

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Radiation et autres facteurs climatiques Ashton, H. E.

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/10.4224/40000936>

Digeste de la construction au Canada, 1974-02

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

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=4ea59773-995f-4711-8a12-7ca8d41edb49>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=4ea59773-995f-4711-8a12-7ca8d41edb49>

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 122F

Radiation et autres facteurs climatiques

Publié à l'origine en février 1974

H.E. Ashton

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 étudié dans le **CBD 121F** la nature de la radiation solaire et des changements qu'elle seule apporte aux matériaux organiques de construction. Le processus des intempéries comprend cependant l'action des éléments en plus de la radiation et, la combinaison de plusieurs facteurs produit un effet plus important que la somme des effets individuels. La dégradation due à la radiation est accélérée lorsque les autres éléments agissent simultanément. Les études effectuées sur la durabilité ont, à maintes reprises, démontré cette synergie, ou action de renforcement. Il est donc nécessaire d'apprécier les actions conjuguées au même titre que les processus individuel. Il va de soi que ces derniers constituent un pas essentiel avant d'entreprendre le premier. Une compréhension satisfaisante du processus des intempéries ne saurait être obtenue par une autre méthode.

Radiation et Eau

Il est heureux que deux éléments constitutifs du climat, la radiation et l'eau, aient tendance à se manifester à des moments différents. Il se peut cependant que des matériaux soient irradiés après avoir été humidifiés par la pluie ou lorsque leur teneur en humidité est élevée par suite d'une forte humidité nocturne. Les périodes d'humidité constituent donc un paramètre important dans l'établissement d'un rapport entre les conditions climatiques et la dégradation extérieure. L'action de ces éléments conjugués peut suivre plusieurs cours différents; la radiation peut accélérer les effets produits par l'eau, et l'inverse peut aussi se présenter.

Aux températures normales, la plupart des matériaux organiques de construction résistent à l'attaque de l'eau. Il se peut cependant que la radiation élève la température au point où la dissolution ou l'hydrolyse peuvent se produire. Les plastifiants des revêtements et des plastiques de vinyle peuvent ainsi être extraits s'ils sont solubles dans l'eau d'une manière appréciable aux températures élevées. La résistance des feuilles de polyester peut de même être réduite du fait de l'attaque par l'eau soit de la résine elle-même, soit de la liaison existant entre la résine et la fibre de verre. Ces actions ne sont pas aussi marquées que celles

observées lors d'une immersion complète dans l'eau chaude; elles peuvent cependant contribuer au processus de dégradation.

Lorsque des revêtements contenant des huiles siccatives sont irradiés par la lumière ultraviolette, il se produit à la fois une réticulation et une scission des chaînes d'huile. Les fragments à bas poids moléculaire provenant de la scission pourraient jouer le rôle de plastifiants, mais ils sont éliminés par l'eau, accroissant ainsi la fragilité due à la réticulation. La perte de flexibilité engendre des craquelures permettant à l'eau de pénétrer jusqu'au substrat; une perte d'adhérence en résulte. Ceci explique pourquoi craquelure et écaillage se produisent en général simultanément lors de la désagrégation d'un revêtement. La radiation peut provoquer la réticulation des mastics d'étanchéité, et la perte d'extensibilité qui en résulte peut donner naissance à des fissures entre l'élément du bâtiment et le mastic d'étanchéité. L'eau peut ainsi atteindre l'interface, d'où nouvelle réduction de l'adhérence. Le lessivage par l'eau de la lignine irradiée est responsable de la couleur grise acquise par le bois exposé à l'air.

Radiation et Oxygène

Une combinaison des agents atmosphériques qui produit probablement des effets encore plus importants est celle de l'oxygène et de la radiation, techniquement désignée sous le nom de photooxydation. Les matériaux exposés à l'oxygène se dégradent beaucoup plus rapidement en présence de radiation qu'en son absence et inversement. Comme l'indique le Tableau 1, la décoloration du polystyrène, par exemple, se produit plus rapidement lorsque l'irradiation a lieu dans l'air ou l'oxygène. La teneur en oxygène du produit résultant est, de plus, environ dix fois plus grande lorsque les deux éléments agissent simultanément. On a démontré que le caoutchouc peut absorber dans les ténèbres 5 pour cent d'oxygène sans subir de changements majeurs; lorsqu'un caoutchouc contenant seulement 2 pour cent d'oxygène a été irradié, l'allongement à la rupture a décliné de 1100 à 10 pour cent. Dans un troisième cas, la lumière provenant d'une ampoule de 150 watts a accéléré l'absorption de l'oxygène par le caoutchouc naturel. Dans le cas des polymères saturés et à la température de la pièce, l'oxygène ne cause que peu de dommage en l'absence de rayons UV.

Tableau 1. Photo-oxydation du polystyrène

Oxygène Pression mm	Radiation UV durée, h.	Oxygène dans le produit, %	Couleur
0	0	0.11	Presque incolore
0	250	0.13	Jaune clair
20	0	0.10	Presque incolore
20	250	0.14	Jaune- orange

Durée totale d'exposition 250 heures à 115-120°C dans tous le cas

National Bureau of Standards, "Polymer Degradation Mechanisms," NBS Circulaire 525, 1953, p. 206-214.

En raison de l'action de synergie exercée par la radiation et l'oxygène, on ajoute généralement aux plastiques destinés à être utilisés à l'extérieur des produits anti-oxydants ainsi que des absorbeurs d'ultraviolet. A condition que l'anti-oxydant n'absorbe pas les rayons UV, cette combinaison d'additifs s'est révélée, pour empêcher le jaunissement du polystyrène sous l'effet

de la radiation, plus efficace que les absorbeurs d'UV seuls. Dans le cas où l'anti-oxydant absorbe la radiation, la dégradation photo-chimique est accélérée; ce fait met en évidence la nécessité de choisir avec soin les additifs.

On pourrait s'attendre à ce que l'irradiation dans l'espace cause aux matériaux organiques des dommages plus importants à cause de la présence de longueurs d'onde UV plus courtes. Avec certains polymères, cependant, les effets sont, en fait, moins nuisibles à cause de l'absence d'oxygène.

Dans le vide, ils sont sujet à la réticulation plutôt qu'à la dépolymérisation, même de sorte que, si le matériau devient fragile, il ne s'évapore pas. On a réussi à produire avec ce type de résines des revêtements qui maintiennent la température des satellites dans des limites déterminées.

Radiation et Chaleur

La radiation à laquelle on se réfère dans cette combinaison est, de nouveau, l'ultraviolette, la radiation infrarouge étant convertie en chaleur. Sous l'influence de l'UV, les réactions de dégradation qui commencent seulement à des températures plus élevées que celles atteintes par exposition naturelle, peuvent se produire à températures beaucoup plus basses. C'est ainsi que le polystyrène chauffé dans le vide reste incolore lorsqu'il se dépolymérise à 320°C. Le polystyrène pré-irradié jaunit rapidement, puis brunit, et finalement noircit à des températures beaucoup plus basses. Le chlorure de polyvinyle se dégrade également beaucoup plus rapidement sous l'effet de la chaleur après ou pendant l'irradiation. Les plastiques qui ont été maintenus trop longtemps à des températures élevées pendant le moulage sont plus prédisposés à la dégradation lorsqu'ils sont exposés aux rayons UV.

Il reste à considérer la combinaison des trois éléments, chaleur, radiation et oxygène. Tel qu'attendu, ensemble, ils causent, plus de dommages que toute combinaison de deux facteurs. Le Tableau 2 illustre ce qui précède.

Tableau 2. Dégradation* du chlorure de polyvinyle

Condition d'exposition	Atmosphère		
	Chaleur	Azote	Oxygène
Radiation			
Aucune	1 h. 150°C	0.0035	0.0043
Lampe soleil	1 h. 150°C	0.009	0.021

*Mesurée d'après la quantité de HCl produite

National Bureau of Standards, "Polymer Degradation Mechanisms," NBS Circulaire 525, 1953, p. 91.

Réduction des Effets de la Radiation

Parce que les effets de la combinaison des éléments sont si nuisibles, il serait possible de réduire les dommages causés aux matériaux organiques de construction si l'on pouvait éliminer ou même seulement minimiser un des facteurs. Les exemples donnés dans les tableaux 1 et 2 montrent que la radiation tend à constituer, dans l'ensemble "chaleur, oxygène et radiation", le facteur le plus important. On peut contrôler la chaleur, mais il est, par contre, impossible d'enlever l'oxygène de l'environnement. Aussi a-t-on exécuté beaucoup de tentatives visant à diminuer la radiation. On peut suivre trois méthodes pour atteindre cet objectif.

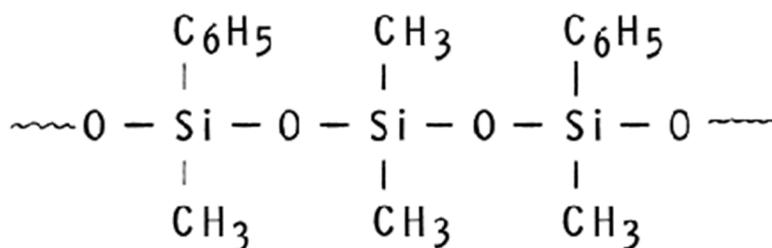


Figure 1.

La première méthode utilisée pour minimiser les effets de la radiation consiste à utiliser des polymères qui ne l'absorbent pas. Comme on l'a exposé dans **CBD 121F**, il est difficile, sauf à l'échelle du laboratoire, d'obtenir une transparence complète. C'est ainsi que le polyéthylène, qui devrait être transparent aux rayons UV, se détériore rapidement lorsqu'il est exposé à l'extérieur. La seconde méthode consisterait à réaliser des polymères à partir de combinaisons d'éléments dont les forces de liaison dépassent l'énergie disponible dans la radiation solaire. La plupart des combinaisons de ce type produisent malheureusement des composés simples, mais non des polymères. Parmi les quelques polymères qu'on peut obtenir, beaucoup sont rapidement décomposés par les autres facteurs, eau et oxygène. Les possibilités de succès de cette méthode sont donc limitées. Les polymères les mieux connus de ce type sont probablement les silicones qui, comme l'indique la Figure 1, possèdent une charpente silicium-oxygène, avec groupes latéraux organiques. La liaison silicium-oxygène n'est brisée que par des radiations de longueur d'onde inférieure à 270 nm, qui ne parviennent pas à la surface de la terre. Les groupes organiques sont nécessaires pour que le matériau possède les propriétés exigées d'un polymère; en leur absence, on a simplement du quartz ou de la silice - SiO₂. Les polymères d'hydrocarbures fluorés constituent un autre exemple. Le fluor ne fait pas partie de la charpente moléculaire (Figure 2), mais la forte résistance des liaisons fluor-carbone des groupes latéraux contribue notablement à leur excellente durabilité extérieure.

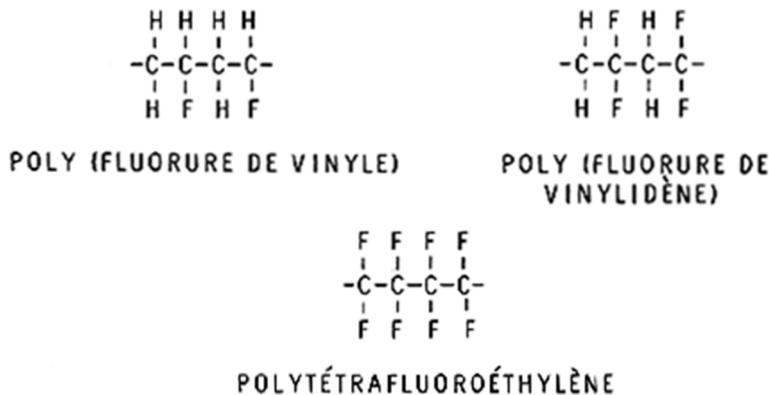


Figure 2.

La dernière méthode, et d'ailleurs la plus utilisée en vue de minimiser les effets de la radiation, consiste à empêcher le polymère d'en absorber. S'il n'est pas nécessaire que le matériau soit transparent, on peut aisément obtenir ce résultat en incorporant des pigments qui reflètent la radiation ou l'absorbent de préférence. La réflexion se produit ordinairement à la surface des pigments à l'intérieur de la résine de sorte que la radiation doit traverser deux fois les couches supérieures. La surface peut, dans ces conditions, subir quelque dégradation, ce qui explique pourquoi les matériaux perdent souvent leur brillance après l'exposition à l'air. Une absorption complète ne peut se produire que si le pigment est noir. L'incorporation de pigments noirs est très efficace; c'est ce qu'indique l'accroissement de durabilité du polyéthylène d'une à 20 années du fait de l'addition d'un pour cent de noir de carbone. Cette couleur n'est cependant pas toujours acceptable. On peut, pour obtenir d'autres couleurs, utiliser des oxydes de titane, de zinc ou de fer, mais il est nécessaire d'employer de plus fortes concentrations.

Si le polymère doit être transparent, il est beaucoup plus difficile de l'empêcher d'absorber de radiation. Il est alors nécessaire d'utiliser des composés qui, en fait, sont des teintures absorbant les UV mais non la lumière visible. Pour qu'il continue à fournir une protection, il faut cependant que le composé, sans être détruit, dissipe l'énergie de façon inoffensive sous forme de chaleur. Comme il est déjà difficile d'obtenir des teintures stables à la lumière visible; il est encore beaucoup plus difficile d'en trouver qui puissent résister à l'énergie supérieure de la radiation UV.

Les composés, peu nombreux, qui donnent satisfaction se nomment absorbeurs de UV ou stabilisateurs. La quantité nécessaire étant fonction de la concentration et de l'épaisseur, leur efficacité est maximale lorsqu'on les utilise dans des matériaux à section épaisse. Un plastique épais de 20 mils pourra ainsi être stabilisé avec 0.5 pour cent d'absorbeur, mais exigera 1 pour cent à 10 mils et 2 pour cent à 5 mils. Cette relation n'est pas strictement linéaire. L'efficacité est réduite dans le cas des concentrations plus élevées, de sorte qu'il faut utiliser des quantités plus grandes que ne l'indique la formule. Appliqués à raison de 1 mil par couche, les revêtements transparents exigent un minimum absolu de 5 pour cent d'absorbeur pour être efficaces sur bois situé à l'extérieur lorsqu'on applique deux ou trois couches. Cette quantité, malheureusement, double presque le coût des matières premières et le produit devient économiquement inabordable. Sous concentrations élevées, en outre, il peut devenir très difficile d'obtenir la compatibilité de l'absorbeur UV et du polymère à protéger.

Une autre complication résulte du fait que l'action des composés précédents est assez sélective. Même les absorbeurs qui sont en étroite relation chimique peuvent présenter de grandes variations d'efficacité avec différentes résines. De nombreux essais sont par suite nécessaires pour déterminer le type et la quantité d'absorbeur qu'il convient d'utiliser avec un polymère donné. Il importe enfin de ne pas perdre de vue le fait que la durée des absorbeurs n'est pas infinie; ils se dégradent lentement, et l'absorption qu'ils sont destinés à empêcher finira toujours par se produire.

Résumé

Ce Digest a étudié l'action de la radiation sur les matériaux organiques de construction lorsqu'elle est combinée avec celle d'autres éléments atmosphériques. La sévérité des dommages grandissant avec les attaques conjuguées, il importe de prendre des mesures préventives destinées à réduire la dégradation à un niveau acceptable. On peut produire des polymères que les UV n'affectent pas, ou incorporer des composés qui absorbent ou réfléchissent les UV. Il appartient naturellement aux producteurs de matériaux d'appliquer ces méthodes; il est cependant important que les concepteurs de bâtiments n'ignorent ni les faits qui précèdent, ni les limitations qu'ils imposent au comportement des matériaux.