

CARACTÉRISTIQUES DU SOL - MOUVEMENTS DU SOL DUS AU GEL

Régie du bâtiment du Québec

La partie réglementaire de cette fiche technique a été approuvée par la Régie du bâtiment du Québec.

En cas de disparité entre cette fiche et la réglementation en vigueur, cette dernière a priorité.



GARANTIE
CONSTRUCTION RÉSIDENNELLE

4101, rue Molson, bureau 300
Montréal (Québec)
H1Y 3L1

Téléphone : 514 657-2333
Sans frais : 1 855 657-2333
Info@GarantieGCR.com

Politique d'utilisation :
toute reproduction même
partielle doit être autorisée
préalablement par GCR

Référence au **Code de construction du Québec, Chapitre I - Bâtiment**, et Code national du bâtiment - Canada 2015 (modifié) (ci-après nommé Code)

Cette fiche sert à expliquer les problèmes liés aux mouvements du sol dus au gel et d'introduction à d'autres fiches qui paraîtront ultérieurement concernant la conception des fondations d'ouvrages en contrebas du sol comme les cours anglaises, les fondations en gradins (terrain en pente) et le drainage de ce type d'ouvrage.

À moins d'indications contraires, tous les extraits et références du Code proviennent de la division B.

Il est malheureusement encore fréquent de nos jours de constater des dommages causés par l'action du gel des sols aux fondations, tels que les murs des cours anglaises, les descentes d'escaliers extérieurs non couvertes ou les murs de soutènement. Cette fiche sert donc à mettre en lumière les problèmes potentiels liés aux mouvements du sol dus au gel.

Il est important de considérer les caractéristiques du sol afin de prendre les mesures nécessaires pour empêcher les mouvements ou à tout le moins en réduire les effets sur le bâtiment.

Par conséquent, les propriétés des sols sur lesquels la fondation sera construite sont encore et toujours les données essentielles à connaître avant de construire.

CARACTÉRISTIQUES DES SOLS

Le Code nous informe sur le fait que des mesures doivent être prises lors de la construction des fondations afin de prévenir les dommages potentiels dus aux mouvements de terrain (*figure 9.4.4.4. - 01.1*).

Figure 9.4.4.4. - 01.1

Extrait du Code

9.4.4.4. Mouvements de terrain

1) Dans les zones où les mouvements du sol dus aux variations de la teneur en eau du sol, au gel et à l'oxydation chimique et microbiologique peuvent causer des dommages aux bâtiments, des mesures doivent être prises lors de la construction des fondations pour empêcher de tels mouvements ou pour en réduire les effets sur le bâtiment de manière à ne pas porter atteinte à sa stabilité ou à la performance des ensembles de construction (voir la note A-9.4.4.4. 1)).

Pour prendre des mesures concernant les mouvements de terrain, il faut d'abord en connaître la nature.

Les sols sont classés en fonction de leur granulométrie (dimensions des particules qui les composent). On distingue trois groupes : les sols granulaires (à gros grains, sans cohésion), les sols cohérents (à grains fins, cohésifs) et les sols organiques.

Les argiles sont composées de particules ultra-fines et très actives (sols cohérents) tandis que le sable et le gravier contiennent des particules plus grossières (sols granulaires). Notons qu'il existe naturellement de nombreux types de sols composés de mélanges de particules de dimensions différentes et qui sont nommés en fonction de la prédominance de celles-ci. Par exemple, des argiles sablonneuses ou des sables limoneux (*figure 9.4.4.4 - 01.2*).

Figure 9.4.4.4. - 01.2

Classification (système unifié)

• Argile :	< 0,002 mm
• Silt :	de 0,002 mm à 0,075 mm
• Sable fin :	de 0,075 mm à 0,425 mm
• Sable moyen :	de 0,425 mm à 2,00 mm
• Sable grossier :	de 2,00 mm à 4,75 mm
• Gravier fin :	de 4,75 mm à 19,00 mm
• Gravier grossier :	de 19,00 mm à 75,00 mm
• Cailloux :	de 75,00 mm à 300,00 mm
• Blocs :	> 300,00 mm

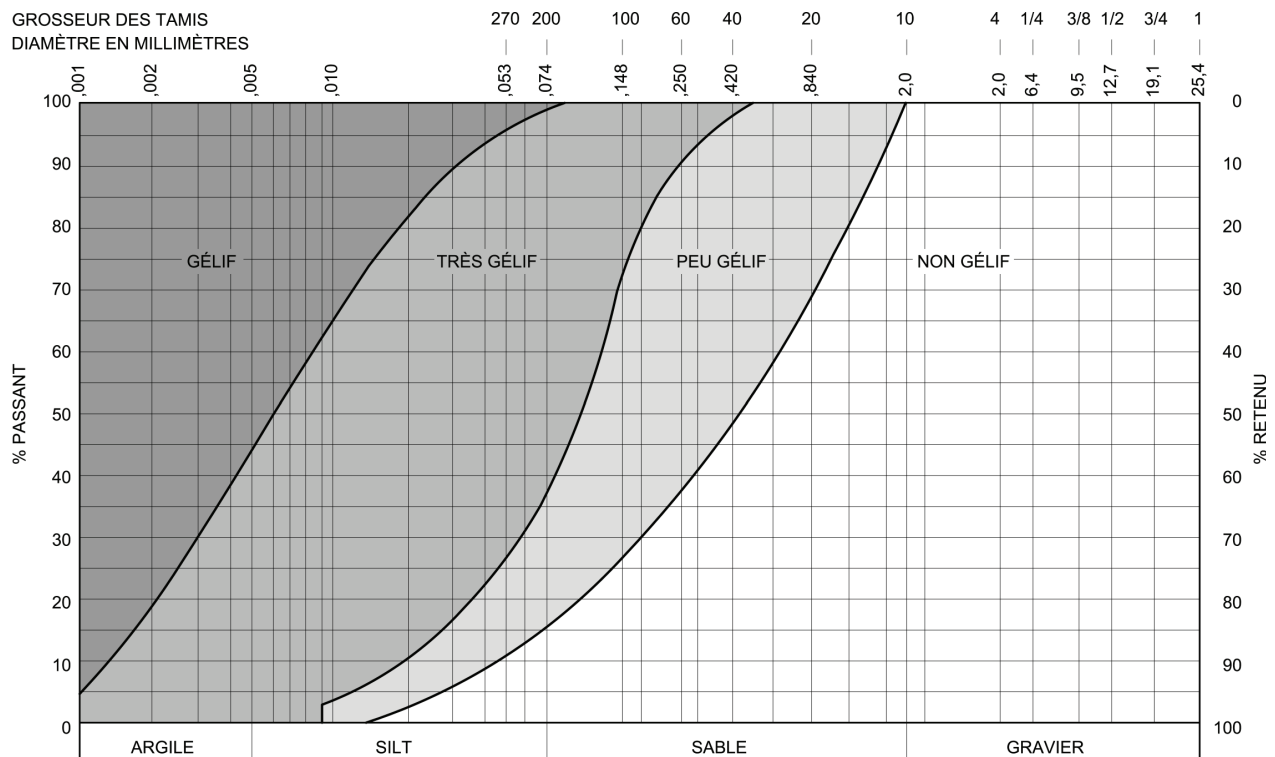
Les propriétés mécaniques des sols sont grandement affectées par leur teneur en eau et leur granulométrie. Ces facteurs influent considérablement le comportement au gel des sols.

Nous appelons les sols ayant une plus grande propension au gel; des sols gélifs. Cela signifie que ces types de sols peuvent augmenter de volume sous l'effet du gel par la formation de lentilles de glace en fonction de leurs propriétés thermiques et de leur teneur en humidité.

Lors d'une analyse, les professionnels tiendront compte de différents facteurs comme la teneur en particules fines, le coefficient d'uniformité, la perméabilité et la dimension de grain moyen pour déterminer la gélivité des sols.

Figure 9.4.4.4. - 01.3

Classification des sols gélifs [Guide de construction et d'entretien des chaussées]



PROFONDEUR MINIMALE DES FONDATIONS

La profondeur des fondations sous le niveau du sol fini doit être établie en fonction de l'indice de gel du secteur, du type de sol, de la capacité de drainage de ce dernier et si le sol est contigu à un espace chauffé ou non chauffé (figure 9.4.4.4. - 01.4).

Figure 9.4.4.4. - 01.4

Extrait du Code

Tableau 9.12.2.2.
Profondeurs minimales des fondations
 Faisant partie intégrante du paragraphe 9.12.2.2. 1)

Type de sol	Fondations délimitant un sous-sol ou un vide sanitaire chauffé ⁽¹⁾		Fondations ne délimitant aucun espace chauffé ⁽²⁾	
	Bon drainage du sol	Mauvais drainage du sol	Bon drainage du sol	Mauvais drainage du sol
Roche	Aucune limite	Aucune limite	Aucune limite	Aucune limite
Sol à forte granulométrie	Aucune limite	Aucune limite	Aucune limite	Sous la limite de pénétration du gel
Silt	Aucune limite	Aucune limite	Sous la limite de pénétration du gel ⁽³⁾	Sous la limite de pénétration du gel
Argile ou sol non défini ⁽⁴⁾	1,2 m ⁽³⁾	1,2 m	Au moins 1,2 m ou jusqu'à la limite de pénétration du gel si cette valeur est supérieure ⁽³⁾	Au moins 1,2 m ou jusqu'à la limite de pénétration du gel si cette valeur est supérieure

(1) Fondations non isolées pour réduire les pertes de chaleur par les semelles.

(2) Y compris les fondations isolées pour réduire les pertes de chaleur par les semelles.

(3) Pour assurer un bon drainage du sol, au moins jusqu'à la limite de pénétration du gel.

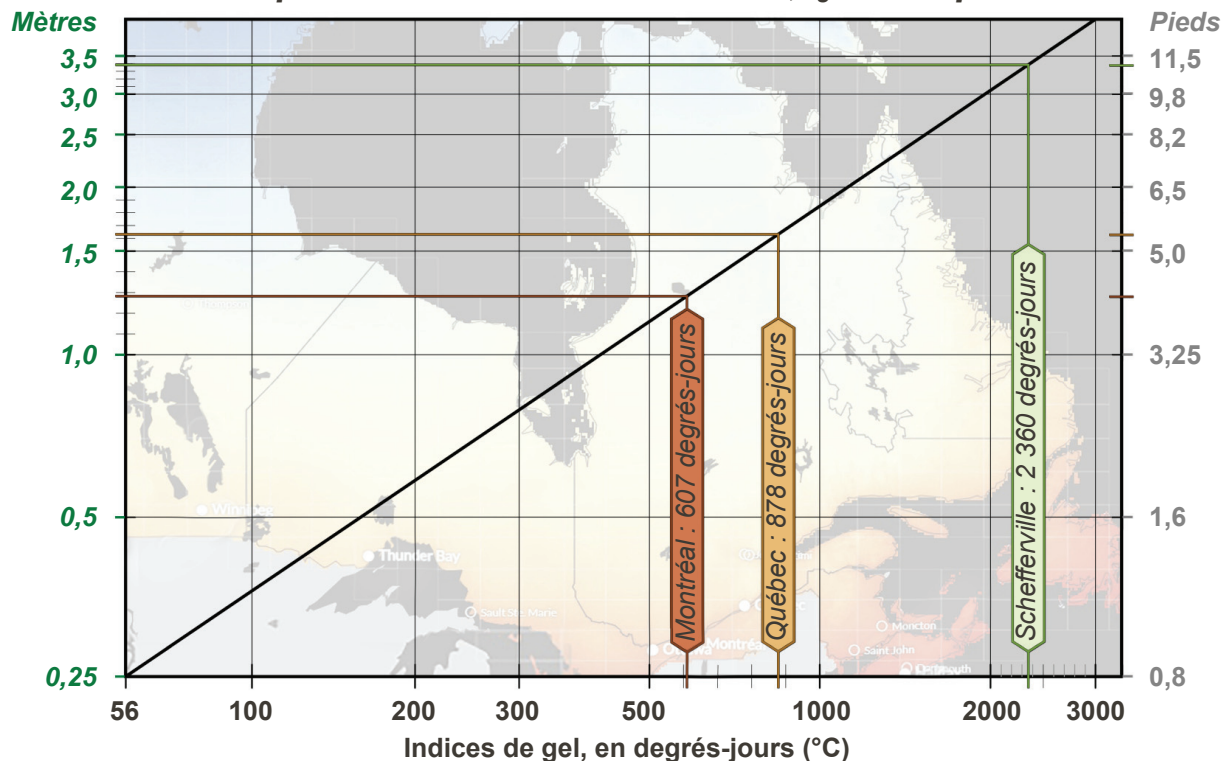
(4) Voir la note A-Tableau 9.12.2.2.

*Bien que le Code nous informe sur la profondeur minimale des fondations au **tableau 9.12.2.2.**, il est important de savoir que la limite de pénétration du gel est variable selon l'indice de gel (degré-jour de gel) de chaque localité et de la composition granulométrique du sol. Il serait donc prudent de prévoir la profondeur des semelles en fonction de ces données.*

(Source pour les degrés-jours de gel, Atlas climatique du Canada : <https://atlasclimatique.ca/>)

Pénétration du gel selon la municipalité

[réf. Guide illustré de l'utilisateur - CNB 2015, figure 9.12.-3]



LES PROBLÉMATIQUES

Soulèvement dû au gel

Les sols présentant une granulométrie plus fine comme l'argile, les sables fins et les limons (silts) risquent de se soulever suite à la formation de lentilles de glace dues au gel alors que les sols à granulométrie plus grossière comme le sable et le gravier seront moins enclins au soulèvement en fonction de l'humidité qu'ils contiennent.

De ce fait, une structure légère non chauffée reposant sur des sols gélifs pourra se voir soulevée par le gel si les précautions pour empêcher la pénétration du gel sous l'ouvrage ne sont pas mises en place ou si l'ouvrage ne repose pas sous la limite de pénétration du gel.

Soulèvement par congélation adhérente

Lorsque des sols gélifs sont soumis au gel, il peut se développer un phénomène appelé congélation adhérente qui se résume en une très forte liaison entre les sols gelés et les éléments de structure remblayés comme des murs de fondation ou des piliers de support.

Cette forte liaison combinée à la poussée vers le haut de la couche gelée pourra produire une telle tension que l'élément se soulèvera ou se fracturera sous l'effet de la congélation adhérente (*figure 9.4.4.4. - 01.5*).

Précisons que ce phénomène sera plus fréquent aux endroits qui sont bien déneigés et qui éliminent par le fait même le facteur isolant que procure le couvert de neige. De plus, les murs ou les éléments remblayés avec un matériel gélif et qui ne sont pas adjacents à un espace chauffé seront aussi plus sujets au soulèvement par congélation adhérente.

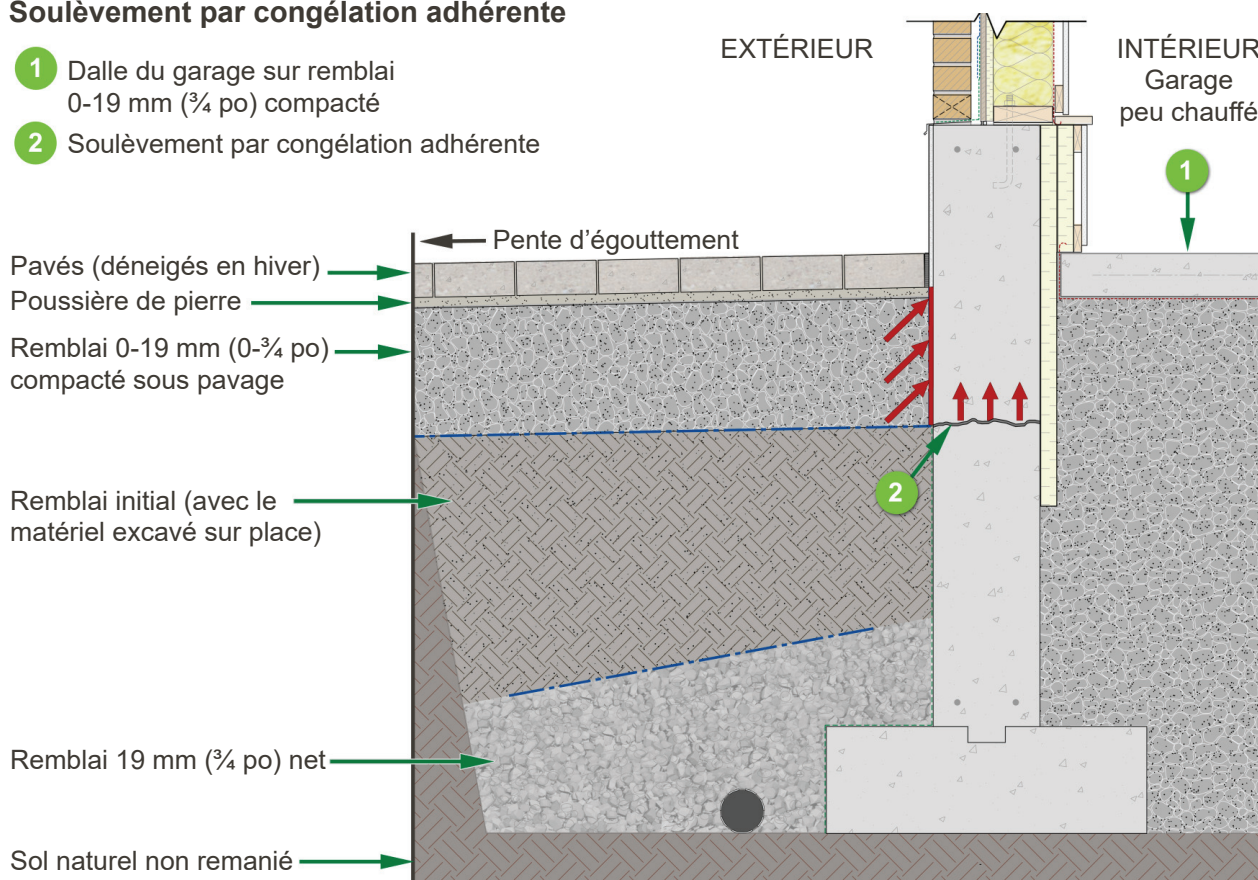
De ce fait, il est possible d'observer ce phénomène sur des murs extérieurs de garage attenant à une maison puisque ces derniers sont peu chauffés, ont très peu de perte de chaleur avec l'isolation en place et les surfaces adjacentes aux murs sont bien déneigées.

Il est alors très important de bien choisir le matériel de remblai au périmètre de l'ouvrage et d'assurer un drainage efficace au niveau des semelles ainsi qu'une bonne gestion des eaux de surface.

Figure 9.4.4.4. - 01.5

Soulèvement par congélation adhérente

- 1 Dalle du garage sur remblai 0-19 mm (¾ po) compacté
- 2 Soulèvement par congélation adhérente

**LES SOLUTIONS**

Il est possible d'éviter le soulèvement par le gel ou par congélation adhérente en appliquant des principes assez simples.

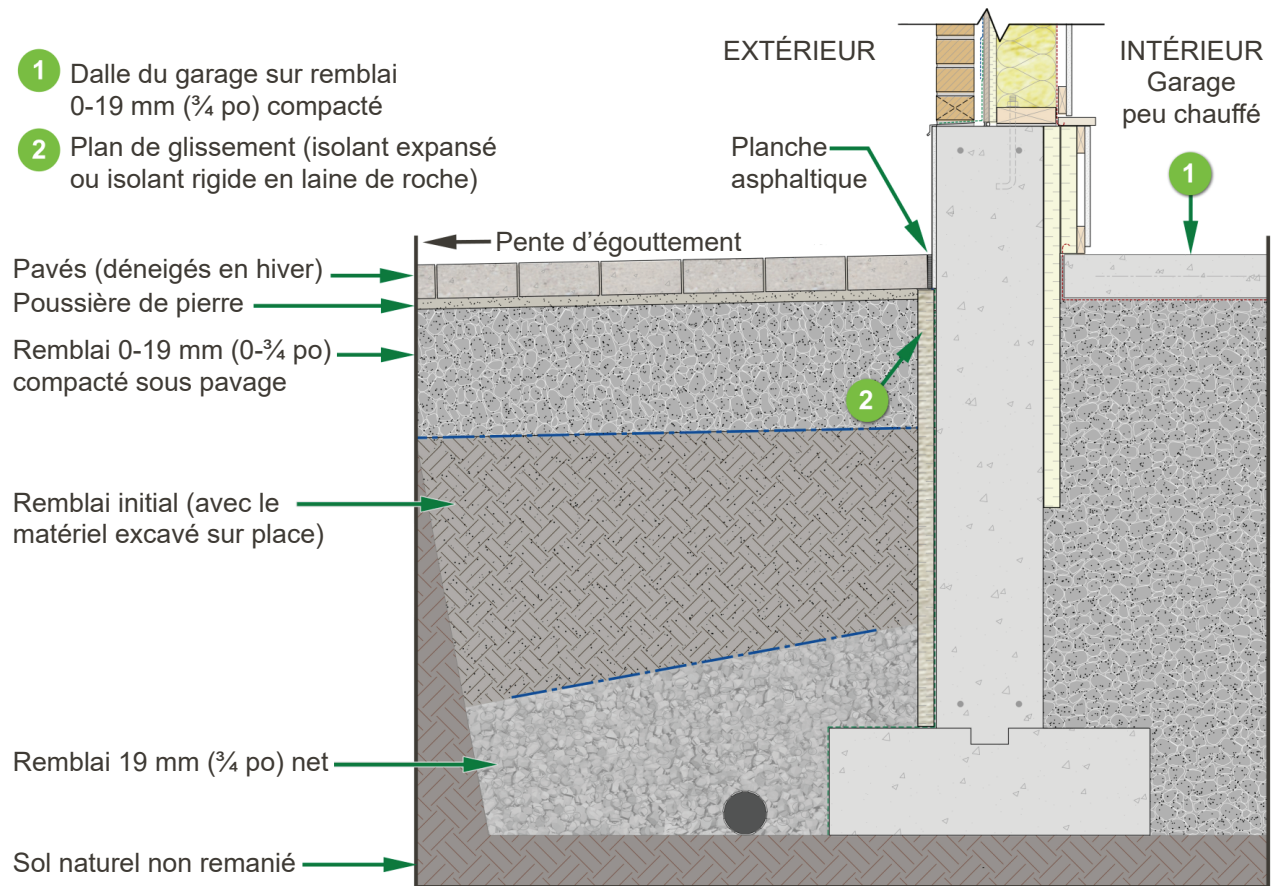
Lorsque l'on connaît la nature des sols et la profondeur de pénétration du gel de l'emplacement, il est possible de :

- ✓ Construire les semelles des fondations sous la limite de pénétration du gel.
- ✓ Séparer le sol contigu de la structure remblayée (plan de glissement ou couche séparatrice) (figure 9.4.4.4. - 01.6).
- ✓ Empêcher le gel de descendre par l'utilisation d'une épaisseur suffisante d'isolant le cas échéant (figure 9.4.4.4. - 01.7).
- ✓ Assurer un bon drainage au pied des fondations.
- ✓ Remblayer avec un matériel de remblai non gélif drainé.
- ✓ Assurer une bonne gestion des eaux de surface en aménageant des pentes positives à proximité des ouvrages en béton.

Note : Le plan de glissement ou couche séparatrice consiste à installer un matériau de séparation entre le sol et la structure pour empêcher l'adhérence et le liaisonnement du sol gélif à la structure. Un isolant de fibre de verre, de roche ou autres matériaux du même type (résistant à l'humidité, compressible, imputrescible, etc.) peut faire office de plan de glissement [référence note A-9.4.4.4. 1) du Code].

Dans le cas d'un élément comme un pilier de support de forme cylindrique, l'installation de deux épaisseurs d'une membrane de type polyéthylène sera efficace pour empêcher l'adhérence et agir comme plan de glissement.

Figure 9.4.4.4. - 01.6

Plan de glissement / couche séparatrice**PROTECTION CONTRE LE GEL D'UNE FONDATION**

Extrait du Manuel Canadien d'ingénierie des fondations

« Il peut arriver qu'il soit impossible de placer les surfaces portantes des fondations sous le niveau de conception de pénétration du gel.

Certaines conditions comme une nappe phréatique élevée ou une pénétration de gel, que l'on prévoit particulièrement profonde, peuvent rendre l'excavation impraticable.

Dans ce genre de situation, on peut améliorer un recouvrement de sol trop faible par la mise en place de matériaux isolants. »

Pour la limite de pénétration du gel, il existe une règle empirique (règle du pouce) qui permet de déterminer l'épaisseur d'isolant requis pour protéger une structure du soulèvement par le gel (selon le Digests de la construction au Canada, CBD 128F).

Autrement, il est possible de calculer l'épaisseur d'isolation requise (référence, Manuel canadien d'ingénierie des fondations).

Note : Il faut installer un isolant prévu pour une utilisation extérieure et résistant à l'humidité et avec une résistance à la compression adéquate dans le cas d'une installation sous les semelles.

Selon le manuel canadien d'ingénierie des fondations, il faut que l'isolant soit recouvert d'au moins 300 mm de matériaux de remblai et qu'il se prolonge d'au moins 1 200 mm au-delà du bâtiment.

Règle empirique: (conversion métrique des données du Digests qui est en système impérial)

Installer 25 mm (1 po) d'isolant par 538 degrés-jours Celsius (1000 degrés-jours Fahrenheit) de gel

(Source pour les degrés-jours de gel, Atlas climatique du Canada : <https://atlasclimatique.ca/>)

Figure 9.4.4.4. - 01.7

Exemples de calculs avec la méthode de la règle empirique

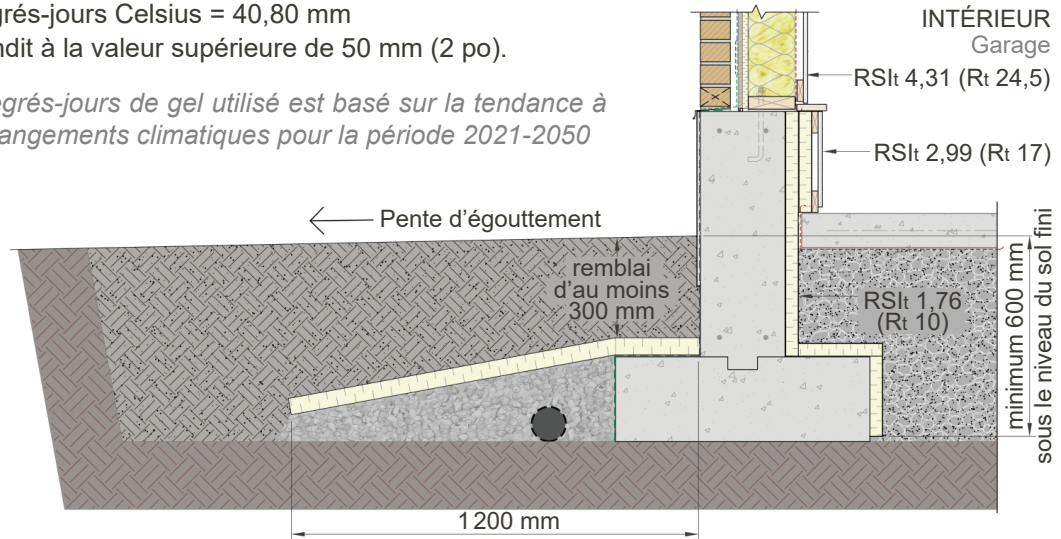
Prendre note que les illustrations des exemples de calculs **ne constituent pas** une stratégie prescrite par la **partie 9** du Code, et doivent être validées par un professionnel en vertu de la **Partie 4** du code.

Dans une ville comme **Québec** où le nombre de degrés-jours de gel est d'environ 878 degrés-jours Celsius, il faudrait installer 50 mm (2 po) d'isolant pour empêcher le gel de descendre.

Calculs (règle de trois) :

Si 538 degrés-jours Celsius (1000 degrés-jours Fahrenheit) = 25 mm (1 po) d'isolant,
alors 878 degrés-jours Celsius = 40,80 mm
que l'on arrondit à la valeur supérieure de 50 mm (2 po).

Le nombre de degrés-jours de gel utilisé est basé sur la tendance à la hausse des changements climatiques pour la période 2021-2050

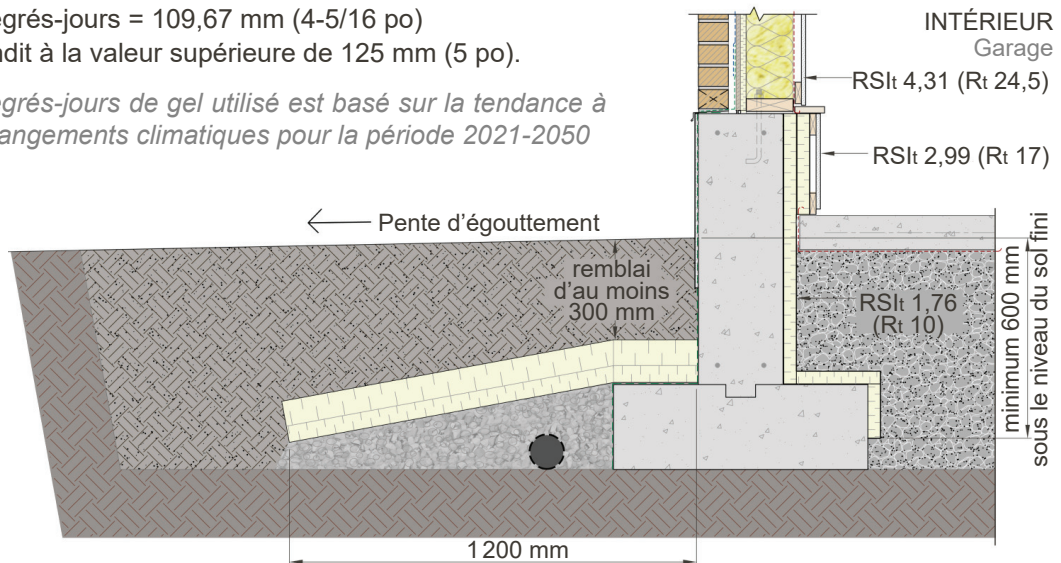


Cependant, si on regarde une ville comme **Schefferville**, avec environ 2360 degrés-jours Celsius de gel, il faudrait installer 125 mm (5 po) d'isolant pour empêcher le gel de descendre.

Calculs (règle de trois) :

Si 538 degrés-jours Celsius (1000 degrés-jours Fahrenheit) = 25 mm (1 po) d'isolant,
alors 2360 degrés-jours = 109,67 mm (4-5/16 po)
que l'on arrondit à la valeur supérieure de 125 mm (5 po).

Le nombre de degrés-jours de gel utilisé est basé sur la tendance à la hausse des changements climatiques pour la période 2021-2050



CONCLUSION

En identifiant le type de sol en place et en analysant ses caractéristiques, il devient facile de prendre les précautions qui s'imposent en présence de sols gélifs.

Il va sans dire que ces vérifications doivent être faites très tôt dans le processus d'élaboration du projet afin d'intégrer les données recueillies lors de la conception des fondations et de choisir de façon éclairée la stratégie à adopter en fonction des sols en place.

RÉFÉRENCES

Garantie de construction résidentielle (GCR)

<https://www.garantiegcr.com/fr/entrepreneurs/fiches-techniques/>

Code de construction du Québec, Chapitre I – Bâtiment, et Code national du bâtiment – Canada 2015 (modifié)

Digeste de la construction au Canada

Division des recherches en construction, Conseil national de recherche du Canada
CBD 128F - Congélation adhérente et soulèvement des fondations dû au gel

Manuel canadien d'ingénierie des fondations, 4e éditions

Société canadienne de géotechnique 2013

Guide de construction et d'entretien des chaussées

AQTR, G.-Robert Tessier, 1990

*Cette fiche est basée sur l'état des connaissances disponibles au moment de son élaboration et ne constitue pas un avis ou un conseil technique. Elle est fournie uniquement à titre informatif et l'utilisateur assume donc l'entière responsabilité des conséquences pouvant résulter de l'utilisation de ladite fiche. En effet, il lui appartient de se référer, le cas échéant, à toute ressource appropriée à son projet. Conséquemment, GCR se dégage de toute responsabilité à cet égard. **Les illustrations** contenues dans les fiches techniques constituent une des façons de remplir les exigences du Code de construction. Il est possible que les détails des concepteurs diffèrent de ce qui est indiqué aux fiches techniques et qu'ils soient conformes au Code de construction.*



COMMUNIQUEZ AVEC NOUS!

Garantie de construction résidentielle
4101, rue Molson, bureau 300
Montréal (Québec) H1Y 3L1

Téléphone : 514 657-2333
Sans frais : 1 855 657-2333
Info@GarantieGCR.com