

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Gonflements dûs au gel du sol des salles de patinage et des entrepôts frigorifiques Brown, W. G.

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/10.4224/40001104>

Digeste de la construction au Canada, 1967-09-01

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

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=1b792775-811e-494a-ac4e-92a4a8d9af12>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=1b792775-811e-494a-ac4e-92a4a8d9af12>

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-61-F

Gonflements dûs au gel du sol des salles de patinage et des entrepôts frigorifiques

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.

Publié à l'origine en septembre 1967.

W.G. Brown

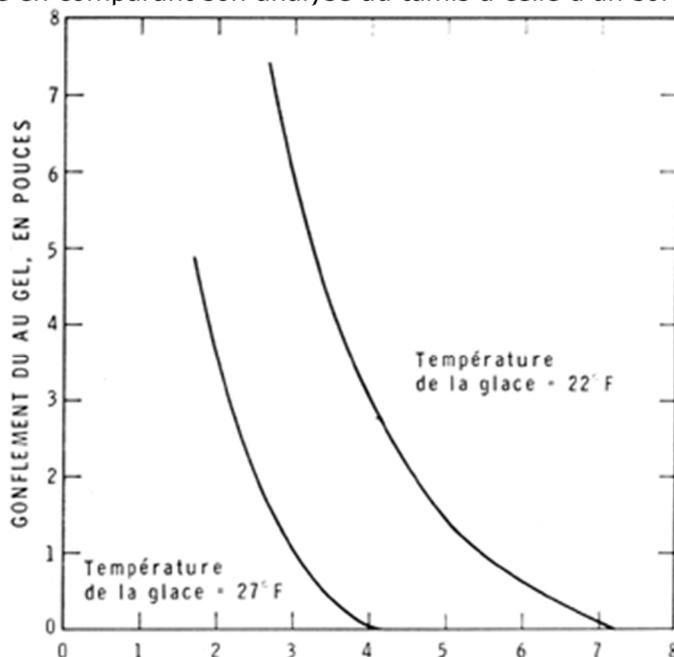
On éprouve souvent, dans les entrepôts frigorifiques ou les salles de patinage, des difficultés dues aux gonflements provoqués par le gel. Il n'est pas rare de rencontrer des pistes de curling présentant 2 à 3 pouces de gonflements irréguliers, et on connaît des entrepôts frigorifiques au centre desquels le sol présentait un gonflement haut de plus d'un pied. Un gonflement uniforme ne gênerait guère les usagers des pistes de patinage ou de curling, mais il importe d'éviter les gonflements irréguliers et de hauteurs différentes. Seule une faible partie de ces gonflements peut être corrigée en utilisant les techniques de fabrication de la glace, et les bâtiments eux-mêmes peuvent subir des dommages. Lorsqu'ils sont utilisés toute l'année, les entrepôts frigorifiques ou les salles de patinage sont destinés, à cause de la formation future de glace, à subir des dommages sérieux si on permet au niveau de congélation d'atteindre un sol humide capable de geler. On étudie dans le présent digeste les méthodes permettant d'éviter ou de pallier ces difficultés. Il importe cependant de remarquer que les inégalités de tassement du sol peuvent résulter d'une mauvaise conception des bâtiments ou de l'emploi d'une main-d'oeuvre incompetente. Il se forme dans les deux cas des inégalités des surfaces du sol et de la glace, entraînant des dommages aux bâtiments.

Mécanisme des gonflements

Les difficultés dues aux gonflements surviennent généralement lorsque les responsables de l'établissement des plans de bâtiments ne connaissent qu'imparfaitement la nature des gonflements dûs au gel. Sans parler de la nécessité de températures inférieures au point de congélation, le gonflement ne peut se produire que si les deux conditions suivantes, étudiées dans la brochure **CBD 26F**, sont simultanément satisfaites:

1. existence d'un matériau à fine texture (sol) à travers lequel l'humidité peut cheminer;
2. existence d'une source d'eau.

Dans les sols à texture fine, tels que limons et argiles, l'humidité est continuellement attirée vers le niveau de congélation où elle forme des lentilles de glace. Ces lentilles soulèvent mécaniquement la terre qui les recouvre, causant ainsi des gonflements à la surface du sol. Il importe de noter que ce type de gonflement, dû à la formation de lentilles de glace, est sans rapport avec le changement de volume, considérablement plus faible, de l'eau qui gèle in situ. D'une manière générale, contrairement aux sables à grosse texture et aux graviers, les sables fins, les limons et les argiles sont susceptibles de se gonfler. La susceptibilité d'un terrain au gel peut souvent être déterminée en comparant son analyse au tamis à celle d'un sol connu



pour posséder cette propriété. PROFONDEUR EN PIEDS D'UN REMBLAYAGE NON SUSCEPTIBLE AU GEL

Figure 1. Gonflement dû au gel: valeur maximale pouvant se présenter à la fin d'une période froide de 6 mois (température moyenne hors-saison: 60°F)

Pour illustrer l'importance des gonflements dûs au gel pouvant naître sous les patinoires, on a reporté dans la figure 1 les gonflements maximaux possibles après six mois de service dans le cas d'un sous-sol d'argile saturée, recouvert d'un remblayage d'épaisseur variable, bien drainé et insensible au gel. Les deux courbes représentées concernent des températures de la glace de 22 et 27 degrés F, la moyenne de température hors-saison dans le bâtiment étant de 60°F. On ne saurait trop insister sur le fait que les conditions supposées - extrême susceptibilité du sol au gel et niveau élevé d'eau - ne se rencontrent que rarement en pratique, et peut-être même jamais. Les gonflements dûs au gel indiqués sur la figure 1 représentent donc seulement des limites supérieures. La température de la saumure du réseau de réfrigération est en outre ordinairement inférieure de 4 à 5 degrés F à la température de la glace. Tenant compte de ce qui précède, on trouve qu'il peut survenir un gonflement atteignant 5½ pouces sous une piste de glace à 22°F, avec un sol épais de 3 pieds insensible au gel surmontant des matériaux qui y sont sujets.

Méthodes de prévention des gonflements dûs au gel

Dans le cas où l'on peut choisir entre plusieurs emplacements il convient d'en sélectionner un dont le sol soit insensible au gel. D'autres considérations imposent cependant très souvent un certain choix. Il s'impose alors de prendre les mesures nécessaires pour prévenir la production de gonflements dûs au gel. Il existe deux méthodes de base pour obtenir ce résultat. On peut remplacer par un autre le sol sensible au gel. On peut aussi prévenir le gel par un apport de

chaleur ou la pose d'isolants. On peut enfin conjuguer l'application de ces deux méthodes. Il faut de plus ne négliger aucun effort pour assurer le drainage maximal.

On peut classer les pistes et les entrepôts frigorifiques en deux catégories d'après leur genre d'utilisation: saisonnière ou continue. Sous les bâtiments en utilisation continue la profondeur de pénétration du gel peut atteindre des dizaines de pieds. Elle dépend de la température prévue par les constructeurs à l'intérieur des bâtiments, de la température moyenne de l'air extérieur, et de la surface d'assise du bâtiment. Dans le cas du service saisonnier, le niveau du gel s'abaisse normalement en hiver de plusieurs pieds à l'intérieur du sol, pour remonter ensuite pendant l'été. Pour simplifier l'exposé, on traitera ci-après les deux cas séparément.

Utilisation continue d'un bâtiment à des températures inférieures au point de congélation

La figure 2 indique la distribution de température qui se présenterait, après plusieurs années de service, sous un bâtiment long et étroit de largeur w . Dans le cas particulier étudié, on suppose que la température moyenne annuelle du sol est de 48°F (Ottawa) et que la température du bâtiment est maintenue à -10°F (entrepôt frigorifique) ou 22°F (piste de patinage). Dans le cas de l'entrepôt frigorifique, le niveau de congélation (32°F) se trouve à une profondeur de $1,16 w$ sous le centre du bâtiment, et, pour la piste de patinage, à une profondeur de $0,36 w$. Il en résulte que, pour une largeur de bâtiment de 60 pieds, la profondeur maximale du gel sous le centre serait de 70 pieds pour l'entrepôt frigorifique et 22 pieds pour la patinoire. Pour d'autres températures intérieures et extérieures, on pourrait aisément déduire de la figure 2 la distribution des températures. Il suffirait de remarquer qu'on a indiqué dix courbes de température constante, et que la différence de température entre deux courbes quelconques est le dixième de la différence entre la température du bâtiment (sol ou glace) et la température annuelle moyenne du sol. Au point de vue général des problèmes thermiques du sol, il est également utile de noter que la chaleur s'écoule toujours perpendiculairement aux courbes de température constante entre la surface du sol à l'extérieur et le sol du bâtiment.

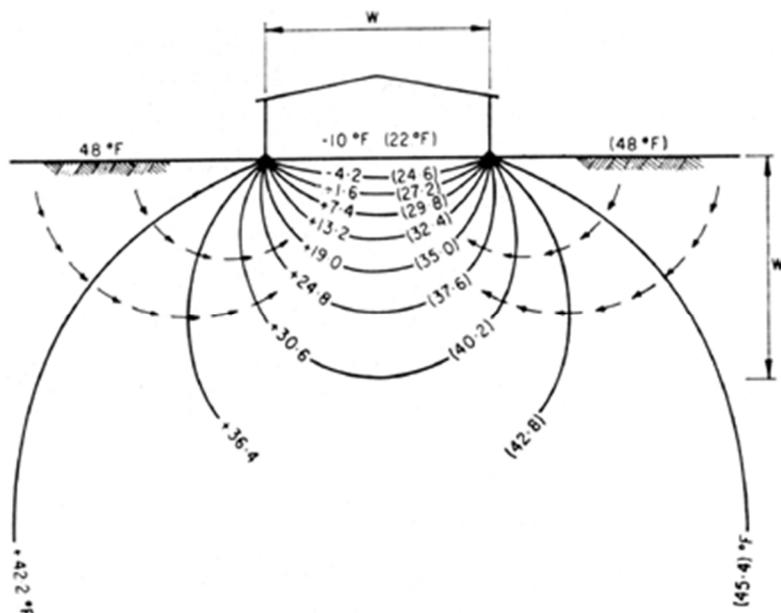


Figure 2. Régime des températures au sol sous un entrepôt frigorifique maintenu à -10°F ou 22°F dans une région où la moyenne annuelle de température au sol est de 48°F (les flèches indiquent la direction du flux de chaleur)

Emploi d'isolants pour prévenir le gel du sol

Dans l'exemple précédent, il ne serait pas économique de remplacer le sol des régions gelées par des matériaux insensibles au gel. On doit donc viser à réduire les profondeurs nécessaires par l'emploi d'isolants et par un apport de chaleur. On aura une idée des effets de l'isolation en notant qu'en régime permanent, un pouce d'isolant équivaut thermiquement à environ deux pieds de sol. On pourrait donc éviter tout gel en utilisant 35 pouces d'isolant sous l'entrepôt frigorifique, et seulement 11 pouces sous la patinoire. Les bords du bâtiment exigent en fait une isolation moindre, de sorte qu'en réalisant un profil effilé, on pourrait réduire respectivement à 24 et 7 pouces les épaisseurs moyennes nécessaires. On ne doit pas perdre de vue que seuls des isolants de haute qualité, imperméables à l'humidité, conviennent pour pose sous le niveau du sol; aussi les dépenses à envisager interdisent-elles ordinairement leur emploi en d'aussi grandes quantités.

Emploi de dispositifs de chauffage du sol

On peut prévenir la pénétration du niveau de gel dans le sous-sol tout en maintenant à l'intérieur des bâtiments les conditions désirées, en fournissant de la chaleur pour compenser celle que soustrait le système de réfrigération. La quantité de chaleur nécessaire et le coût d'installation du système de chauffage peuvent être réduits par la pose, entre les conduites de chaleur et le sol des bâtiments, d'une couche isolante ou d'une épaisseur équivalente de matériaux de remblayage insensibles au gel. En combinant isolation et chauffage, on peut quelquefois échapper à tout remplacement des sols sensibles au gel. Mais tout en laissant dans de nombreux cas la place nécessaire pour le système de chauffage, l'emploi d'un ou deux pieds de sol insensible au gel procure généralement en outre un drainage convenable du terrain. Les considérations économiques doivent guider le choix final des plans à adopter.

Le tableau I donne les températures calculées des conduites et les besoins en débits de chaleur pour un système à air chaud destiné à prévenir le gel sous une couche d'isolant épaisse de 3 pouces. Les canalisations, d'un diamètre de 8 pouces, sont espacées de 10 pieds, les axes étant disposés à 1 pied sous la couche isolante. Un pouce d'isolant équivalant thermiquement à deux pieds de sol, on obtiendrait le même résultat en plaçant les conduites sous 6 pieds de remblayage. Pour d'autres diamètres de conduites et modes d'espacement, le lecteur appliquera la méthode de calcul donnée dans la publication NRC 5095; c'est celle qu'on a suivie pour calculer les valeurs du tableau I.

Tableau I. Températures de conduites et débit de chaleur nécessaires pour prévenir le gel sous des bâtiments a basses températures

(Plancher en béton d'une épaisseur de 4 pouces, couche isolante de 3 pouces (équivalant à 6 pieds de sol), conduites d'un diamètre de 8 pouces espacées de 10 pieds, axes situés 1 pied en-dessous du fond de la couche isolante)

Température au sol dans le bâtiment, en degrés F	20	10	0	-10
Température des conduites, en degrés F	41	48	56	63
Débit de chaleur* par pied linéaire de conduite, en Btu/h.	11	20	30	39

* Le débit de chaleur étant indépendant de la dimension de la conduite, les chiffres indiqués s'appliquent à toute conduite ou câble électrique.

Patinoires et utilisation saisonnière

La profondeur maximale du gel sous une piste dépend de la température de la glace, de la durée de la saison de gel, de la température moyenne de l'air dans le bâtiment pendant la période de fermeture en été, et, à un degré moindre, des propriétés thermiques du sol. La figure 3 résume les résultats du calcul. Elle donne, pour un matériau moyen à texture grossière, et pour deux températures de la glace (22 et 27°F) la profondeur maximale de

pénétration du gel en fonction de la durée de la saison de gel et de la température moyenne hors-saison de l'air dans le bâtiment.

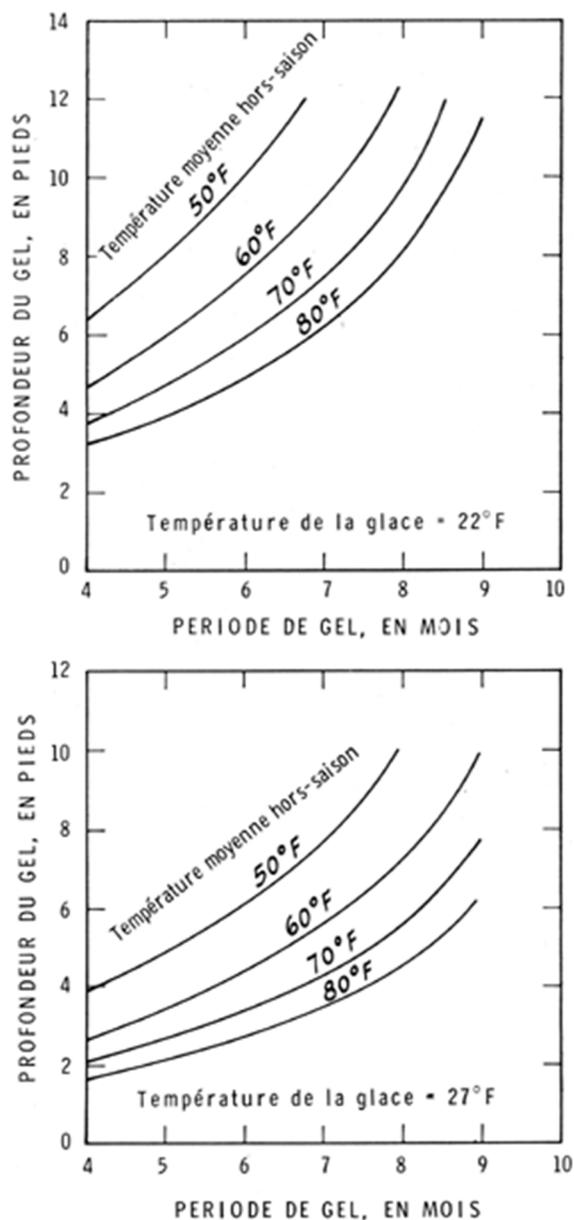


Figure 3. Pénétration du gel sous les patinoires

Il importe particulièrement de remarquer à la figure 3 que, pour les conditions moyennes régnant au Canada, (température moyenne hors-saison d'environ 60°F), la profondeur de gel pour une température de la glace de 22°F se situe entre 7 pieds pour une saison de six mois et 12 pieds pour une saison de huit mois. Pour une température de la glace de 27°F, les profondeurs correspondantes sont respectivement 4 et 7 pieds. L'importance des excavations et remblayages nécessaires dans le cas d'un sol sensible au gel peut donc être réduite considérablement en maintenant une température de la glace aussi élevée que possible.

Il n'est pas nécessaire que le niveau de gel ne pénètre jamais dans un sous-sol sensible au gel. Il ressort par exemple de la figure 1 qu'en employant seulement 5 pieds de remblayage pour

une piste à 22°F, on observe seulement un gonflement maximal de 1,5 pied. Il convient de se rappeler que la figure 1 correspond à des conditions d'une rigueur inhabituelle.

Isolement et systèmes de chauffage du sol

On peut utiliser soit l'isolation, soit le chauffage du sol pour prévenir ou limiter dans leur étendue les gonflements dûs au gel. Dans chaque cas particulier cependant, comme on l'a indiqué à propos du service continu d'un bâtiment à des températures inférieures au point de congélation, les avantages économiques de chaque solution doivent être pesés.

Réduction des difficultés causées par les gonflements dûs au gel et extension de la saison d'utilisation

En augmentant la température de la glace pendant les mois les plus froids, on peut obtenir sur des pistes existantes une certaine réduction des gonflements dûs au gel. La figure 3 montre en outre qu'on peut réduire la pénétration du gel en augmentant la température dans le bâtiment pendant la période hors-saison. Si, par exemple, les gonflements dûs au gel se produisent dans le cas d'un remblayage de 5 pieds (ou 2½ pouces d'isolement), l'augmentation de 60 à 80°F de la température moyenne de l'air hors-saison devrait éliminer les gonflements. Il est également clair qu'on peut utiliser un chauffage supplémentaire pour prolonger la période d'utilisation. C'est ainsi qu'en portant à 80°F la température hors-saison, on peut obtenir, au lieu de six mois, une durée d'utilisation de sept et demi à huit mois. La meilleure méthode pour élever hors-saison la température moyenne de l'air consiste probablement à fondre la glace et à chauffer en fin de saison le sol gelé en faisant circuler de la saumure chaude dans les canalisations.

Conclusion

A condition de comprendre le mécanisme des gonflements dûs au gel, on peut, à un coût raisonnable, prévenir les difficultés qu'ils entraînent. Pour les établissements en service continu à des températures inférieures au point de congélation, il est probable que la solution la plus satisfaisante consiste dans un apport de chaleur. Dans le cas d'une utilisation saisonnière, l'emploi conjugué d'un remblayage insensible au gel et de matériaux isolants semble être préférable.