3.3. Différences de pression

Les différences de pression agissant sur l'enveloppe du bâtiment peuvent être suscitées par l'effet de tirage, la pressurisation des appareils mécaniques, la pression barométrique, les pressions thermiques ou le vent. La différence nette de pression d'air à laquelle est soumis le mur peut être attribuable à la conjugaison de toutes ces forces et peut très bien varier d'un endroit à l'autre. Elles exercent une incidence considérable, occasionnant bon nombre des problèmes d'humidité de l'enveloppe.

3.3.1. Effet de tirage

L'effet de tirage s'explique par la différence de densité de l'air à différentes températures. En périodes hivernales froides, l'air à l'intérieur du bâtiment est plus chaud (donc moins dense) que l'air dehors. L'air intérieur chaud, davantage léger, a tendance à monter et à être évacué du bâtiment, suscitant une pression vers l'extérieur ou une surpression en partie supérieure du bâtiment et une pression vers l'intérieur ou une dépression à la base du bâtiment. En été, c'est l'effet contraire qui se produit. La pression engendrée par l'effet de tirage sera ressentie par le pare-air. En règle générale, l'effet de tirage constitue la force la plus appréciable qui explique les infiltrations d'air dans les bâtiments puisque l'ampleur et la direction de la différence de pression est maintenue pendant des mois.

Pour en savoir davantage sur l'effet de tirage et les autres effets de la pression, consultez *Design Considerations for an Air Barrier System*[11] et *Air Pressure and the Building Envelope*[12]

3.3.2. Pressurisation mécanique

Des ventilateurs assurent l'approvisionnement en air d'un bâtiment. Dans une tour d'habitation, ils pressurisent généralement les corridors en les soumettant à une pression positive. Les ventilateurs d'extraction de la cuisine et de la salle de bains des logements soumettent ces pièces à une pression négative. Les ventilateurs suscitent une petite différence de pression d'air, tout de même appréciable, agissant sur l'enveloppe du bâtiment et peuvent influer sur les fuites d'air et les risques de formation de condensation dans les murs. La pressurisation mécanique ne modifie pas sensiblement les possibilités d'infiltration de pluie, surtout si le bâtiment est pourvu d'un pare-air convenable.

3.3.3. Pression du vent

Le vent est un motif de première préoccupation pour contrer les infiltrations d'eau, étant donné que la différence de pression attribuable au vent est généralement davantage élevée et plus variable.

Même un vent constant ne soumet pas un bâtiment à des pressions uniformes, vu que les profils des mouvements d'air à ses rives suscitent des forces et vitesses éoliennes variables. Les pressions d'air attribuables au vent seront positives sur la façade au vent et négatives (se traduisant par exemple par un effet de succion ou de soulèvement) du côté sous le vent et souvent sur le toit.

Les pressions cycliques dues aux rafales de vent peuvent donner lieu à des variations appréciables au cours de délais très courts. Le pare-air qui n'offre pas la résistance structurale requise sera endommagé par les vents élevés et donnera libre cours à l'infiltration d'air dans le mur. Dans les murs comportant un parement imperméable, tel un mur-rideau, les différences de pression peuvent constituer la principale cause d'infiltration d'eau de pluie dans le bâtiment.

3.3.4. Cycles thermiques et barométriques

Les problèmes qu'occasionnent l'effet de tirage, les ventilateurs ou les différences de pression du vent peuvent être accentués par les cycles thermiques et barométriques. Les cycles de température et de pressions barométriques ne sont pas très bien compris, mais ils contribuent au mouvement de l'humidité et occasionnent des problèmes dans la cavité de l'enveloppe des bâtiments.

[11] Quirouette, Rick, Marshall, Sandra et Rousseau, Jacques, *Design Considerations for an Air Barrier System*, Société canadienne d'hypothèques et de logement, 2000.
[12] *Air Pressure and the Building Envelope*

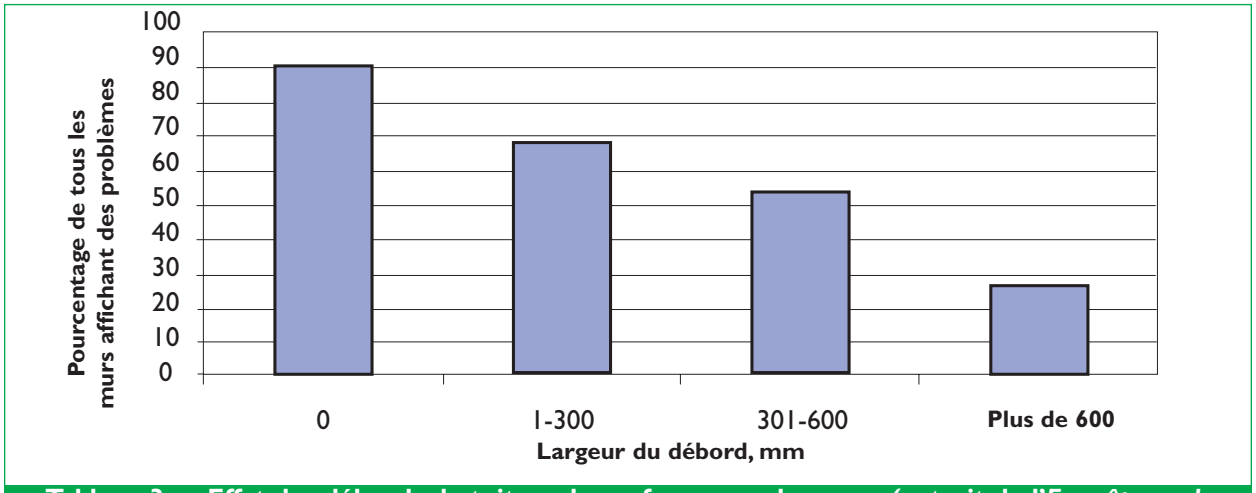

Tableau 3 — Effet des débords de toit sur la performance des murs (extrait de l'*Enquête sur les défaillances de l'enveloppe des bâtiments dans le climat côtier de la Colombie-Britannique*)

L'influence critique de toutes ces formes est approfondie dans un autre article de la collection intitulé *Air Pressure and the Building Envelope*.[12] Plusieurs techniques visant à atténuer ces problèmes y sont décrites. Elles portent sur la mise en œuvre du pare-air du côté intérieur de l'isolant thermique, de façon à ventiler l'air humide à l'extérieur. En plus de cette stratégie, le parement de ton pâle ou le recours à des matériaux de parement massifs pour accroître la capacité de stockage du mur peut être exploité pour réduire les côtés néfastes des cycles thermiques. La stratégie de la *zone tampon dynamique* y est également traitée.

3.4. Techniques visant à conserver les murs secs

Les quatre techniques de défense rappellent les façons de conserver les murs secs :

Déviation	recours aux attributs (débords de toit et larmiers) du bâtiment pour moins exposer les murs à la pluie.
Évacuation	recours aux caractéristiques conceptuelles pour assurer un moyen de diriger à l'extérieur l'eau qui s'infiltre dans le mur.
Assèchement	recours à des attributs pour favoriser l'assèchement des matériaux qui se mouillent.
Durabilité	recours à des matériaux tolérant l'humidité.

Figure 16 — Profils de mouillage d'un bâtiment modèle avec et sans débord de toit (extrait de *Simulation of Wind-Driven Rain and Wetting Patterns on Buildings*).

3.4.1. Déviation

La déviation constitue le premier moyen de défense contre l'humidité à envisager, puisqu'elle empêche l'eau de frapper le mur (maîtrise à la source). Ainsi, lorsque la majorité de l'eau est déviée avant d'avoir l'occasion de frapper le mur ou de s'y introduire, le besoin de recourir à d'autres moyens (évacuation et assèchement) se trouve d'autant réduit.

Une corrélation a été établie entre les dommages causés aux bâtiments par la pluie et la largeur du débord de toit. Les murs des bâtiments avec de petits débords de toit affichent davantage de dommages (voir le tableau 3).

La recherche menée dans la soufflerie à couche limite de l'Université Western en Ontario indique que les débords de toit exercent une influence considérable sur le mouillage par la pluie des bâtiments de grande hauteur. La figure 16 montre les profils de mouillage d'un bâtiment modèle avec et sans débord de toit. Les bandes de couleur pâle (jaune) des modèles sont faites de papier sensible à l'eau. Lorsque l'eau frappe la bande, la couleur passe d'un ton pâle à un ton foncé (du jaune au rouge). Le modèle à gauche ne comporte pas de débord de toit. La concentration du mouillage au sommet du bâtiment, et dans une certaine proportion, le long des côtés, est évidente. Le modèle à droite comporte, par contre, un débord de toit. Le débord de toit a été considérablement mouillé, mais le bâtiment est demeuré sec, à l'exception des côtés près du bas.

Figure 17 — Résultats de la simulation des profils de la pluie sur un bâtiment situé à Dundas, en Ontario (extrait de *Wind-Driven Rain Study for the Governor's Road Project*)

De larges débords de toit se prêtent bien aux petits bâtiments à ossature de bois, mais pas aux tours d'habitation. Pourtant, des attributs conceptuels, tels les corniches et les saillies, permettent de moins exposer les bâtiments à la pluie. L'efficacité des corniches a été prouvée dans une recherche qui a été consacrée à la faculté de prédire les possibilités de mouillage dû à la pluie sur la façade d'un bâtiment à Dundas, en Ontario (voir la figure 17)[13].

Les solins comportant un larmier qui éloigne l'eau de la façade du bâtiment constituent un autre moyen de déviation (voir la figure 10). Les larmiers disposés en sous-face des saillies, telles que balcons, contribuent également à éloigner l'eau de la paroi du mur; le larmier coupe la tension superficielle de l'eau, en la faisant s'écouler goutte à goutte plutôt qu'en lui permettant de poursuivre son parcours le long de la sous-face du bâtiment. Les larmiers doivent avoir des rives vives. Enfin, nous l'avons déjà mentionné, les couvre-joints, les languettes et les déflecteurs internes remplissent une fonction de déviation utile.

3.4.2. Évacuation

L'évacuation est le deuxième principe en importance. Comme il est quasi impossible d'empêcher tout à fait la pluie de percuter les murs et d'éliminer toutes les ouvertures superficielles, une certaine quantité d'eau s'infiltrera inévitablement dans les murs. Cette eau doit donc être redirigée à l'extérieur de l'ensemble de construction par les solins internes. Une lame d'air, ménagée entre la surface évacuant l'eau et la membrane hydrofuge du mur, s'impose en général pour favoriser l'évacuation comme il se doit. Pour la plupart des matériaux de construction, les cavités de plus de 10 mm (0,39 po) assurent librement le drainage sous l'effet de la gravité alors que le drainage de celles de dimensions inférieures est restreint par la capillarité.

Les solins s'imposent généralement :

- en partie supérieure des murs exposés;
- à la jonction du toit et des murs;
- à l'intérieur des murs, au-dessus des portes, des fenêtres et d'autres points de pénétration;
- au niveau des fondations pour évacuer l'eau de la cavité et à chaque niveau d'un bâtiment multi-étages;
- aux endroits où l'eau pourrait s'infiltrer dans le bâtiment à la jonction de deux matériaux.

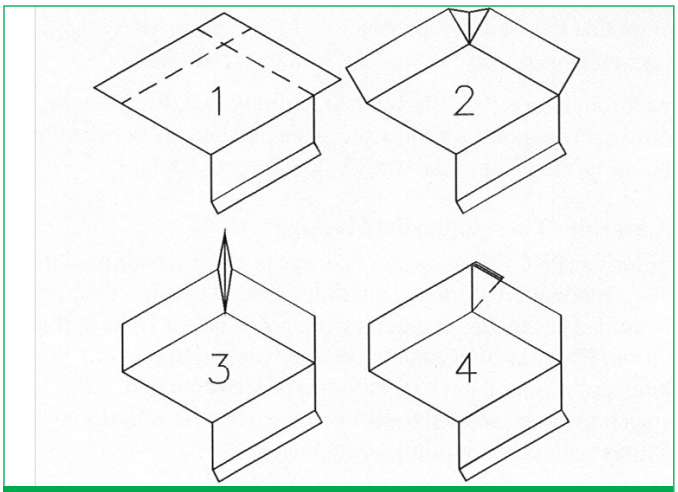

Figure 18 — Façon de pourvoir d'un talon le solin métallique sans le tailler (extrait du Guide des règles de l'art — *Enveloppe de bâtiments à ossature de bois dans le climat littoral de la Colombie-Britannique*)

[13] Hangan, Horia and Surry, David. *Wind-Driven Rain Study for the Governor's Road Project*, Société canadienne d'hypothèques et de logement, 1999.

La plupart des problèmes mettant en cause les solins se produisent à leurs joints et à leurs extrémités. Au moment de concevoir des solins qui vont de l'intérieur jusqu'à l'extérieur du mur, le meilleur moyen de faire en sorte que l'eau ne s'introduise pas dans le mur aux intersections, c'est de prévoir une bonne pente, des joints étanches à l'eau ainsi que des talons de dimensions suffisantes. Un talon s'impose là où existe la possibilité que l'eau parvienne dans le mur à l'extrémité du solin. Il doit être étanche à l'eau et avoir une hauteur suffisante pour éviter le débordement de l'eau. Lors de la conception des talons, le nombre de joints nécessitant l'application de mastic d'étanchéité doit être réduit au minimum pour en accroître la durée utile. La figure 18 montre une façon de pourvoir d'un talon un solin métallique sans le tailler, ce qui permet de rendre le joint étanche à l'eau en permanence.

3.4.3. Assèchement

Pour éviter tout dommage, toute forme d'humidité qui s'introduit dans le mur, mais qui ne peut pas s'évacuer rapidement, doit pouvoir s'assécher avant d'entraîner la détérioration du mur. Puisque l'assèchement exige davantage de temps que l'évacuation de l'eau, surtout par temps humide, on ne doit pas compter autant sur l'assèchement que sur l'efficacité de la technique de maîtrise de l'humidité.

Si les techniques de déviation et d'évacuation se révèlent inefficaces, l'assèchement demeure le dernier recours. La capacité du mur à s'assécher dépend de la teneur en eau de l'air et de la quantité d'humidité que l'air est en mesure de renfermer (saturation). L'air ne peut renfermer qu'une certaine quantité d'eau à une température donnée. Plus l'air est chaud, plus il est en mesure d'en contenir avant d'arriver à saturation. La teneur de l'air en eau s'exprime en humidité relative, soit le pourcentage d'eau contenu dans l'air par rapport à la quantité que l'air peut contenir à cette température avant d'arriver à saturation. Par exemple, en supposant que la température est constante, l'air enregistrant un degré d'humidité relative de 50 % contient la moitié de la quantité totale d'eau qu'il peut contenir au point de saturation.

La teneur en eau s'exprime également en pression de vapeur. En effet, la pression de vapeur exprime la mesure de la pression partielle qu'exerce la vapeur d'eau dans le mélange d'air (voir l'encadré à la page 7). La pression partielle de l'eau s'avère utile pour les calculs de transmission d'humidité, puisque la différence de pression de vapeur est la force qui aboutit à la diffusion de vapeur d'eau, soit le mouvement de vapeur d'eau d'une zone de pression de vapeur élevée vers une zone de pression de vapeur faible.

L'assèchement des murs traduit simplement le mouvement des molécules d'eau depuis une zone de pression de vapeur élevée vers une zone de pression de vapeur faible (comme l'évaporation). Plus la différence de pression de vapeur est importante entre deux zones, plus les possibilités d'assèchement le sont également. La température exerce aussi une influence, étant donné que l'air chaud contient davantage d'eau que l'air froid. Par conséquent, la quantité de vapeur d'eau que contient l'atmosphère en été varie considérablement de celle qu'elle renferme l'hiver.

Les possibilités d'assèchement des murs varient également selon les régions du Canada. Il n'est pas surprenant de constater que la capacité d'assèchement dans les régions côtières soit faible. Il en est de même dans les régions du Nord en raison des températures froides. Par contre, des régions des Prairies connaissent une capacité d'assèchement élevée. Il est intéressant de noter qu'à Vancouver, ce sont les mois pour lesquels on enregistre les taux de précipitations de pluie les plus élevés qui sont les plus froids. C'est une indication claire que l'assèchement risque vraisemblablement de poser un problème à Vancouver. En pareille situation, la conception et la construction du mur sont davantage critiques que dans les régions présentant de meilleures possibilités d'assèchement.

La capacité d'un mur à s'assécher dépend également de la construction du mur. Si le concept du mur fait appel à des matériaux extérieurs hautement imperméables à la vapeur (voir le tableau 4), comme un parement de vinyle, de métal, un SIFE ou de l'isolant de polystyrène expansé, le mur ne pourra

facilement s'assécher. En pareils cas, il est particulièrement important de s'assurer que le concept en tient compte et d'adopter une démarche visant à mieux faciliter la déviation et l'évacuation. Il faut prêter plus d'attention au deuxième moyen de défense, soit la surface évacuant l'eau. Le mur de base ne semble pas constituer une source appréciable d'infiltration d'eau (la source la plus importante étant les joints et les interfaces), mais il contribue tout de même aux problèmes d'humidité s'il limite l'assèchement ou l'évacuation du mur.

Vitesse d'assèchement	Matériaux d'usage courant
La plus rapide	Panneaux de revêtement en fibre de verre, panneaux de fibres en bois
Plutôt rapide	Panneaux de contreplaqué et de copeaux orientés (produits dérivés du bois)
Moins rapide	Polystyrène extrudé
La moins rapide	Polyisocyanurate stratifié

Tableau 4 — Effet des débords de toit sur la performance des murs (extrait de l'*Enquête sur les défaillances de l'enveloppe des bâtiments construits dans le climat côtier de la Colombie-Britannique*)

Il se peut, dans certains cas, que le gradient de pression de vapeur soit le plus élevé du côté extérieur du mur. L'assèchement s'effectuera alors généralement plutôt du côté intérieur. Il ne s'agit cependant pas d'une démarche recommandée en matière de conception. En réalité, vu que le code du bâtiment requiert de mettre en œuvre un matériau de faible perméabilité à la vapeur d'eau (pare-vapeur) du côté intérieur de l'isolant thermique, l'assèchement du côté intérieur serait ainsi compromis.

3.4.4. Durabilité

Certains matériaux sont intrinsèquement plus durables que d'autres. Par exemple, l'aluminium ou d'autres métaux bien peints se révèlent généralement plus durables que les produits dérivés du bois ou les matériaux comme les mastics d'étanchéité ou les plaques de plâtre. Lors de la conception, on doit envisager de rendre facilement accessibles les matériaux moins durables qui nécessiteront des réparations ou de l'entretien.

Au départ, la durabilité suppose de recourir à des ensembles de construction et à des détails d'exécution qui intègrent une redondance quelconque. Il y a lieu d'incorporer des éléments redondants lors de la conception, parce que tous les matériaux se détériorent au fil du temps et qu'il n'est pas possible de réaliser un ouvrage parfait. Par exemple, la mise en œuvre d'une membrane de protection contre l'eau au bas du bâti d'attente d'une fenêtre et d'un solin de fenêtre assure une certaine redondance. À titre d'autre exemple, poser une fenêtre en milieu protégé, notamment sous un balcon ou tout juste en dessous d'un large débord de toit, constitue une autre façon d'assurer une certaine redondance.

3.5. Techniques de conception des murs

3.5.1. Techniques de conception des murs

Les murs en maçonnerie massive (brique, blocs, pierre ou béton) ou en bois massif empêchent la pluie de pénétrer en évacuant la majeure partie de l'eau et en absorbant le reste qui est libéré par temps sec. Ces murs souvent porteurs ne s'emploient guère fréquemment en construction neuve en raison de leur coût.

Pourtant, il existe de nos jours bien des exemples d'enveloppes de bâtiments du genre, en assez bon état, même après une durée utile de 100 ans ou plus.

Dans ces murs, c'est la face extérieure qui se charge d'évacuer l'eau. La face extérieure remplit aussi la fonction de membrane hydrofuge, puisque l'eau qui s'infiltre dans la maçonnerie parvient jusqu'à l'intérieur. Ces murs s'en remettent à la déviation, à l'assèchement et à la durabilité pour contrer l'infiltration de l'eau puisqu'ils ne comprennent aucun dispositif d'évacuation interne. Ces murs se révèlent durables en état de saturation uniquement s'ils demeurent chauds. Si la température de la maçonnerie mouillée devait chuter sous le point de congélation, la maçonnerie pourrait se détériorer sous l'effet des cycles de gel

et de dégel. Il faut redoubler de prudence lorsqu'il est question de soumettre ces murs à des travaux de rattrapage, puisque la modification de leur régime thermique pourrait en entraîner la défaillance.

3.5.2. Membrane dissimulée

La technique d'étanchéisation de façade vise à éliminer toute ouverture favorisant l'infiltration d'eau de pluie dans le bâtiment. Les murs ainsi étanchéisés sont cependant susceptibles de se détériorer, vu que l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment est pleinement exposé aux effets du climat, y compris aux rayons ultraviolets, à l'eau et aux températures extrêmes. De plus, l'eau qui s'introduit dans le mur risque d'y demeurer emprisonnée; en général, la faible perméabilité de l'extérieur signifie qu'il bénéficie de peu d'occasions de s'assécher.

Une autre technique, qualifiée de *membrane dissimulée*[14], offre une protection interne contre les infiltrations d'eau. Un mur en stucco avec une couche imperméable à l'eau, assurée par le papier de construction derrière le parement, en constitue un exemple. Le parement de stucco remplit la fonction première d'évacuation de l'eau, sauf qu'il est poreux et absorbe l'eau; le papier de construction fait fonction de membrane hydrofuge, assurant la résistance au mouvement d'eau par capillarité. Dans certains cas, le mur à membrane dissimulée peut comporter un solin à la base qui achemine l'eau à l'extérieur. À toutes fins utiles, il s'agit d'un mur étanchéisé en surface.

3.5.3. Cavité de drainage

La démarche faisant appel à la cavité de drainage tient compte de la probabilité qu'il y aura des ouvertures dans la face extérieure des murs et que de l'eau s'infiltrera dans le mur. La face évacuant l'eau se distingue de la membrane hydrofuge. La présence d'une lame d'air ou d'un matériau s'asséchant bien du côté intérieur de la couche (paroi) du mur externe empêche l'eau de traverser tout le mur et de parvenir à l'intérieur.

L'eau qui traverse la couche externe (sous l'effet de la capillarité ou de la gravité) ne peut poursuivre son parcours horizontal plus loin dans le mur en raison de la membrane hydrofuge. L'eau qui s'y infiltrera se drainera plutôt (par gravité) vers le bas de la cavité et devra alors être dirigée hors de la cavité par le solin. Un mur creux en briques et blocs représente un exemple de ce type de mur. Puisqu'on s'attend à ce qu'une certaine quantité d'eau traverse la couche externe, le mur de fond doit présenter un deuxième moyen de défense contre l'humidité, en fait un matériau résistant à l'eau, capable d'évacuer l'eau vers le solin à la base du mur.

Le mur avec cavité d'évacuation tient compte de la gravité, de la capillarité et de l'énergie cinétique de la pluie, mais non des différences de pression suscitées par le vent, force dominante expliquant la pénétration de la pluie.

3.5.4. Écran pare-pluie ouvert ou ordinaire

La principale différence entre un écran pare-pluie ouvert et une cavité d'évacuation, c'est que la membrane hydrofuge du mur à écran pare-pluie est conçue tel un pare-air. Puisqu'il s'agit de la surface la plus étanche à l'air, elle subit la majeure partie de la différence de pression, atténuant ainsi la différence de pression agissant sur la couche externe (qualifiée d'écran pare-pluie). Cette technique contrebalance la force du vent, qui peut pousser l'eau vers l'intérieur, améliorant ainsi la résistance du mur à l'infiltration de pluie. Par contre, pour que ce système fonctionne bien, l'écran pare-pluie doit être beaucoup moins étanche à l'air que le pare-air. Pour que ce soit le cas, des orifices prévus à dessein, assurant la ventilation, sont incorporés à l'écran pare-pluie.

Ce concept de mur a pour autre avantage de placer le pare-air à l'endroit de la couche interne où il est souvent plus facile d'y assurer l'étanchéité et où il n'est pas exposé à l'environnement (pluie, rayons ultraviolets, etc.), ce qui aura pour effet d'en prolonger la durée utile. Des exemples de murs à écran pare-pluie ordinaire s'entendent du parement de vinyle ou des bardeaux de bois posés à recouvrement ou encore des bardeaux de fente d'une construction à ossature de bois; dans ces types de mur, des interstices d'air sont créés

[14] *Rain Penetration Control: Applying Current Knowledge*

entre les chevauchements du parement et les panneaux d'appui ou les fourrures, créant avec efficacité un écran pare-pluie extérieur ventilé et une cavité interne.

L'écran pare-pluie ouvert ou ordinaire permet de maîtriser dans une certaine mesure la pression du vent, mais le débit d'air à travers toute la cavité murale ne peut pas réagir aux changements rapides et continus de la pression lors de rafales. De même, comme les pressions du vent ne sont pas réparties uniformément à la surface des murs, l'air se déplace latéralement dans la cavité en direction des zones de basse pression aux angles et en partie supérieure du bâtiment. On parvient à mieux maîtriser les différences de pression suscitées par le vent en optant pour le concept de mur faisant appel à l'écran pare-pluie à pression équilibrée.

3.5.5. Écran pare-pluie à pression équilibrée

Le mur à écran pare-pluie à pression équilibrée améliore, par ses caractéristiques conceptuelles, la performance de l'écran pare-pluie ordinaire, en ayant recours à des compartiments. La figure 19 montre comment la pression du vent varie sur un bâtiment lorsque le vent souffle selon un angle de 90° et de 45° sur une face.

Comme l'indique la figure, la pression du vent peut être assez uniforme au centre des murs, mais elle accuse des gradients abrupts vers les rives et au niveau du toit. Un mur peut subir des pressions de vent positives dans une zone donnée et des pressions négatives (succion) ailleurs, alors que les angles peuvent être soumis à une forte pression positive d'un côté et à une forte pression négative de l'autre. Les différences de pression s'accroissent en fonction de la hauteur du bâtiment. Si la cavité du mur à écran pare-pluie comporte des orifices débouchant à l'extérieur dans des zones de pression inégale, l'air se déplacera latéralement par la cavité jusqu'aux zones de basse pression. L'équilibrage des pressions ne se fera pas dans la cavité et la différence de pression agissant sur l'écran pare-pluie pourra être très importante, en fait, plus élevée que s'il n'y avait pas d'orifices de ventilation, surtout aux angles.

Pour empêcher ce mouvement d'air latéral, la cavité du mur à écran pare-pluie à pression équilibrée est divisée en compartiments. La cavité murale doit, tout au moins, être rendue étanche aux angles du bâtiment et au niveau du toit, de façon à interdire le passage à l'air provenant de la face au vent d'être attiré jusque vers les zones de pression négative des autres faces. Cette démarche suffit normalement pour les petits bâtiments.

Dans les grands bâtiments, la compartimentation supplémentaire d'une façade permet de mieux tenir compte des différences de pression s'exerçant sur le bâtiment. La taille des compartiments doit se fonder sur la variation de pression agissant sur une aire donnée. Par conséquent, des petits compartiments s'imposent aux rives des murs, alors qu'au centre de la façade du bâtiment, là où la pression enregistre davantage d'uniformité, les compartiments gagneraient à être plus importants.

La possibilité de parvenir vraiment au plein équilibrage des pressions suscite toujours de nombreux débats, en raison de l'extrême variabilité du vent; c'est pourquoi certains préfèrent employer l'expression modulation de la pression[15].

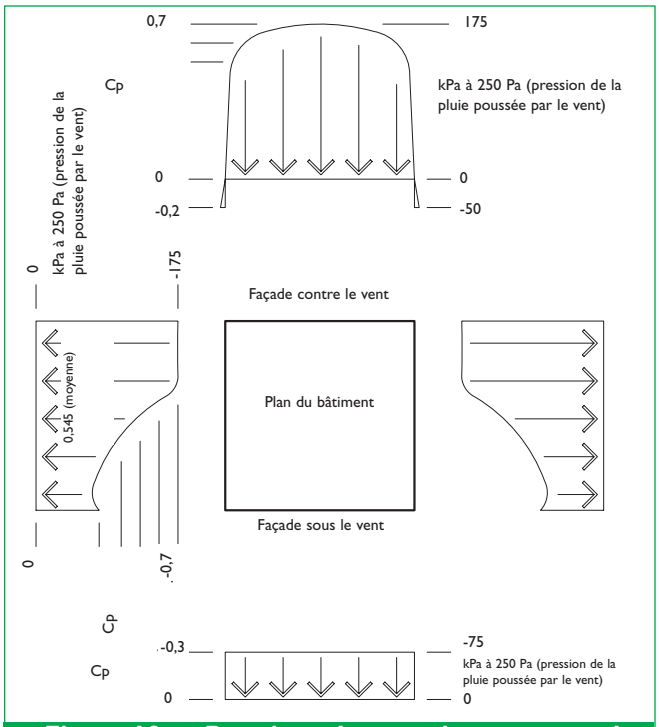

Figure 19 — Pressions du vent s'exerçant sur les façades d'un bâtiment

[15] *Rain Penetration Control: Applying Current Knowledge*

Les intéressés trouveront un exposé beaucoup plus approfondi de la conception des murs à écran pare-pluie à pression équilibrée, dont des recommandations d'ordre conceptuel concernant le dimensionnement des compartiments et les méthodes de construction dans les ouvrages intitulés *The Rainscreen Wall System*[16] et *Rain Penetration Control: Applying Current Knowledge*[17].

3.5.6. Doubles joints de scellement

L'Enquête menée en C.-B. a permis de constater que seulement 10 % des problèmes étudiés se rapportaient à l'exécution de base des murs. Les joints constituent les points d'infiltration d'eau les plus vulnérables des murs de toutes sortes, en raison du mouvement différentiel, de la détérioration du mastic d'étanchéité, etc. À l'exemple des murs, les principes de l'écran pare-pluie peuvent s'appliquer à la conception des joints. Le joint d'un écran pare-pluie ou le double joint de scellement (voir la figure 20) comporte les mêmes éléments qu'un mur à écran pare-pluie :

- cavité assurant le drainage et la ventilation à l'extérieur;
- un cordon extérieur d'étanchéité contre les intempéries ou une face évacuant l'eau;
- un cordon de scellement interne, assurant principalement l'étanchéité à l'air (et la membrane hydrofuge).

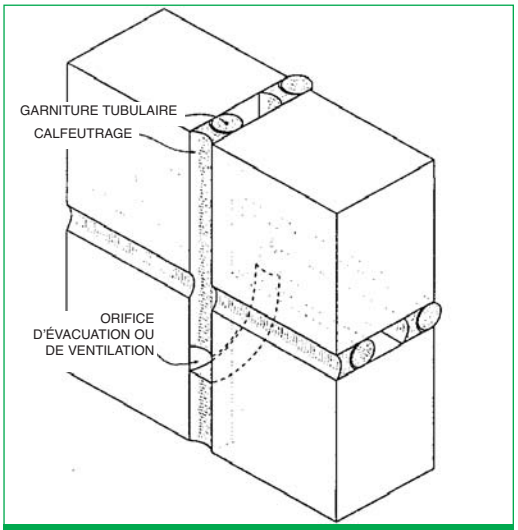

Figure 20 — Exemple d'un double joint de scellement entre les éléments d'un mur étanchéisé en surface (extrait de *Rain Penetration Control: Applying Current Knowledge*)

Les mêmes concepts traités pour les murs valent pour ces joints. Le cordon de scellement interne doit être le joint le plus étanche à l'air et le drainage de la cavité du joint doit être assuré. La cavité du joint doit être également compartimentée, surtout à proximité des angles du bâtiment, par souci d'efficacité. Les intéressés trouveront d'autres renseignements sur les doubles joints de scellement ou les joints des écrans pare-pluie dans l'ouvrage intitulé *The Rainscreen Wall System*[18] et *Rain Penetration Control: Applying Current Knowledge*[19].

3.6. Choisir une technique de maîtrise de l'humidité

Le tableau 5 propose une démarche d'évaluation de la performance possible des techniques de maîtrise de l'humidité traitées ci-dessus.

Catégorie d'exposition	Étanchéisation de façade	Membrane dissimulée	Cavité d'évacuation	Écran pare-pluie ordinaire	Écran pare-pluie à pression équilibrée
Élevée	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Passable	Bonne
Moyenne	Médiocre	Médiocre	Passable	Bonne	Bonne
Faible	Passable	Passable	Bonne	Bonne	Bonne
Nulle	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne

Tableau 5 — Performances attendues des techniques de maîtrise de l'humidité adoptées à l'égard des murs extérieurs (extrait modifié du Guide des règles de l'art – *Enveloppe de bâtiments à ossature de bois dans le climat littoral de la Colombie-Britannique*)

Les catégories d'exposition, quelque peu arbitraires, se résument comme suit :

- Élevée : le mur est mouillé périodiquement dans des conditions normales de tenue en service et fortement exposé à de la pluie poussée par le vent.

[16] Kerr Associates Technology Transfer. *The Rainscreen Wall System*. Société canadienne d'hypothèques et de logement, 2001.
[17] *Rain Penetration Control: Applying Current Knowledge*
[18] Kerr Associates Technology Transfer. *The Rainscreen Wall System*. Société canadienne d'hypothèques et de logement, 2001.
[19] *Rain Penetration Control: Applying Current Knowledge*

- Moyenne : le mur est souvent mouillé dans des conditions normales de tenue en service.
- Faible : le mur est rarement mouillé dans des conditions normales de tenue en service.
- Nulle : le mur n'est jamais mouillé dans des conditions normales de tenue en service.

Les catégories de performances attendues sont également établies de façon quelque peu arbitraire, mais se résument comme suit :

- Bonne : il y a fort à parier que le mur répondra aux critères de performance escomptés. Il risque peu d'être sujet à une défaillance pendant sa durée utile prévue, à condition d'être soumis à un programme d'entretien tout indiqué.
- Passable : le mur répondra peut-être aux critères de performance escomptés, même si la performance dépendra largement de la qualité des détails d'exécution, de l'entretien et des conditions d'exposition locales. Le mur risque fort d'être soumis à une défaillance au cours de sa durée utile prévue.
- Médiocre : selon toute vraisemblance, le mur ne répondra pas aux critères de performance escomptés. Il est sujet à un risque de défaillance inacceptable au cours de sa durée utile prévue.

3.6.1. Facteurs environnementaux

Avant de décider de la technique de maîtrise de l'humidité à adopter pour un mur, on doit d'abord déterminer la catégorie d'exposition ou les conditions environnementales auxquelles le mur sera soumis. L'Enquête menée en C.-B. a permis de découvrir que les bâtiments qui n'affichaient pas de problème étaient, en moyenne, moins exposés au vent que les bâtiments posant problème. Un mur sans ennui dans une région pourrait ne pas avoir de tenue en service satisfaisante dans une autre; les principes de la science du bâtiment ne changent pas, mais il en va autrement des conditions d'exposition (chaleur, air et humidité).

Les deux principaux éléments climatiques à envisager quant à la pénétration de la pluie sont la vitesse du vent et l'intensité des précipitations de pluie. Étant donné que le vent influe sur la quantité de pluie qui frappe les murs du bâtiment et qu'il constitue la principale force poussant l'eau vers l'intérieur, il est logique de considérer la pression du vent s'exerçant sur le mur, de même que les pressions du vent au cours d'orages. Voilà ce que représente la *pression de la pluie poussée par le vent* (PPPV).

3.6.2. Pression de la pluie poussée par le vent (PPPV)

La norme CSA A440.1, *Guide de l'utilisateur de la norme CSA A440-00, Fenêtres*, fait état des données de la pression de la pluie poussée par le vent (PPPV) pour environ 650 localités du Canada[20]. La norme A440.1 relie la PPPV d'une aire donnée au niveau de résistance à la pénétration de l'eau à spécifier pour le choix des fenêtres. Une démarche semblable permet de déterminer une technique tout indiquée d'étanchéité à l'eau pour un mur.

Les données PPPV estiment les pressions annuelles extrêmes moyennes horaires du vent (converties à partir de la vitesse du vent) associées à des précipitations de pluie suffisantes pour entraîner des infiltrations d'eau. Les PPPV 1/5 et 1/10 représentent des orages qui comportent 20 % et 10 % de probabilités de se produire au cours d'une année donnée. La figure 21 montre sous forme graphique les PPPV valables pour une période de récurrence de 10 ans.

[20] *An Exploratory Study of the Climatic Relationship Between Rain and Wind*

Comme les PPPV sont signalées à une hauteur de seulement 10 m (33 pi), un coefficient de hauteur, soit le même employé pour les calculs de résistance structurale, sert à établir les pressions pour les bâtiments de grande hauteur (voir le tableau 6). Il convient de noter que les données de la PPPV concernent le vent accompagné de pluie et ne correspondent pas nécessairement aux vitesses de pointe du vent qui entrent dans les calculs de résistance structurale. À signaler également que les valeurs de la PPPV portées sur la carte sont dérivées de la mesure du vent enregistrée en terrain plat découvert et qu'elles représentent la pression s'exerçant sur la face centrale d'un bâtiment en aval d'un terrain plat découvert. Des PPPV plus élevées ou plus basses peuvent être enregistrées en raison des conditions locales différentes, comme au sommet d'une colline, en zone escarpée, sur un promontoire ou en zone bâtie. Peut-être faudra-t-il aussi envisager la forme du bâtiment.

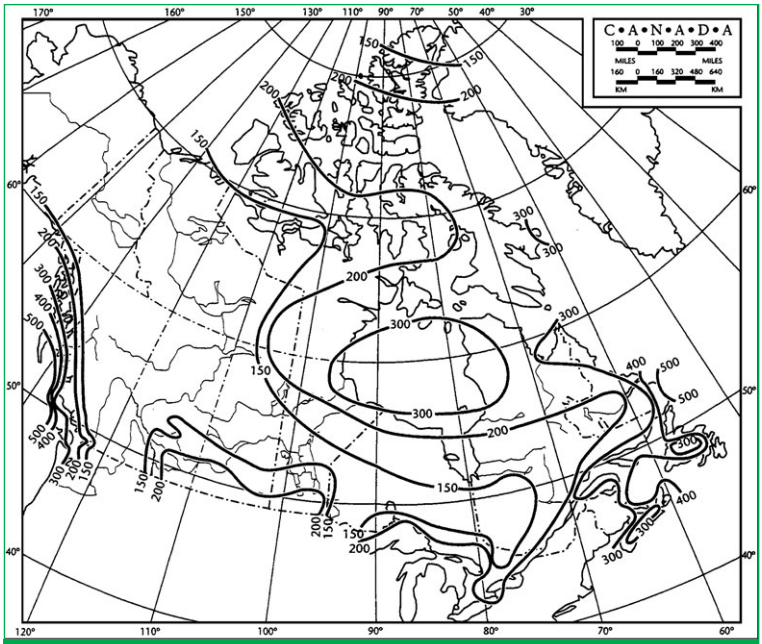

Figure 21 — Carte des PPPV pour une période de récurrence de 10 ans (extrait de la norme CSA A440.1, *Guide de l'utilisateur de la norme CSA A440*)

Hauteur (m)	10	13	18	25	32	41	51	64	78	94	113
Hauteur (pi)	30,4	39,6	54,8	76,2	102,4	124,9	155,4	195,1	237,7	286,5	344,4
Coefficient de hauteur	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0

Tableau 6 — Coefficient de hauteur pour les pressions du vent

Pour les projets d'envergure qui supposent la mise à l'essai de maquettes pour confirmer la validité de la conception et des détails de construction, la PPPV peut servir à établir les charges à retenir pour les besoins des essais d'étanchéité à l'eau.

3.6.3. Indice annuel de pluie battante

Les PPPV n'indiquent pas la fréquence ou la durée de la pluie poussée par le vent. À cette fin, le Conseil national de recherches a établi un indice annuel de pluie battante (IAPB) pour l'Amérique du Nord (voir la figure 22). Les matériaux et la construction d'un bâtiment déterminent si la charge de pointe ou l'exposition annuelle prédomine. Par exemple, dans les systèmes où toute infiltration d'eau peut occasionner des problèmes, notamment par les murs étanchéisés en surface et les fenêtres, ou que le passage de l'eau est maîtrisé par une ressaut, la charge de pointe s'avère l'élément le plus pertinent en matière de conception. Quant aux ensembles de construction qui tolèrent la

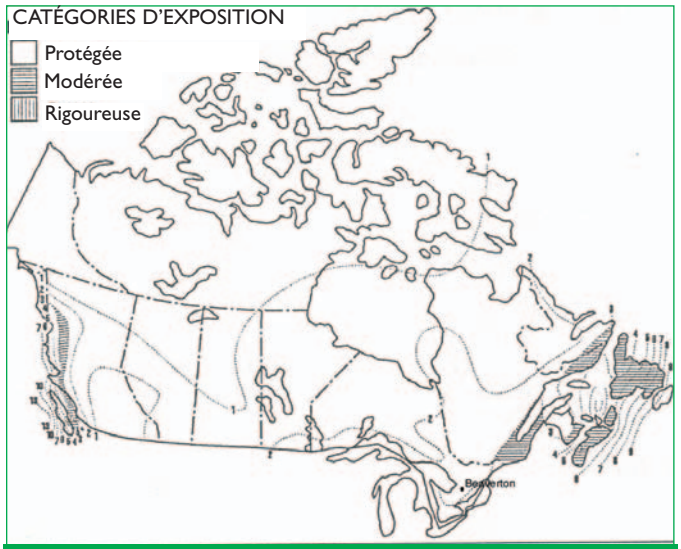

Figure 22— Carte des indices annuels de pluie battante (IAPB)

présence d'une certaine quantité d'eau et s'en remettent à l'équilibre entre le mouillage et l'assèchement, comme bon nombre d'ouvrages en maçonnerie, l'exposition annuelle à la pluie constitue un paramètre de conception davantage utile.

3.6.4. Indice d'humidité

Le Conseil national de recherches du Canada, dans le cadre de la recherche portant sur le Contrôle de l'humidité dans les murs extérieurs (CHME) (voir encadré), a récemment établi un autre indice, l'indice d'humidité (IH). L'indice d'humidité combine l'indice de mouillage qui tient compte de la pluie battante à laquelle un mur peut être exposé et l'indice d'assèchement qui tient compte des possibilités d'assèchement par évaporation qu'offre le climat.

L'IH est censé simplement indiquer l'ampleur des charges d'humidité propres au climat. L'IH fluctue entre 0,0 et 1,414. L'ampleur de la charge d'humidité augmente en fonction de l'IH, selon les indications du tableau 7.

IH	Ampleur des charges
MI 0,70	Zone 1 — Faible
0,70 IH < 0,80	Zone 2 — Limitée
0,80 IH < 0,90	Zone 3 — Modérée
0,90 MI <1.0	Zone 4 — Élevée
IH 1,0	Zone 5 — Forte

Tableau 7 — Ampleur de la charge environnementale, indiquée par l'indice d'humidité

La carte des IH en Amérique du Nord (figure 23) a été établie à partir des données météorologiques de 300 localités du continent.

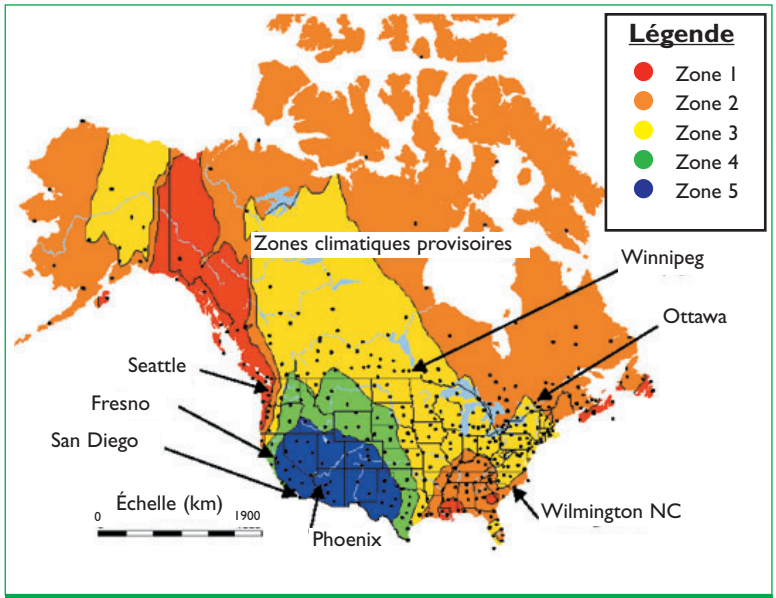

Figure 23 — Carte des IH (extrait de *Defining Climate Regions as a Basis for Specifying Requirements for Precipitation Protection of Walls*)

La recherche CHME

L'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada, de concert avec des partenaires du secteur, a mené à terme une recherche d'une durée de quatre ans titrée *Methods for Evaluating the Moisture Management of Wood-Frame Wall Systems*. La recherche en question portait principalement sur les moyens de prédire les réactions hygrothermiques de plusieurs types de mur exposés aux charges climatiques en vigueur en Amérique du Nord et à une plage de surcharges d'infiltration d'eau. Les chercheurs ont eu recours à une méthode fondée sur des expériences en laboratoire et sur de la modélisation bidimensionnelle à l'aide du modèle mathématique informatique *hygIRC*.

La recherche a abouti à une méthode traduisant des aspects conceptuels qui permettent d'améliorer les techniques de gestion de l'humidité pour tous les genres de murs, quelle que soit la région en Amérique du Nord.

La recherche CHME tire pleinement parti du modèle *hygIRC*, par rapport à de nombreux jeux d'expériences en laboratoire, en vue de prédire la réaction hygrothermique du mur dans l'ensemble, de même que de certaines zones vulnérables.

La recherche CHME a permis d'élargir les connaissances dans les deux secteurs suivants :

- caractérisation du climat en Amérique du Nord, selon les charges d'humidité imposées aux murs;
- méthode type de conception et de construction de murs pourvus de différents parements;
- estimation de la quantité et de la répartition de l'infiltration d'eau dans le mur, par rapport aux charges climatiques;
- caractérisation des propriétés hygrothermiques des matériaux;
- sélection des indicateurs de réaction hygrothermique du mur.

3.6.5. Facteurs conceptuels

Déterminer l'exposition présume de tenir compte des facteurs environnementaux et conceptuels. À l'heure actuelle, le code du bâtiment donne peu d'information sur les conditions d'exposition dans les tableaux climatiques, faisant notamment état des pressions du vent et des températures extrêmes; certains autres facteurs environnementaux sont traités ci-dessus.

Les facteurs conceptuels sont, par contre, beaucoup plus difficiles à quantifier et se rapportent davantage aux conditions de micro-exposition, telle l'incidence des débords et de la topographie locale. Les facteurs conceptuels vont de l'orientation du bâtiment jusqu'aux moyens par lesquels le bâtiment et ses composants font dévier l'eau. Ces facteurs sont certes beaucoup plus difficiles à quantifier, mais certaines démarches sont indiquées ci-dessous.

3.6.6. Nomogramme des catégories d'exposition

Le nomogramme des catégories d'exposition est un moyen simple de déterminer l'exposition (figure 24). C'est d'ailleurs le moyen que propose le *Guide des règles de l'art – Enveloppe de bâtiments à ossature de bois dans le climat littoral de la Colombie-Britannique*[21].

Le nomogramme, élaboré pour la Colombie-Britannique, présume qu'il s'agit d'un climat rigoureux. Il fonde la catégorie d'exposition selon le rapport entre le débord de toit et la configuration du sol. Le rapport du débord de toit se définit selon l'équation suivante :

$$\textit{Rapport du débord de toit} = \frac{\textit{Largeur du débord}}{\textit{Hauteur du mur}}$$

Où

la *largeur du débord* correspond à la distance horizontale séparant la face externe du parement de la face externe du débord (le débord est généralement assuré par le toit, mais il peut l'être par d'autres attributs du bâtiment comme un auvent ou un balcon) et

la *hauteur du mur* correspond à la hauteur au-dessus de l'élément en bois le plus bas qui soit en cause (et exclut donc la hauteur du mur de fondation en béton).

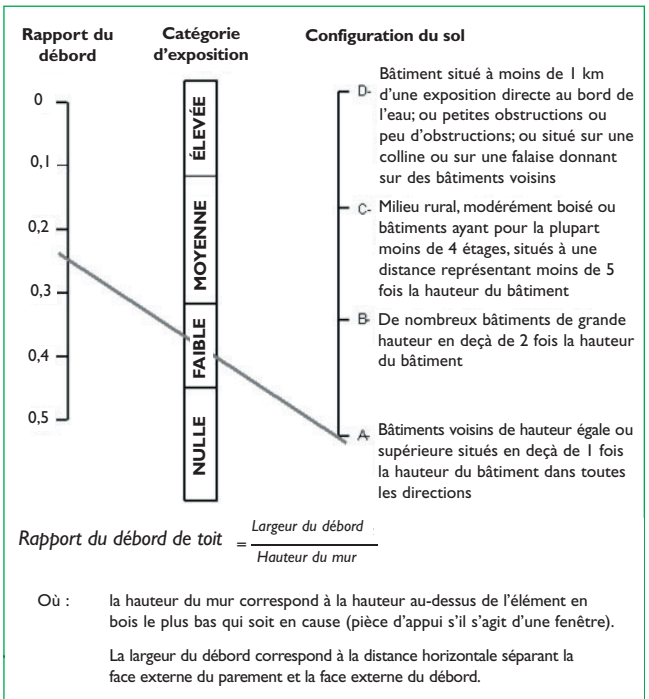

Figure 24 — Nomogramme des catégories d'exposition pour la C.-B. (extrait du *Guide des règles de l'art – Enveloppe de bâtiments à ossature de bois dans le climat littoral de la Colombie-Britannique*)

La ligne droite tirée entre le rapport de débord de toit calculé et la description appropriée de la configuration du sol traverse la barre des catégories d'exposition pour donner l'indice d'exposition. La ligne pointillée du nomogramme à la figure 24 représente une situation où le rapport du débord égale 0,3 et la catégorie de la configuration du sol correspond à C, ce qui donne un indice d'exposition moyen. L'indice d'exposition permet ensuite d'arrêter soin choix sur une technique de maîtrise de l'humidité à l'aide du tableau 5.

Ce nomogramme a été élaboré pour le climat rigoureux de la Colombie-Britannique de sorte qu'il ne peut pas s'employer partout; le concept peut toutefois être transposé ailleurs.

3.6.7. Modélisation informatique

Des modèles informatiques complexes permettent de prédire le comportement hygrothermique (humidité et température) d'un mur, à preuve *EMPTIED*, *WUFI* et *hygIRC*.

3.6.8. EMPTIED

Mis au point par la SCHL, le logiciel *EMPTIED* (analyse des effets de l'infiltration, de l'exfiltration et de la diffusion de l'humidité sur l'enveloppe) part d'hypothèses simples pour permettre aux concepteurs de comparer les effets de différents climats, conditions intérieures, matériaux muraux et degrés d'étanchéité à l'air sur la performance des murs.

En raison des hypothèses simples, le logiciel ne prédit pas ni n'explique la quantité absolue d'humidité dans un mur, pas plus qu'il n'envisage le stockage d'humidité ou la remontée capillaire de l'humidité. Par contre, il offre un excellent outil de comparaison. Par exemple, si vous partez d'un mur qui, vous le savez pertinemment par expérience, affiche une bonne tenue en service dans des conditions particulières, vous pouvez chercher à en connaître la performance si vous le réalisez dans une ville avec des conditions climatiques différentes, à savoir s'il faudra humidifier le milieu intérieur par souci de confort ou ajouter de l'isolant thermique. Par contre, si vous partez d'un mur qui n'a pas une tenue en service satisfaisante, le logiciel *EMPTIED* vous permet de comparer des solutions possibles. Le lecteur intéressé peut obtenir tout à fait gratuitement de la SCHL un exemplaire du logiciel en transmettant un courriel à splescia@schl.ca

3.6.9. WUFI

Oeuvre du laboratoire national d'Oak Ridge, aux États-Unis, le logiciel *WUFI* permet d'obtenir des données réalistes de calcul de transmission unidimensionnelle de la chaleur et de l'humidité de composants de bâtiment multicouches exposés à l'environnement. Le programme exploite les données météorologiques, y compris la pluie battante et le rayonnement solaire, ce qui permet d'étudier de façon réaliste le comportement des composants exposés à l'environnement. Par ailleurs, le programme a été largement validé par des études sur le terrain. Le logiciel *WUFI* peut servir à élaborer et à optimaliser les matériaux de construction et les composants de bâtiment. Par exemple, le logiciel *WUFI* permet d'évaluer :

- le délai d'assèchement de la maçonnerie emprisonnant de l'humidité;
- les risques de condensation intersticielle;
- l'influence de la pluie battante sur les composants extérieurs du bâtiment;
- l'effet des mesures de réparation et de rattrapage;
- le comportement hygrothermique du toit et des murs dans des conditions d'usage imprévues ou dans différentes zones climatiques.

Les intéressés peuvent télécharger tout à fait gratuitement une version de *WUFI* à des fins de recherche et de sensibilisation à l'adresse www.ornl.gov/sci/btc/apps/moisture/. Le programme s'adresse aux fabricants de produits de bâtiment, aux consultants, aux concepteurs, aux cabinets d'ingénieurs et aux experts du domaine de l'hygrothermique. Bien faire usage du logiciel *WUFI* exige de l'expérience dans le domaine de l'hygrothermique et des connaissances de base des méthodes de calcul numériques; il ne convient donc pas aux praticiens en général. Par contre, les praticiens intéressés peuvent retenir les services de consultants pour effectuer ce genre d'analyses.

3.6.10. hygIRC

Le modèle informatique bidimensionnel de l'IRC, *hygIR*, a été employé dans le cadre de la recherche CHME en vue de prédire le comportement hygrothermique d'un mur pleine grandeur faisant la hauteur de un étage, sur une période de deux ans. Le programme informatique prédit la réaction en temps réel du mur exposé aux conditions environnementales et aux surcharges hygrothermiques changeantes.

Pour les besoins de simulation, l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment est soumis à des variations météorologiques horaires (température, humidité relative, rayonnement solaire, vitesse et direction du vent, et pluie), alors que l'intérieur ne subit que des variations de température et d'humidité. Le programme tient également compte d'autres sources d'humidité et de chaleur, comme celles qui sont attribuables à des fuites d'air fortuites par les ouvertures et les fissures, l'infiltration d'eau de pluie poussée par le vent, l'augmentation d'humidité souterraine et du vide sanitaire, de même que le dépôt d'humidité consécutif à la formation de ponts thermiques. Le programme simule ensuite la réaction aux conditions environnementales changeantes et répartit la température et l'humidité relative à l'intérieur de l'enveloppe du bâtiment et ses fluctuations au fil du temps.

Par sa complexité, le programme *hygIRC* ne convient pas aux praticiens en général. Par contre, au début de 2004, l'IRC prévoyait faire paraître une version unidimensionnelle du programme à l'intention générale des spécialistes de la conception et des entrepreneurs. Le programme 1-D *hygIRC* a été élaboré dans le but de faciliter les études de cas, de façon à permettre aux utilisateurs de mener des études paramétriques, où plusieurs paramètres sont modifiés un à la fois pour juger de la sensibilité du comportement du mur. En d'autres termes, le logiciel 1-D *hygIRC* facilite les différents scénarios, comme si l'on voulait remplacer le parement de stucco par du stucco en acrylique. Il peut se transposer dans une foule de conditions climatiques.

3.6.11. Indice HRT

Un concept novateur, appelé indice *HRT* (humidité relative et température) a aussi été élaboré dans le cadre de la recherche CHME, exploitant le programme informatique *hygIRC*. Une partie de la performance à long terme d'un mur quelconque se traduit par la réaction hygrothermique localisée de n'importe quelle de ses couches de composants et matériaux, en particulier lorsque le mur affiche un défaut.

L'indice HRT permet de mesurer la durée des conditions d'humidité et de température **au-dessus** d'un jeu de niveaux minimaux à un endroit précis du mur. En principe, plus un endroit est mouillé et chaud, plus la détérioration risque de causer des dommages. Dans la recherche CHME, l'ossature de bois et les panneaux de revêtement intermédiaire étaient considérés comme les couches critiques les plus sujettes à la détérioration. Les niveaux minimaux établis à l'égard de l'indice *HRT* dépendent du processus physique qui suscite de l'intérêt par rapport à la durabilité de tout matériau choisi du mur.

Par exemple, on a découvert que la combinaison d'humidité relative de 95 % et d'une température de 5° C ou plus (appelée HRT95) favorisait la croissance des champignons entraînant la carie du bois, alors que la combinaison d'humidité relative de 80 % et d'une température de 5° C ou plus (HRT80) favorisait la croissance de moisissure et la corrosion. Plus l'indice HRT est élevé, plus le potentiel de détérioration liée à l'humidité l'est. Le tableau 8 donne les indices HRT de murs de bâtiments avec revêtement intermédiaire en panneaux OSB et parement de stucco situés dans certaines villes d'Amérique du Nord.

Ville	Indice d'humidité	HRT95
Ottawa	0,93	1 536
Phoenix	0,13	655
Seattle	0,99	2 290
Wilmington	1,13	3 213
Winnipeg	0,86	1 337

Tableau 8 — Exemples de HRT95 d'un type de mur en stucco, selon différentes villes

L'indice HRT permet d'obtenir de l'information utile pour choisir les matériaux de construction et le type de mur à employer, en plus de déterminer s'il est nécessaire de recourir à des détails de construction particuliers (voir la figure 25). Par exemple, la simulation menée sur différents matériaux muraux permet de déterminer les matériaux offrant à long terme la meilleure performance (donc, l'indice HRT le plus faible) hygrométrique pour l'emplacement visé. Ce sont de précieux renseignements qui permettent au concepteur de choisir un matériau de construction parmi tout un éventail possible. L'indice aide également à déterminer l'avantage de recourir à d'autres détails de construction, comme à aménager une cavité d'évacuation derrière le parement extérieur ou un surplomb pour protéger de la pluie poussée par le vent.

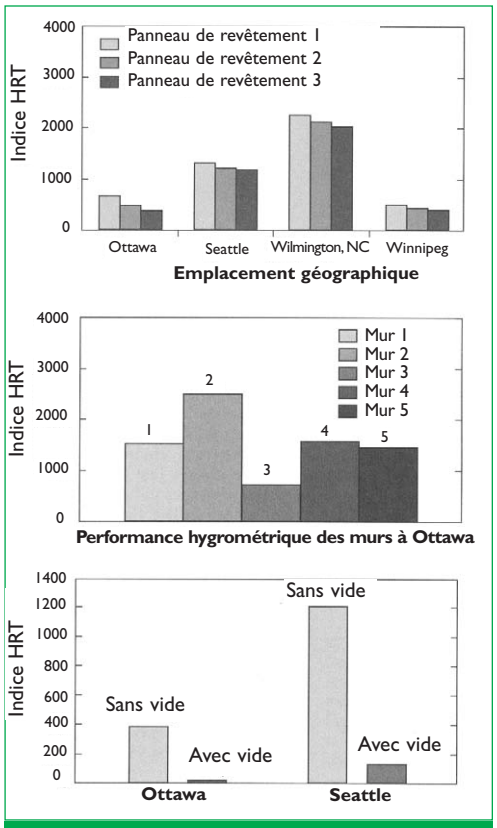

Figure 25 — Exemples de l'emploi de l'indice HRT pour comparer des matériaux, des types de murs et des cavités ventilées ou non (extrait de *MEWS Project Produces Long-term Moisture Response Indicator, Construction Innovation*)

3.6.12. Rapprochement de tous les éléments

Ainsi, la question demeure : « Étant donné les renseignements connus, comment peut-on s'en servir dans la conception d'un bâtiment pour le conserver sec? Prenons l'exemple suivant.

Beaverton, Ontario, se trouve à environ 100 km, ou à une heure de route, au nord-est de Toronto sur la rive est du lac Simcoe. Un promoteur s'attend à ce que Beaverton devienne le prochain lieu de vacance de prédilection de la population de la région métropolitaine de Toronto en raison de son accessibilité et de ses plages. Le promoteur entend construire un centre de villégiature de 10 étages sur la zone escarpée le long des rives du lac.

L'emplacement à l'est du lieu proposé est plutôt à découvert, donnant sur de vastes étendues de terres agricoles et des zones boisées. Le lac Simcoe se trouve à l'ouest du lieu proposé. Malheureusement, il n'existe pas de *rose des vents* ou de schéma de la direction des vents pour Beaverton. D'après son expérience personnelle, l'architecte sait toutefois que le vent souffle généralement du sud-est, mais lorsqu'il pleut, le vent vient surtout du nord-ouest.

Au moment de décider de la technique d'étanchéité à l'eau à retenir lors de la conception du bâtiment, l'architecte a étudié les cartes des PPPV, des IAPB et des IH (figures 21, 22 and 23) et déterminé les valeurs suivantes :

- PPPV : 150 à 200 Pa;
- IAPB : niveau 3 (protégé);
- IH : zone 2 (ampleur limitée de la surcharge)

D'après ces renseignements, l'architecte a déterminé que Beaverton présente un niveau d'exposition faible, par rapport à d'autres endroits du Canada. En consultant le tableau 5, l'architecte établit qu'il est préférable pour l'emplacement d'aménager un mur avec cavité d'évacuation, écran pare-pluie ordinaire ou à pression équilibrée.

La topographie locale doit aussi entrer en ligne de compte. L'hôtel doit être aménagé sur la zone escarpée donnant sur l'emplacement très à découvert du lac Simcoe à l'ouest. De plus, la majorité de la pluie battante vient de l'ouest. Par conséquent, l'architecte estime qu'il doit conférer à son emplacement particulier le niveau d'exposition modéré plutôt que faible. Il a donc décidé de recourir à l'écran pare-pluie ordinaire.

L'architecte a également recueilli les renseignements climatiques suivants au sujet de Beaverton à partir de la norme CSA A440.1[22]

Latitude	**Longitude**	**PPPV 1/5 à 10 m**	**PPPV 1/10 à 10 m**	**Pression horaire du vent 1/10**	**Température de calcul de janvier à 2,5 %**
44 deg. 26 min N	79 deg. 09 min O	120 Pa	160 Pa	0,24 kPa	-24° C

Le bâtiment proposé comptera 10 étages et aura donc une hauteur d'environ 32 m (105 pi). En transposant le coefficient de hauteur de 1,4 (à partir du tableau 6), l'architecte détermine que la pression de calcul de la pluie poussée par le vent sera d'au moins 224 Pa (160 x 1,4). L'architecte décide de spécifier que le parement doit subir un test d'étanchéité à l'eau à une différence de pression de 225 Pa.

S'il désire peaufiner davantage son concept, la sélection des matériaux et leur agencement, l'architecte peut dorénavant présenter, pour fins d'analyse, son concept préliminaire à l'aide d'un programme informatique. Pour en savoir plus sur la conception de l'enveloppe du bâtiment, le lecteur est invité à consulter les articles à caractère technique qui font partie de cette collection à l'adresse suivante : http://www.cmhc-schl.gc.ca/fr/amquablo/toenha/toenha_009.cfm

[22] CSA A440.1-00, *Guide de l'utilisateur de la norme CSA A440-00, Fenêtres*

QUESTIONS

1. L'eau est la principale cause de la détérioration prématurée des bâtiments. Quels sont les trois facteurs clés expliquant les problèmes d'humidité dans les bâtiments? Donnez un exemple de situation type mettant en cause chacun de ces facteurs.
2. Quels sont les éléments précis des bâtiments les plus susceptibles de subir des problèmes d'humidité? Choisissez un de ces éléments et élaborez sur la façon de s'y prendre pour prévenir les problèmes d'humidité.
3. Énumérez cinq façons d'améliorer la qualité des plans et/ou les voies de communication sur le chantier et traitez de chacune d'elles.
4. Quelles sont les trois causes de la présence d'eau dans un mur? Décrivez les moyens d'éliminer les sources d'humidité à l'intérieur.
5. Traitez des différences et des ressemblances du pare-air et du pare-vapeur.
6. Quelles sont les quatre techniques de défense? Faites la description de chacune et de la stratégie visant à prévenir la détérioration des murs sous l'effet de l'humidité.
7. Le document fait état de plusieurs stratégies de gestion de l'eau. Choisissez-en une et discutez de ses avantages et de ses inconvénients, en plus de donner un exemple de situation où la stratégie serait tout indiquée.
8. Plusieurs facteurs environnementaux peuvent entrer en ligne de compte dans la conception d'un mur, dont la pression du vent, la rose des vents, la pression de la pluie poussée par le vent, l'indice annuel des précipitations de pluie et l'indice d'humidité. Choisissez un facteur environnemental et décrivez comment vous pourriez l'exploiter dans la conception de bâtiments pour conserver les murs secs. Existe-t-il d'autres facteurs environnementaux que vous voudriez envisager?