

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

L'eau et les matériaux de construction Latta, J. K.

For the publisher's version, please access the DOI link below./ Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

Publisher's version / Version de l'éditeur:

<https://doi.org/10.4224/40000894>

Digeste de la construction au Canada, 1964-05

NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=3940d6b4-452d-4d5d-826c-5600434e36ee>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=3940d6b4-452d-4d5d-826c-5600434e36ee>

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright>

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits>

LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

Questions? Contact the NRC Publications Archive team at

PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

Vous avez des questions? Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

Digeste de la Construction au Canada

Division des recherches en construction, Conseil national de recherches Canada

CBD 30F

L'eau et les matériaux de construction

Publié à l'origine en mai 1964

J. K. Latta

Veillez noter

Cette publication fait partie d'une série qui a cessé de paraître et qui est archivée en tant que référence historique. Pour savoir si l'information contenue est toujours applicable aux pratiques de construction actuelles, les lecteurs doivent prendre conseil auprès d'experts techniques et juridiques.

On a dit que les recherches en construction ne seraient pas nécessaires s'il n'y avait pas l'effet de l'eau sur les matériaux de construction. Cette assertion comme toutes les généralisations de son espèce est naturellement outrancière. Néanmoins, on ne peut pas sous-estimer les effets nuisibles de l'eau sur les matériaux de construction. Si ces effets n'existaient pas la construction de bâtiments durables serait grandement simplifiée ainsi que la tâche des architectes. Le but du présent Digeste est de donner un aperçu des mécanismes destructeurs de l'eau et de passer rapidement en revue certains des phénomènes impliqués.

Changements de dimensions

Lorsqu'une modification se produit dans leur teneur en humidité, de nombreux matériaux de construction changent de dimensions et ces changements peuvent être plus importants que ceux qui sont causés par des variations normales de température. C'est ainsi qu'un matériau qui s'imprègne d'eau à certains moments pour la perdre ensuite sera l'objet d'une série d'extensions et de contractions qui, éventuellement, le désagrégeront ou le détacheront. On peut voir au Tableau I, sous forme de pourcentages, les changements de longueur de divers matériaux dont un échantillon sec est immergé dans l'eau et, pour fins de comparaison, leur expansion thermique dans le cas d'une augmentation de température de 100°F.

Tableau I Expansion des divers matériaux par suite de la chaleur ou de l'eau

Expansion thermique. Changement de longueur en pourcentage	Expansion par l'eau. Changement de longueur en pourcentage	Coefficient d'élasticité $\times 10^{-6}$
---	---	---

pour 100°F

Chaux	0.01 à 0.05	0.002 à 0.01	3 à 10.4
Briques d'argile et de schiste	0.02 à 0.05	0.002 à 0.01*	1.4 à 5
Béton	0.05 à 0.08	0.01 à 0.2**	2.5
Acier	0.067		30
Ciment et mortier portland	0.04 à 0.06	0.005 à 0.03	3.5
Mortier à la chaux	0.04 à 0.05	0.001 à 0.02	0.5

* Expansion maximum avec les briques cuites friables.

** Dépend en grande partie de l'agrégat. Les agrégats légers donnent les expansions les plus fortes.

Les différences d'expansion par voie humide entre les mortiers à la chaux et ceux au ciment et entre le mortier au ciment et les briques d'argile ou de schiste devraient être notées en fonction de la "compatibilité" des briques et du mortier. Les changements volumétriques des matériaux employés dans la maçonnerie de brique ont été étudiés par Palmer du *National Bureau of Standards* en 1931. Dans une publication Palmer a déclaré que les changements de volume qui se produisent dans la brique et le mortier par suite de variations dans leur teneur en eau sont susceptibles d'être plus importants que ceux qui sont produits par des variations normales de température.

Les mêmes changements dimensionnels dus à des variations dans la teneur en eau peuvent se produire dans deux matériaux liés ensemble. Un gauchissement peut en résulter lequel est semblable à celui produit par des variations de température sur une plaquette composée de deux métaux. Par exemple, des panneaux de béton précontraint ayant à l'avant un matériau d'une composition différente du matériau situé à l'arrière peuvent être assujettis à un tel gauchissement. Différentes teneurs en eau dans l'épaisseur d'un matériau homogène auront également un effet de gauchissement étant donné que le côté ayant la plus forte teneur en eau se développera davantage que le côté moins humide. De telles différences dans la teneur en eau peuvent résulter d'une migration de vapeur ou du fait que les côtés opposés sont exposés à des conditions atmosphériques différentes. La pluie absorbée du côté extérieur aura un effet semblable.

Corrosion

La corrosion dans les bâtiments a fait l'objet du **Digeste no 20** où l'on a expliqué que c'était surtout une action électrolytique dans laquelle un potentiel électrique provoque le passage d'un courant à condition qu'il y ait un électrolyte pour compléter le circuit. Cet électrolyte est constitué par l'eau qui se trouve dans le bâtiment et qui peut provenir de différentes sources. Le potentiel électrique peut être créé par deux métaux dissemblables ou par un métal s'il y a des sels dans l'eau. Même avec l'eau pure la corrosion peut se produire en présence de l'oxygène et se combiner à l'hydrogène produit ce qui enlève ce dernier et permet la continuation du processus de corrosion. Comme dans le cas d'un grand nombre d'agents

destructeurs d'autres phénomènes doivent se produire avec l'eau avant que la corrosion n'ait lieu mais sans l'eau les matériaux ne se corroderaient pas.

Décomposition

La décomposition du bois est un autre phénomène destructeur qui a besoin d'eau pour se produire. La décomposition provient de la croissance de mycètes dans les tissus du bois et cette croissance exige plusieurs conditions. Il doit y avoir une matière où les mycètes puissent proliférer et cette matière est le bois lui-même. Il doit y avoir de l'air et si le bois est complètement immergé il ne reçoit plus d'air et la décomposition s'arrête. La température doit être favorable. Près du point de gel les mycètes n'agissent plus quoiqu'ils ne soient pas tués. Au dessus de 100°F ils peuvent également être engourdis mais ils ne seront tués qu'à la température de 140°F. Les températures les plus favorables à la décomposition sont celles qui vont de 70 à 90° F. Finalement, la quantité d'eau disponible doit être supérieure au point de saturation de la fibre du bois. Dans le cas de nombreux types de bois ce point est atteint lorsque l'eau constitue de 27 à 30% du poids du bois séché à l'étuve, mais par suite des variations dans la répartition de l'eau dans le bois il est généralement admis qu'une teneur en eau inférieure à 20% du poids à sec est nécessaire pour mettre fin à la décomposition. En fait, une fois établis, certains mycètes produisent leur propre source d'eau; d'autres peuvent étendre des vrilles couvrant de longues distances sur l'acier et autres matériaux afin d'atteindre une source d'eau. Il n'y a que deux façons vraiment efficaces pour empêcher le bois de se décomposer: le mettre complètement à l'abri de l'eau ou l'immerger entièrement dans l'eau. La source alimentaire peut être empoisonnée par des enduits antiputrides mais dans la plupart des cas ces enduits ne protégeront qu'une couche relativement fine à la surface, laquelle peut être transpercée et laisser passer les spores des moisissures qui pénétreront dans les couches non-traitées du bois. Cela, cependant, ne signifie pas que les antiputrides ne sont pas des moyens utiles de protection dans les cas où on ne peut pas garantir que le bois restera sec.

Boursofflures

Lorsqu'on construit un toit plat toutes les précautions possibles doivent être prises pour empêcher l'eau d'être emprisonnée entre les couches du toit ou sous la membrane. Si l'eau était emprisonnée et si elle s'évaporait à cause de la chaleur élasticité du soleil il pourrait se produire des boursofflures dans la toiture, même si on pratiquait des ouvertures. dans la, garniture isolante pour réduire la pression caus e par l'eau emprisonnée. De telles ouvertures, cependant, ne peuvent pas être pratiqu es dans les couches mêmes de la toiture et l'eau emprisonnée dans l'épaisseur de la membrane provoquera presque inévitablement une boursofflure ou fera pourrir les feutres de la toiture. De toute façon la présence de l'eau affaiblira le lien formé par le bitume et elle réduira de la sorte les propriétés imperméables de la toiture. Les ampoules formées dans la peinture appliquée sur du bois humide ou sur du bois qui absorbe de la vapeur se forment de la même façon.

Efflorescence

L'eau qui se déplace dans un matériau à l'état liquide peut également causer de nombreux effets nuisibles. L'effet le plus visible est naturellement l'efflorescence qui défigure souvent l'apparence des bâtiments. L'eau migratrice dissout les sels qui se trouvent quelque part à l'intérieur du matériau et les dépose à la surface à mesure que l'eau s'évapore. Généralement cet effet n'est pas destructeur: il ne fait que défigurer. Si une membrane imperméable à l'eau mais perméable à la vapeur est appliquée sur le côté extérieur du mur, cependant, l'eau peut s'évaporer par derrière de telle sorte que les sels se déposent à l'arrière de la couche de surface et que la force cristallisante qui en résulte fasse effriter cette surface. La question de l'efflorescence a déjà été traitée de façon assez complète dans le **Digeste no 2**, aussi n'est-il pas nécessaire de l'examiner plus avant ici. Il y a lieu de noter, cependant, que l'effritement produit par la cristallisation des sels à l'arrière des matériaux est très semblable en apparence à celui produit par l'action du gel et dans de nombreux cas il est difficile de déterminer le mécanisme qui l'a provoqué. Le traitement de la surface de la maçonnerie peut donner lieu à d'autres complications s'il arrête la vapeur provenant de l'intérieur du bâtiment. Cette vapeur

risque de se condenser du côté intérieur du revêtement et de provoquer des ennuis en période de gel.

Lessivage

L'eau à l'état liquide qui circule dans le béton et dans le mortier peut provoquer une détérioration continue de ces matériaux en lessivant le calcium des matériaux de liaison à base de silicate de calcium. Cette action est particulièrement grave dans le cas des eaux douces ou des eaux légèrement acides telles qu'on les trouve dans les réservoirs alimentés à partir de régions marécageuses. Très souvent, cette eau s'infiltré dans le barrage au niveau des levées en béton, elle s'écoule sur la face en aval où elle s'évapore en laissant un dépôt blanc. Un effet destructeur semblable a été constaté dans les bâtiments comme ceux des usines à papier où de fortes humidités produisent de la vapeur d'eau qui pénètre dans les poutres creuses de béton du toit et se condense dans les froides parties supérieures. L'eau condensée peut avoir absorbé de l'anhydride carbonique dans l'air et être devenue légèrement acide. Lorsque l'eau circule dans les poutres les composés calcaires sont dissous et ils se déposent sous forme de stalactites de carbonate de calcium lorsque les gouttes d'eau sont évaporées. Il arrive parfois que le dessous des poutres n'a plus de matériau de cimentage et est recouvert de sable épars pouvant être enlevé à la main. Des effets semblables peuvent se produire lorsque de l'eau de pluie s'infiltré dans les ponts et dans les culées de béton ou sur les façades des bâtiments. Il suffit qu'elle pénètre dans la maçonnerie frontale et qu'elle réapparaisse un peu plus bas chargée de composés de calcium qu'elle aura recueilli dans du mortier ou du béton de retenue.

Gel

La caractéristique la plus particulière du climat canadien est la longue période de temps très froid qui affecte de nombreuses régions du pays durant l'hiver. On considère souvent que ce sont les températures froides qui provoquent une grande partie de la désintégration qui se produit dans l'enveloppe d'un bâtiment. En fait, cependant, les températures froides n'ont pas par elles-mêmes d'effet très grave sur les matériaux. Naturellement, les grands écarts de température qui existent entre l'été et l'hiver causeront de grandes expansions et de grandes contractions mais généralement on peut y remédier au moyen de joints d'expansion appropriés. Par contre, si l'eau s'ajoute aux conditions de gel, une détérioration très rapide peut se produire. Dans certains cas extrêmes il peut suffire d'un cycle de gel pour détruire un matériau. La façon dont la destruction a lieu est complexe mais on sait qu'elle dépend d'un certain nombre de facteurs comprenant, entre autres, le degré de saturation par l'eau, la vitesse et le nombre de fois où le gel a lieu, la résistance et les propriétés élastiques des matériaux et la nature de la structure des pores dans les matériaux.

L'un des mécanismes produisant les dommages par le gel est un phénomène de lentilles de glace dans lequel des cristaux de glace ont tendance à attirer l'eau des régions chaudes d'une façon semblable à celle qui provoque le soulèvement des sels par le gel (voir **Digeste no 26**). Cela s'est manifesté lors d'observations effectuées in situ et au laboratoire dans des bétons assujettis à des cycles de gel et de dégel. Par ailleurs, des lentilles de glace ont été trouvées dans des bétons de trottoir détruits par l'action du gel. Des destructions semblables ont été produites par des liquides organiques se contractant en période de gel. On s'est également aperçu que des lentilles de glace peuvent s'accumuler dans les mortiers et dans les matériaux de retenue des pierres de construction et qu'elles peuvent détacher les pierres de façade des bâtiments en très peu de temps.

Il est également possible que l'expansion de l'eau devenue glace provoque des destructions. Cette situation se produit lorsque l'eau se trouvant dans un macropore complètement saturé gèle rapidement et que l'eau excédentaire s'écoule par capillarité. Si les capillaires sont trop fines pour que l'eau s'écoule suffisamment rapidement par rapport à la vitesse du gel une pression s'exercera qui pourra fracturer le matériau. Ce mécanisme peut donner lieu, par exemple, à la situation dans laquelle du béton dense est détruit par une désintégration complète dans toute sa profondeur; tandis que la destruction d'un béton plus faible et plus poreux peut résulter d'un écaillage constant du côté extérieur. Quel que soit le mécanisme en jeu la force produite établira des tensions dans le matériau qui pourront conduire à sa

destruction si elles ne sont pas réduites. Dans certains cas, les propriétés élastiques des matériaux fourniront des ouvertures adéquates mais dans la plupart des cas ces ouvertures doivent être prévues sous forme de vides à l'intérieur des matériaux où les excédents de glace et d'eau puissent se loger.

La plupart des matériaux de construction possèdent un certain nombre de vides et de pores. Si ces espaces sont complètement remplis d'eau il n'y a pas de place disponible pour la glace qui prend du volume et le matériau peut éclater lors du premier gel. A mesure que la quantité de l'eau qui séjourne dans un matériau est réduite davantage de place est disponible pour absorber les expansions possibles et l'on sait qu'au dessous d'un certain degré de saturation aucun dommage ne se produit. Avec les pierres cette saturation limite couvre de 71 à 90% de la saturation complète. Il s'ensuit, par conséquent, que si un matériau ne peut être complètement saturé qu'avec beaucoup de difficultés il y a alors une bien plus grande chance que le degré critique de saturation ne soit pas atteint. La facilité avec laquelle les pores et les vides peuvent être remplis d'eau dépend du matériau et des conditions auxquelles il est exposé, mais dans la pratique les matériaux sont rarement, sinon jamais, complètement saturés. Le rapport existant entre la quantité d'eau absorbée par un matériau ayant été complètement immergé dans l'eau froide pendant 24 heures et dans l'eau bouillante pendant 5 heures est le "coefficient de saturation." Il est très utilisé pour estimer la résistance des matériaux comme la brique aux dégâts causés par les conditions de gel. Un faible coefficient de saturation indique un grand nombre de vides non remplis et une forte résistance à l'endommagement par le gel; un grand coefficient indique peu de vides non remplis et une faible résistance. Les propriétés d'absorption de trois types différents de briques sont indiquées au Tableau II.

Tableau II Propriétés d'absorption des briques

	Taux initial de l'absorption ou de la suction (gramme/30 pouces carrés)	Absorption après 24 h. d'immersion totale (Pourcentage du poids à sec)	Absorption après 5 h. d'immersion totale dans l'eau bouillante (Pourcentage du poids à sec)	Coefficient de saturation
Brique A (schiste pressé à sec)	(1) 54.5	6.2	8.5	0.73
	(2) 104.7	8.7	11.5	0.75
Brique B (schiste extrudé)	(1) 2.2	0.9	2.4	0.41
	(2) 6.0	3.6	5.2	0.71
Brique C (argile et schiste extrudés)	(1) 35.2	12.5	15.1	0.83
	(2) 41.9	13.4	15.8	0.85

Les échantillons (1) et (2) proviennent dit même loi de briques. Ils montrent l'écart possible dans un lot.

La répartition de l'eau ainsi que la nature et la répartition des vides jouent cependant un grand rôle en ce qui concerne la résistance d'un matériau à l'endommagement par le gel. Étant donné que le béton fabriqué avec un rapport eau/ciment élevé est relativement poreux on pourrait

penser qu'un tel béton aurait une bonne résistance au gel par suite des vides qui restent lorsque l'eau s'est évaporée. Malheureusement, le système de capillaires emprisonne l'eau et ne fournit pas d'espaces appropriés. Le système de l'air entraîné, par contre, conserve des pores d'une dimension telle qu'ils ne sont pas facilement remplis d'eau ce qui fournit des espaces où les lentilles de glace peuvent grossir. Ainsi, les pressions qui pourraient se développer sont réduites et le béton "air entraîné" possède une résistance plus élevée à la destruction dans les conditions de gel que les bétons des autres types.

Esthétique

La destruction des matériaux de construction et des ouvrages est une conséquence très grave de l'accumulation de l'eau en des endroits critiques mais on ne peut pas terminer une telle étude sans faire quelques commentaires au sujet de l'enlaidissement des bâtiments. On a déjà mentionné l'efflorescence. Voilà un phénomène qui enlaidit beaucoup les ouvrages. Cependant l'accumulation de la crasse sur des surfaces humides peut également enlaidir rapidement l'apparence d'un bâtiment. Une accumulation uniforme sur l'ensemble d'une surface ne se remarque pas autant que des concentrations de crasse ici et là. Il est donc de la plus haute importance de veiller à ce que toute l'eau qui coule le long d'une façade et qui est interceptée par un couvre-joint ou un rebord de fenêtre, par exemple, soit rejetée loin de la façade en question. Trop souvent des rayures apparaissent aux extrémités des projections auxquelles on n'a pas donné une protection suffisante. Des taches peuvent également être causées par l'eau qui coule sur des parties métalliques et ensuite sur des murs de maçonnerie. Les taches de rouille comptent parmi les plus nombreuses et elles peuvent être provoquées par un renforcement qui n'a pas été suffisamment couvert ou par des boulons ou d'autres systèmes d'ancrage. Le fer et l'acier ne sont d'ailleurs pas les seuls métaux susceptibles de provoquer des marques inesthétiques. L'aluminium et le cuivre donnent des ennuis à cet égard et les cadres de fenêtres en aluminium en particulier ont souvent des dépôts disgracieux.

La liste des effets nuisibles de l'eau dans les matériaux et dans les ouvrages est vraiment très longue. Dans de nombreux cas l'eau n'est pas nuisible par elle-même et ce n'est que lorsqu'elle est combinée à d'autres phénomènes qu'elle provoque une détérioration rapide. Par contre, les autres phénomènes impliqués ne provoqueront pas de détérioration en l'absence de l'eau. Il s'ensuit donc que pour que l'on puisse venir à bout de l'eau il faut construire des bâtiments encore plus solides ce qui d'ailleurs permettra de réduire les frais d'entretien et de réparation. Si le renforcement des ouvrages ne peut être réalisé qu'en employant des matériaux et des modes de construction très coûteux on peut soutenir qu'il est préférable de laisser les ouvrages se détériorer et de remplacer les parties endommagées de temps à autre. En fait, cependant, des constructions durables peuvent être réalisées avec des plans et des matériaux relativement peu coûteux à condition que les architectes soient au courant du comportement de l'eau sous ses diverses formes et qu'ils prennent les mesures nécessaires pour l'empêcher de s'accumuler en quantités dangereuses.