu'ils causeront des problèmes. »

Il faut comprendre que le pare-vapeur a pour fonction de ralentir — et non d'enrayer complètement — la diffusion d'humidité dans les murs. Si un système pare-air très étanche est installé à l'extérieur de l'enveloppe, des petites failles dans le pare-vapeur n'auront pas de conséquence fâcheuse. « S'il y a des trous et des déchirures dans 5 % du pare-vapeur, il sera tout de même efficace à 95 % pour prévenir la diffusion de la vapeur », précise Joe Lstiburek. Mais si l'air extérieur froid et humide pénètre par des failles dans l'enveloppe et refroidit les matériaux, la vapeur d'eau (provenant de l'extérieur et de l'intérieur de la maison) risque de se condenser sur les matériaux. « Quand la membrane extérieure [*Tyvek* ou *Typar*] est plus étanche à l'air que le polyéthylène à l'intérieur, la moindre faille dans le pare-air siphonne la pluie, à cause de la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur du mur, précise toutefois Ken Ruest. Si l'étanchéité est plus grande derrière le gypse, il y a moins d'écart entre leur pression respective. »

Au Québec, beaucoup de constructeurs choisissent d'ailleurs de sceller minutieusement le polyéthylène afin qu'il serve à la fois de pare-vapeur et de pare-air, comme il est d'ailleurs toujours essentiel de le faire sous les combles puisqu'on n'y retrouve habituellement aucun autre matériau pare-air. Tâche ardue à effectuer avec beaucoup de minutie, après le passage des plombiers, électriciens, menuisiers et autres ouvriers qui ont tendance à le percer ! Le chercheur Ken Ruest affirme cependant qu'on y arrive en formant bien son personnel. « La majorité des maisons qui atteignent un très haut degré d'étanchéité à l'air ont un pare-air/vapeur bien scellé. Les défaillances de l'installation du polyéthylène, qu'il agisse comme pare-air ou pare-vapeur, sont lourdes de conséquences, dit monsieur Ruest, car c'est là que les problèmes de condensation deviennent importants. »



Les défaillances de l'installation du polyéthylène, qu'il agisse comme pare-air ou pare-vapeur, sont lourdes de conséquences, dit Ken Ruest.

jointes sont appuyés sur une bande d'étanchéité en mousse de polyéthylène expansé, tels *Ethafoam* et *cel-R-ROSE*, soit en recouvrant tout le mur de polyuréthane giclé. Ce dernier permet de constituer le système pare-air/pluie extérieur le plus près de la perfection, lorsque bien appliqué en continu entre le toit et les fondations. Combiné à la cellulose, il produit un mur haut de gamme pour moins cher que les coffrages isolants.



Mur Poly-Cel, isolé au polyuréthane et à la cellulose. Conçu par Isolation Métrotec, de Saint-Hubert.

Il existe certains panneaux muraux préfabriqués qui peuvent très bien résister au climat et au temps, à condition d'être bien posés. À l'Université Brock, en Ontario, on a comparé pendant un an les températures au centre des murs de maisons quasi identiques. Les deux étaient habitées et soumises aux mêmes conditions extérieures. L'une avait des murs en 2 X 6 (non isolés de l'extérieur) et l'autre était fabriquée en panneaux isolants structuraux de 11,4 cm (4,5 po) d'épaisseur, bref un « mur sandwich » composé d'isolant de polystyrène entre deux feuilles d'OSB. Par une froide journée de janvier, des sondes ont mesuré une

George Swanson, quant à lui, en a justement contre l'usage du pare-air/vapeur en polyéthylène : « Plus les défauts sont petits, dit-il, plus la pression [causée par les températures différentes de l'intérieur et de l'extérieur] pompe à ces endroits précis de grandes quantités d'humidité qui peuvent nourrir des colonies de champignons. Le mur prendra encore plus de temps à sécher s'il est encapsulé dans du plastique, sans compter que les propriétés diffusantes des membranes pare-air de polyoléfine diminuent avec les années. »

Ken Ruest rétorque : « Mon expérience, c'est que sous notre climat, on ne voit pas ce genre de problème si les maisons sont très étanches à l'air et bien ventilées mécaniquement pour assurer un bon contrôle de l'humidité intérieure. »

Joe Lstiburek ajouterait que les fuites d'air introduisent jusqu'à 100 fois plus d'humidité dans les murs et plafonds que ne le permet la diffusion de la vapeur à travers les pores des matériaux.

De nombreux constructeurs se servent de l'isolant extérieur comme système pare-air : soit avec des panneaux de polystyrène dont les

Les systèmes pare-air à base de polystyrène peuvent aussi faire un bon travail, mais ils ne sont généralement pas aussi étanches qu'un mur recouvert de polyuréthane.

En outre, avec le temps, les panneaux de polystyrène peuvent se décoller partiellement des murs de béton dans les maisons en coffrage isolant, ce qui favorise la circulation d'air humide. C'est pourquoi certains inspecteurs observent parfois une prolifération de moisissures entre du béton et du polystyrène, notamment dans les maisons en coffrage isolant. Le risque est d'autant plus élevé que la plupart des constructeurs de ces résidences ont la fâcheuse manie de ne pas installer de pare-vapeur, contrairement à ce qui prescrit par le Code national du bâtiment.

À l'Université Brock, en Ontario, on a comparé pendant un an les températures au centre des murs de maisons quasi identiques. Les deux étaient habitées et soumises aux mêmes conditions extérieures. L'une avait des murs en 2 X 6 (non isolés de l'extérieur) et l'autre était fabriquée en panneaux isolants structuraux de 11,4

température de 1,95 °C (35,5 °F) au milieu du mur en 2 X 6 et de 15,61 °C (60,1 °F) dans le mur sandwich qui, de toute évidence, perdait moins de chaleur. Ce dernier était d'ailleurs plus étanche à l'air (1,5 changement d'air à l'heure à 50 pascals) que celui en 2 X 6 (2,5 CAH@50 Pa). Bref, s'ils étaient bien assemblés, ces murs sandwich seraient plus étanches à l'eau et plus résistants à la condensation et aux moisissures.

En somme, les matériaux et techniques d'isolation et d'étanchéité modernes peuvent effectivement protéger les maisons contre la condensation s'ils sont utilisés selon les règles de l'art. Toutefois, comme l'erreur est humaine et qu'en plus, les événements climatiques extrêmes plus fréquents endommagent l'enveloppe des bâtiments, il n'est pas surprenant que de plus en plus de professionnels favorisent le retour à des matériaux plus diffusants.

Pour en savoir davantage :

breathingwalls.com

Conseil de l'enveloppe du bâtiment : cebq.org

Bibliothèque technique complète et ressources sur l'enveloppe du bâtiment :

patenaude-trempe.info/fr

--

Climatisation et pare-vapeur moisi

Dans le sud de l'Ontario, dans une maison trop rafraîchie par la climatisation, de la condensation peut se produire du côté extérieur d'un pare-vapeur de polyéthylène ou d'un papier peint de vinyle à cause de l'humidité qui vient de l'extérieur et qui pénètre dans les murs par diffusion à travers les matériaux. Une étude de la SCHL¹ l'a démontré : des moisissures ont proliféré dans une maison maintenue pendant un an à un taux élevé (50 %) d'humidité relative et à une température fraîche de 20 à 21 °C. Dans ce cas-ci, la vapeur contenue dans l'air extérieur avait pénétré un parement absorbant puis s'était condensée dans le mur exposé au sud. Le mur s'était mis à pourrir.

La même étude a démontré qu'en hiver, les maisons tenues dans les mêmes conditions intérieures moisissaient du côté nord si elles n'étaient pas dotées d'un pare-vapeur de polyéthylène. Le mur exposé au sud pourvu d'un isolant de polystyrène extrudé a été le plus résistant à la condensation en été, mais pas en hiver. Pour éviter la condensation du côté nord en hiver, toujours dans la même maison maintenue à 20-21 °C et à 50 % d'humidité relative toute l'année, le mur extérieur devait être revêtu d'un polystyrène d'au moins 38 mm (1 1/2 po) d'épaisseur.

La SCHL a ensuite initié une deuxième phase d'étude sur les possibilités de problèmes d'humidité dans les murs causés par des membranes pare-air/pare-vapeur en plastique. On a notamment étudié la performance d'un mur fini avec des briques devant un espace d'air. « Ce détail avait résolu le problème de circulation d'humidité par diffusion provenant de l'extérieur », explique le chercheur Ken Ruest. La phase II avait aussi démontré qu'un peinture pare-vapeur pouvait, en hiver, protéger adéquatement les murs contre la diffusion de la vapeur provenant de l'intérieur.

1. Comprendre la perméance à la vapeur et à la condensation dans les murs

PERMÉANCE À LA VAPEUR DES MATÉRIAUX

*En nanogrammes par unité Pascal de pression par mètre carré à la seconde (ou perm = grain d'eau par pied carré par heure) Le Code national du bâtiment qualifie un matériau de pare-vapeur lorsque sa perméance est inférieure à 60 ng/Pa.m²s (1 perm).
Peut varier selon marques de produits. Source : aee.gouv.qc.ca*

Pare-vapeur de type I (matériaux imperméables)

Pellicule d'aluminium 0,03 mm (1 mil)	0	(aucune perméance)
Polyéthylène 0,15 mm (6 mil)	3,4	(0,06 perm)

Pare-vapeur de type II (semi-imperméables)

Papier kraft asphalté	17	(0,3 perm)
1 couche de peinture pare-vapeur au latex	26	(0,45 perm)

Pare-vapeur de type III (semi-perméables)

Polyuréthane 25 mm (1 po)	60	(1 perm)
Polystyrène extrudé 25 mm (1 po)	75	(1,3 perm)
Isoclad (PSE 1 po/Tyvek laminé)	99	(1,74 perm)
Polystyrène expansé (PSE) 25 mm (1 po)	200	(3,5 perms)
Panneau de copeaux 9 mm (3/8 po)	115-288	(2 - 5 perms)
Papier goudronné 6,8 kg (15 lb)	230	(4 perms)

Matériaux perméables

Panneau isolant 12,7 mm (1/2 po)	1150-2875	(20 - 50 perms)
Papier de revêtement de construction	1170	(20,35 perm)
Carton-fibre goudronné 12,5 mm (1/2 po)	1955	(34 perms)
Plaques de plâtre	2860	(49,74 perm)