

1. INTRODUCTION

Les constructions résidentielles sont composées de nombreux éléments en béton : semelles et murs de fondation ou murs hors sol, dalles de sous-sol et de garage et terrasses en sont quelques exemples. La performance de tous ces éléments en béton dépend de facteurs diversifiés allant des conditions d'exposition à la qualité des matériaux et l'expertise de la main-d'œuvre.

2. DESCRIPTION DES ÉLÉMENTS

2.1 FONDATIONS ET MURS

Les fondations comprennent des semelles filantes et isolées (*footing*) et les murs. Les semelles servent à répartir les charges sur le sol et sont requises sous les murs, les piliers ou les poteaux, les foyers et les cheminées. Elles doivent reposer sur un sol non remanié par l'excavation ou la circulation d'équipement et exempt de racines, de souches et de matières organiques (figure 1). Elles peuvent également reposer sur la roche ou un remblai granulaire bien compacté¹. Le fond de toute excavation doit être préservé du gel durant les travaux². Pour assurer la liaison entre les semelles et les murs de fondations, un joint mécanique (ou une clé) est recommandé entre les deux éléments (figure 2).

Il est nécessaire d'installer une protection contre l'humidité sur la face extérieure des murs de fondation au-dessous du niveau du sol³ représentant la partie remblayée. Le plus souvent, l'imperméabilisant utilisé est constitué d'une émulsion de bitume appliquée à chaud ou à froid. Il faut porter une attention particulière à l'application continue et à l'adhérence de cet imperméabilisant avec le béton.

En présence d'une pression hydrostatique, il faut imperméabiliser la surface. Dans cette situation, il est possible d'utiliser des membranes autocollantes et celles composées de matières plastiques pour imperméabiliser.

Pour une plus grande efficacité énergétique, il est possible de réaliser les murs de fondation en coffrage permanent isolant (figures 3 et 4). Ces murs de fondation nécessitent une membrane autocollante ou préfabriquée en matière plastique pour la partie remblayée.



FIGURE 1 Semelles reposant sur un sol non remanié

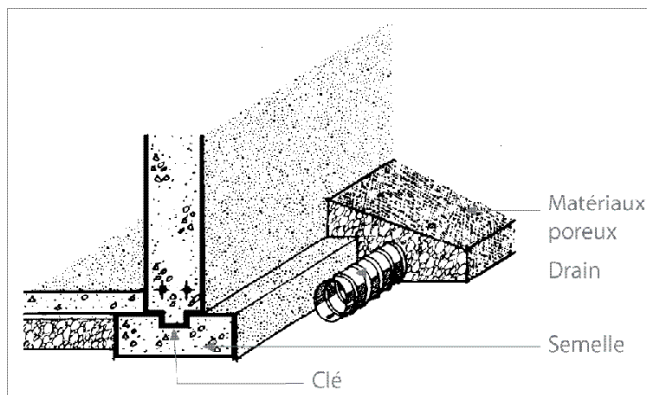


FIGURE 2 Clé et drain

1 Article 9.15.3.2. du CNB (référence 8.4)

2 Article 9.12.1.3. du CNB (référence 8.4)

3 Article 9.13.2.1 du CNB (référence 8.4).



FIGURE 3 Mise en place du béton dans des coffrages isolants

2.2 DALLES

La dalle du sous-sol est protégée des intempéries tandis que la dalle de garage est soumise à l'effet des sels déglacants provenant de la fonte de la neige agglomérée aux voitures. Quant à la dalle extérieure, elle est en plus sujette aux cycles de mouillage/séchage et de gel/dégel. Il est donc nécessaire d'utiliser un béton de meilleure durabilité pour les dalles intérieures et extérieures du garage que pour celles du sous-sol.



FIGURE 4 Fondation résidentielle en coffrage isolant

2.3 BALCONS, ESCALIERS ET TERRASSES

Les éléments tels que les balcons, les escaliers et les terrasses fabriqués en béton sont exposés aux intempéries et sont également sujets à l'application de sels déglacants⁴. Le béton destiné à ces éléments doit aussi avoir une meilleure durabilité. Il est recommandé de laisser le béton sécher à l'air pendant une période d'au moins un mois après la fin de la cure, avant qu'il soit exposé à des produits chimiques de déglacage.

2.4 RECOMMANDATIONS

Le tableau 1 décrit les caractéristiques du béton frais et durci selon les exigences de la Garantie Construction Résidentielle (GCR) pour les différents éléments de béton résidentiel. La norme ne spécifie pas les affaissements du béton. Ces valeurs doivent être spécifiées lors de la commande du béton selon la méthode de mise en place choisie. Généralement, un affaissement de 120 ± 30 mm avec superplastifiant est à privilégier.

TABLEAU 1 : Exigences du béton selon la norme CSA A23.1-19, la GCR et le CNB 2020

Éléments	Classe de béton CSA A23.1	Résistance à la compression à 28 jours (MPa)			Rapport E/L			Teneur en air (%)			Grosseur nominale maximale du gros granulat ^(a) (mm)
		CSA	GCR	CNB	CSA	GCR	CNB	CSA	GCR	CNB	
Semelles des fondations	R-1	25	20	15	0,55	0,70	0,70	4 à 7	sans air	3 à 6	20
Murs de fondation	R-2	25	20	15	0,55	0,70	0,70	4 à 7	4 à 7	4 à 7	20
Dalles de sous-sol (intérieures)	R-3	25	25	20	0,55	0,65	0,65	sans air	sans air	sans air	20
Dalles de garage (intérieures et extérieures)	C-2	32	32	32	0,45	0,45	0,45	5 à 8	5 à 8	5 à 8	20
Balcons, escaliers et galeries	C-2	32	32	32	0,45	0,45	0,45	5 à 8	5 à 8	5 à 8	20
Terrasses extérieures et bords de piscine	F-1	30	30	^(b)	0,50	0,50	^(b)	5 à 8	5 à 8	^(b)	20
Murs dans les coffrages isolants	N	25 ^(c)			0,60 ^(c)			Avec ou sans air			14

Note:

(a) La grosseur nominale maximale du granulat est généralement de 20 mm, mais la dimension peut être diminuée pour permettre l'usage de pompes, de petit diamètre et pour la mise en place dans des éléments minces.

(b) Aucune exigence particulière propre au CNB 2020. Se référer à la CSA A23.1-19

(c) Valeurs provenant de la pratique courante.

⁴ Il est recommandé d'utiliser des abrasifs (par exemple sable et gravillons) en remplacement des sels déglacants sur le béton.

2.5 CERTIFICATION DES USINES DE BÉTON

La majorité des producteurs de béton du Québec détiennent une certification du Bureau de Normalisation du Québec (BNQ) attestant que le béton fabriqué et livré par les usines est conforme aux normes de qualité en vigueur (référence 8-3 et 8-5). L'ABQ recommande que tous les bétons destinés aux différents éléments résidentiels énumérés au tableau 1 soient certifiés BNQ 2621-905. Une copie du certificat de conformité de l'usine productrice de béton peut être jointe à la soumission.

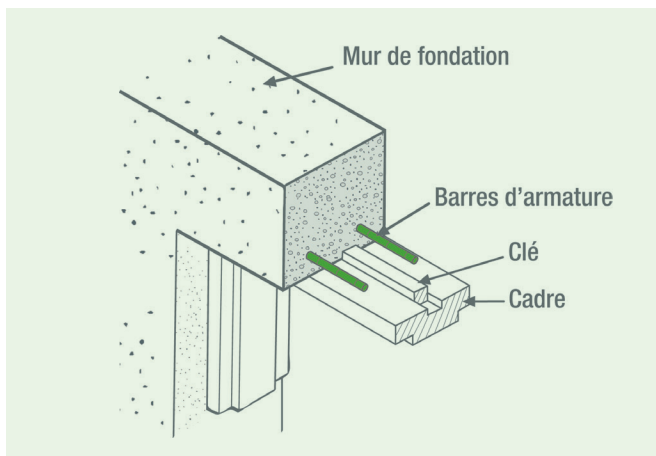


FIGURE 5 Armature au périmètre d'une ouverture dans une fondation



FIGURE 6 Durcissement du béton frais dans les coffrages

3. FACTEURS AFFECTANT LA QUALITÉ DES ÉLÉMENTS EN BÉTON

3.1 FAIBLE CAPACITÉ PORTANTE DU SOL

Une étude des sols doit être effectuée pour s'assurer que la dimension des semelles de fondations est appropriée à la capacité portante du sol. L'excavation doit être nivelée jusqu'au dessous de la semelle sous laquelle le sol doit demeurer non remanié.

3.2 MAUVAISE PIERRE DANS LES REMBLAIS

Au Québec, les granulats destinés aux fondations doivent être certifiés « db » (pour dalle de béton). La pierre de remblai doit être certifiée selon la norme NQ 2560-500 et le protocole NQ 2560-510. Le bordereau de livraison des granulats provenant de la carrière atteste cette certification par un numéro. Sur demande, l'entrepreneur peut obtenir une attestation de conformité du fournisseur de granulats.

3.3 INSUFFISANCE DE L'ARMATURE

Des barres d'armature doivent se retrouver sur le périmètre des ouvertures (portes et fenêtres) dans les murs de fondation (figure 5).

3.4 INSUFFISANCE DE JOINTS

Il faut prévoir des joints de fissuration à intervalles d'au plus 15 m dans les murs de fondation qui ont une longueur supérieure à 25 m. Ceux-ci doivent être conçus pour être étanches à l'humidité et empêcher le déplacement relatif des parties du mur au droit des joints⁵.

Par contre, une bonne pratique voudrait que l'on prévoie un joint dans le mur de fondation lorsque sa longueur est supérieure à 5 m linéaires. On localise les joints à la demi-longueur du mur ou dans l'axe latéral de l'ouverture (porte ou fenêtre). Ceux-ci devraient avoir une profondeur totale égale au quart de l'épaisseur du mur, et ils devraient être réalisés au même endroit sur les faces intérieure et extérieure du mur ou seulement sur la face extérieure. Les joints dans la face extérieure du mur devraient être remplis d'un produit de scellement injectable compatible avec tout matériau d'imperméabilisation ou d'étanchéisation installé et avec l'isolation.

3.5 UTILISATION INAPPROPRIÉE DES COFFRAGES

Tous les coffrages doivent être construits solidement de façon à supporter la pression exercée par le béton frais lors de la mise en place. Les coffrages doivent demeurer en place au minimum 24 heures (idéalement 3 jours) après la fin du bétonnage (figure 6).

3.5 MISE EN PLACE INADÉQUATE

La mise en place du béton devrait être faite de façon continue afin d'éviter les joints froids et la cure devrait suivre sans délai. L'ajout excessif d'eau au chantier provoque du ressuage, de la ségrégation et une baisse des propriétés mécaniques et de durabilité du béton (figure 7). Pour faciliter la mise en place, il est plutôt recommandé d'ajouter du superplastifiant afin d'augmenter l'affaissement. Il est à noter que le ressuage excessif peut aussi être causé par l'application du béton frais directement sur une membrane imperméable⁶.

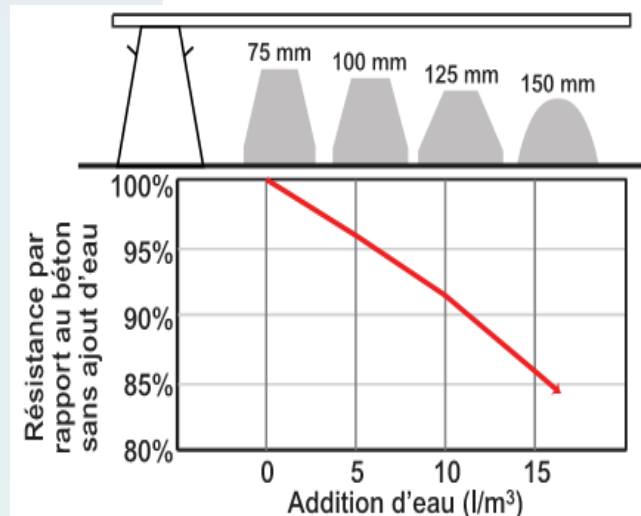


FIGURE 7 Effet des ajouts d'eau sur la résistance du béton

3.6 MAUVAISES PROTECTIONS DU BÉTON

Lorsque le béton est mis en place par temps froid, il est plus vulnérable au gel. Il faut donc appliquer des protections supplémentaires lors de la mise en place et de la cure du béton. Il est recommandé d'utiliser un béton avec air entraîné afin d'améliorer la maniabilité pour la mise en œuvre du béton, mais aussi pour prévenir les effets des cycles de gel/dégel à jeune âge⁷. L'utilisation d'un accélérateur de prise peut également être requise. Il est à noter que l'utilisation de coffrages isolants facilite la mise en place du béton par temps froid.

4. BONNES PRATIQUES RECOMMANDÉES

4.1 PRÉPARATION DES SURFACES

Il faut enlever la neige et la glace avant de placer le béton sur une surface quelconque. Le béton ne doit pas être coulé sur sol ou matériau gelé, ni sur de la boue, une nappe d'eau ou de la neige.

Le chlorure de calcium ou d'autres sels de déglacage ne doivent pas être utilisés comme agents de déglacage dans les coffrages ou sur la fondation granulaire.

4.2 MANUTENTION, MISE EN PLACE ET CONSOLIDATION DU BÉTON

Le béton doit être coulé le plus près possible de son emplacement final de façon à éviter les joints de reprise. Le déplacement latéral du béton à l'aide d'une aiguille vibrante ou d'une pelle (« ramer ») est à proscrire afin d'éviter la ségrégation. Pour augmenter la fluidité du béton au-delà de l'affaissement spécifié, l'utilisation d'un superplastifiant est requise.

Dans le cas des murs de fondation, la hauteur de chute doit être limitée à 2,5 m afin d'éviter la ségrégation et la réduction de la teneur en air du béton. Afin d'éviter la ségrégation, il est recommandé d'utiliser une trompe d'éléphant pour limiter la chute libre et le déplacement horizontal du béton lors de la mise en place. La coulée doit être effectuée d'une façon continue en levées horizontales à peu près égales ne dépassant pas 1,2 m.

Le béton doit être consolidé adéquatement dans les coffrages, autour des éléments noyés et des armatures afin d'éliminer les nids d'abeille. Pour ce faire, l'utilisation d'aiguilles vibrantes est à privilégier. Une insertion de 5 à 10 secondes dans le béton produira généralement une consolidation adéquate. Afin d'assurer un bon mariage du béton à l'interface de deux couches successives, l'aiguille vibrante ou le bourroir doit dépasser la dernière couche et pénétrer dans la partie supérieure de la couche placée immédiatement avant.

Pour diverses raisons pouvant retarder la coulée de nouvelles couches, il est conseillé de bouger légèrement le béton pour empêcher que la couche de surface se durcisse. Pour ce faire, il est possible d'utiliser un vibreur à béton. S'il n'y a pas d'armatures, il est possible d'utiliser une petite pelle à béton, un 2 po x 4 po que l'on introduira et ressortira dans un mouvement ascendant et ascendant. Il ne faut pas malaxer le béton.

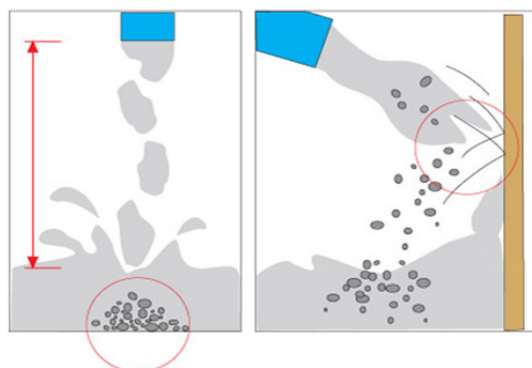


FIGURE 8 Actions causant la ségrégation (référence 8.6)

⁶ Lorsqu'une membrane imperméable est utilisée, se référer à la section 5.2 de la publication de l'ACI 302.1R

⁷ Pour obtenir de plus amples renseignements sur les conditions de mise en place hivernale, se référer au Technobéton n° 12.

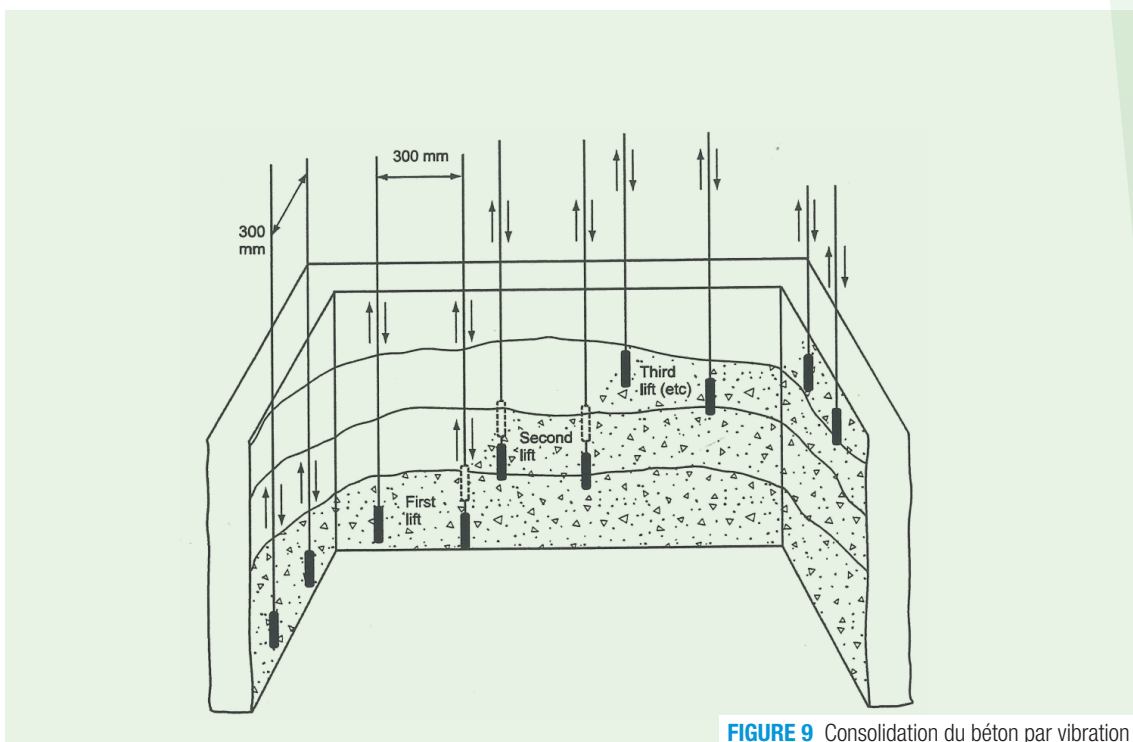


FIGURE 9 Consolidation du béton par vibration

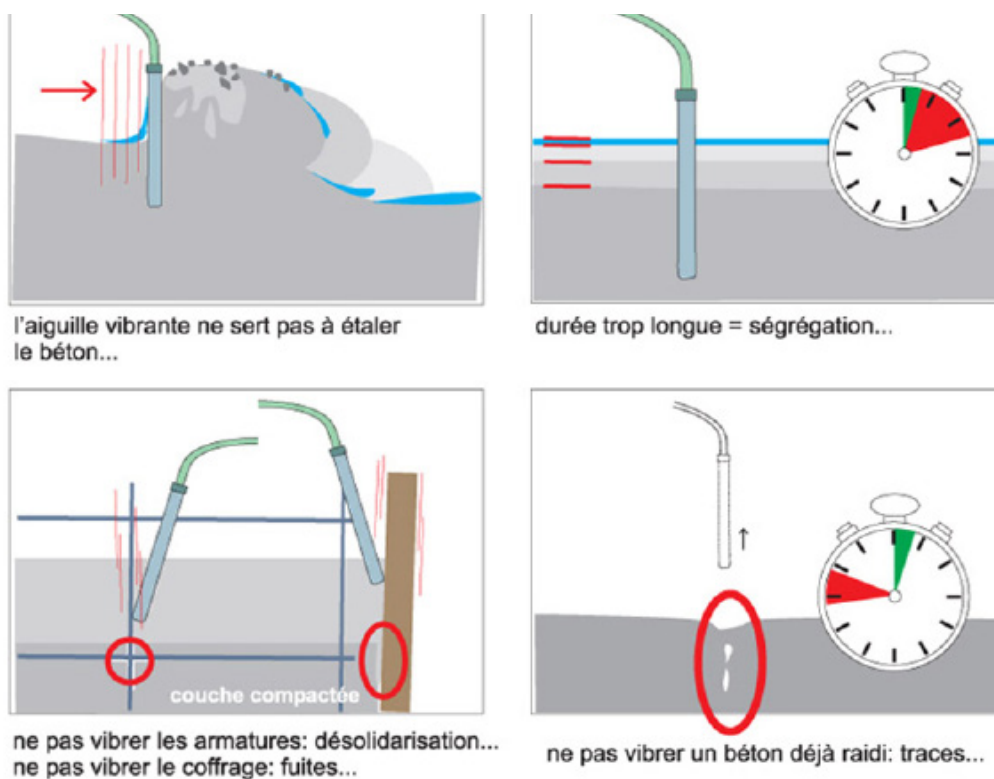


FIGURE 10 Mauvaise utilisation des aiguilles vibrantes

4.3 CURE DU BÉTON ET REMBLAYAGE DES FONDATIONS

Les bonnes pratiques recommandées par l'Association provinciale des constructeurs d'habitations du Québec (APCHQ⁸) pour la cure du béton et le remblayage des fondations sont les suivantes :

- > Le remblai des fondations ne doit être effectué qu'après une cure du béton d'au minimum 5 jours en été et de 7 jours durant la saison froide. Avant ce laps de temps, le béton n'a pas la résistance minimale voulue pour retenir les poussées latérales exercées par le sol de remblai. Un délai plus court est permis si la structure du plancher est complétée, cette dernière offrant un support supplémentaire aux murs de fondation.
- > Il faut s'assurer que les béliers ou pelles mécaniques et la méthode de remblai n'exercent pas de trop grande pression sur le mur de fondation. Par exemple, il faut éviter de pousser la terre directement à angle droit contre le mur de fondation. De même, les équipements ne doivent pas trop s'approcher du mur, car leur poids et les vibrations produites y exercent une pression qui peut s'avérer dommageable pour le mur de fondation⁹.
- > La pression des pierres peut parfois endommager l'enduit bitumineux et même causer la fissuration de la fondation. Les remblais effectués à moins de 600 mm (24 pouces) des fondations ne doivent pas contenir de pierres ou de débris plus gros que 250 mm (10 pouces).

4.4 DRAINAGE DES SOLS

Selon l'APCHQ, il est possible de favoriser le drainage du sol en planifiant judicieusement le remblayage en périphérie des fondations :

- > aligner la partie profonde doit être remblayée avec un matériau poreux (pierre nette) pour un écoulement efficace vers le drain périphérique (drain français) ;
- > le remblai de finition et la couche supérieure du remblai doivent être plus compacts et en pente. Ainsi, l'eau est retenue dans la partie plus étanche avant d'être éloignée des fondations en suivant la pente du sol.

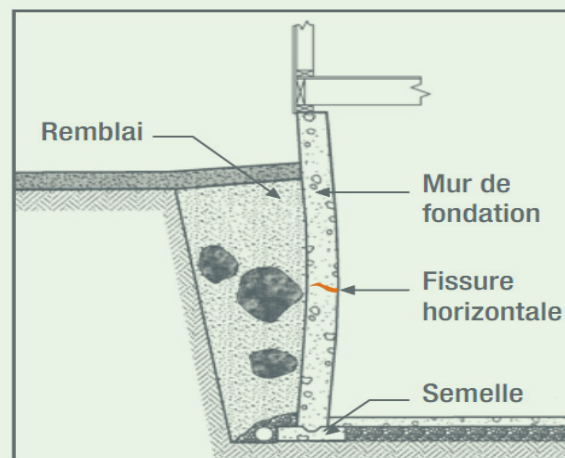


FIGURE 11 Pression des pierres sur le mur de fondation

4.5 SANTÉ ET SÉCURITÉ

L'ajout de dispositifs qui amèneraient une charge supplémentaire à la bétonnière est proscrit. Un dispositif peut être ajouté seulement s'il n'est pas supporté par la bétonnière et qu'il n'apporte aucune charge supplémentaire à celle-ci. Enfin, la bétonnière ne doit pas circuler à moins de 3 mètres d'une tranchée.

Pour ces raisons de santé et sécurité (figure 12) et d'efficacité sur les chantiers, le pompage du béton devrait être la méthode de manutention à privilégier. Dans ce cas précis, le coulis ou le mortier de lubrification (barbotine) ne doit pas être déversé dans les coffrages.

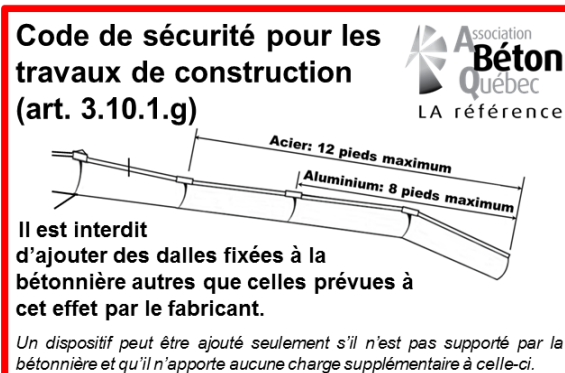
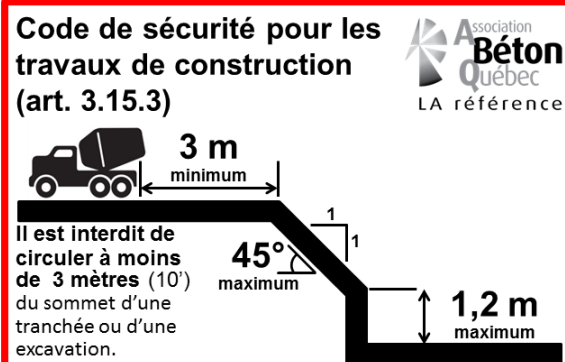


FIGURE 12 Éléments de sécurité en chantier

8 Pour obtenir de plus amples renseignements sur les recommandations de l'APCHQ, se référer au site Internet www.apchq.com.

9 Ces spécifications proviennent de l'article 9.12.3.1 du Code national du bâtiment (référence 8.4).

5. FISSURATION

Des pratiques inadéquates de mise en place et de cure, plus spécifiquement des ajouts excessifs d'eau au chantier, favorisent l'apparition de fissures aléatoires¹⁰. Les fissures peuvent aussi être causées par une absence, un manque ou une mauvaise localisation des joints¹¹. Selon le type d'ouvrage et les conditions d'exposition, il peut être nécessaire de colmater ces fissures afin d'éviter l'infiltration d'eau à l'intérieur des fondations de béton.

Voici les différents types de fissures qui peuvent se produire dans les éléments résidentiels en béton :

5.1 FISSURES DE RETRAIT AU SÉCHAGE

Le séchage du béton provoque un retrait qui amène souvent l'apparition de fissures. Il est recommandé d'effectuer des joints de retrait pour mieux contrôler le développement de ce type de fissures.

5.2 FISSURES THERMIQUES

Les fissures thermiques résultent d'un écart de température important entre le béton à jeune âge et la température ambiante. Elles apparaissent principalement lors de travaux hivernaux, lorsque le béton est décoffré trop tôt ou lors de l'absence ou de l'insuffisance de cure¹².

5.3 FISSURES DE TASSEMENT

Les fissures de tassement peuvent résulter d'une semelle sous-dimensionnée selon la capacité portante du sol, d'une capacité portante non uniforme, d'un sol remanié, d'une compacité déficiente du remblai granulaire ou de la présence de sol organique.

5.4 FISSURES STRUCTURALES (NON RELIÉES AU SOL)

Les fissures structurales sont associées à un béton fragilisé par :

- > les opérations de remblayage lorsque les équipements de terrassement circulent trop près des murs et que le temps de durcissement du béton est incomplet ;
- > un manque de protection lorsqu'il est soumis à des conditions climatiques défavorables.

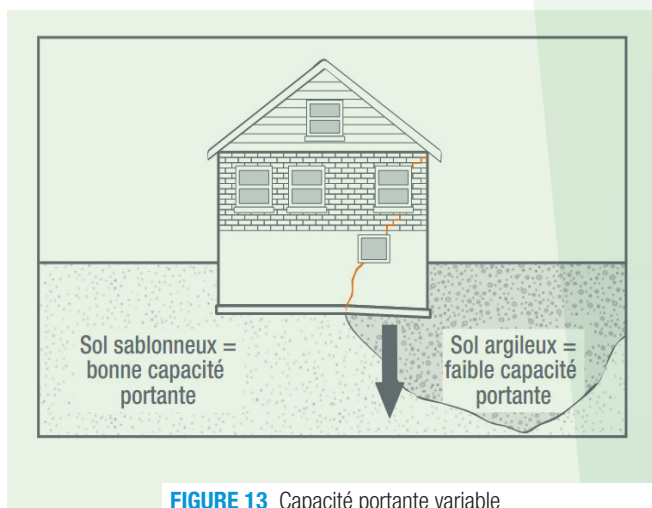


FIGURE 13 Capacité portante variable

¹⁰ Pour obtenir de plus amples renseignements sur la fissuration non structurale du béton, se référer au Technobéton n° 4.

¹¹ Pour obtenir de plus amples renseignements sur les joints dans les dalles de béton, se référer au Technobéton n° 6.

¹² Pour obtenir de plus amples renseignements sur le bétonnage par temps froid et la cure du béton, se référer aux Technobétons n° 12 et n° 8

6. GARANTIE CONSTRUCTION RÉSIDENTIELLE (GCR)

La GCR – un organisme sans but lucratif (OSBL) unique – gère désormais l'accréditation des entrepreneurs en construction conformément aux nouvelles règles établies par le Plan de garantie des bâtiments résidentiels neufs. L'organisme indépendant procède aussi à l'inspection des chantiers, à diverses étapes. Ainsi, il s'assure que les propriétés pour lesquelles la GCR offre un plan de garantie soient construites en respectant les critères de qualité de construction généralement reconnus au Québec.

C'est aussi la GCR qui émet le certificat de garantie et qui reçoit les demandes de réclamations des acheteurs de propriétés neuves visées par le Plan et qui veille à leur suivi.

Le plan de garantie obligatoire assure l'exécution de certaines obligations de la part de l'entrepreneur et couvre uniquement les bâtiments résidentiels entièrement neufs suivants :

- > Maison unifamiliale isolée, jumelée ou en rangée;
- > Bâtiment multifamilial de deux à cinq logements non détenus en copropriété divise (intergénérationnelle, duplex, triplex, etc.);
- > Bâtiment multifamilial détenu en copropriété divise (condos) comptant quatre parties privées superposées ou moins.

6.1 EXIGENCES CONCERNANT LES BÂTIMENTS VISÉS PAR LA GCR

La garantie exige que le béton utilisé et livré le soit par une usine détenant un certificat de conformité délivré par le Bureau de normalisation du Québec (BNQ), selon le protocole de certification BNQ 2621-905. Les exigences sur le béton se retrouvent dans le tableau 1. Il est à noter que la taille du granulat peut être diminuée dans les éléments minces ou lors de l'usage d'une pompe de petit diamètre.

Sur le bordereau de livraison, les informations suivantes doivent être indiquées:

- > Indication que l'usine de béton est certifiée BNQ 2621-905;
- > Numéro de certificat de l'usine;
- > Nom et adresse de l'usine de béton;
- > Date et numéro de série de bordereau;
- > Nom de l'entrepreneur;
- > Identification particulière du chantier (nom et endroit);

- > Classe et identification du béton;
- > Quantité de béton en mètres cubes;
- > Numéro du camion, total cumulatif et (ou) numéro de chargement;
- > Heure du chargement ou du début du malaxage du ciment et des granulats;
- > Affaissement et teneur en air commandés;
- > Heure d'arrivée de la charge au chantier;
- > Heure du début du chargement;
- > Heure de la fin du déchargement;
- > Quantité d'eau ajoutée après le dosage et unités utilisées;
- > Quantité d'adjuvant ajoutée après le dosage.

6.2 RÉCEPTION DU BÉTON

Lors de la réception du béton livré d'une usine certifiée, l'entrepreneur doit:

- > Recueillir et conserver les originaux de tous les bons de livraison de béton pour l'adresse concernée. Ces derniers pourraient être demandés ultérieurement par la garantie obligatoire;
- > Vérifier que les informations consignées au bordereau sont conformes à la commande;
- > Signer le bordereau s'il permet l'une des actions suivantes:
 - > Ajout d'eau pour atteindre un affaissement au-delà de celui spécifié. Cette approche est fortement déconseillée. Il est recommandé d'utiliser un superplastifiant afin d'augmenter la fluidité du béton;
 - > Permettre le déchargement de la bétonnière au-delà de 120 min.

7. RECOMMANDATIONS

- > Connaître les conditions de sol du site.
- > Éviter de remanier le sol sous les fondations.
- > Spécifier un béton adapté à l'élément à construire.
- > Prévoir des joints lorsque nécessaire.
- > Utiliser des coffrages et de l'armature adéquats.
- > Exiger un ajout de superplastifiant plutôt que de l'eau pour faciliter la mise en place
- > Consolider suffisamment le béton lors de la mise en place.
- > Respecter la période de cure du béton avant de procéder au décoffrage et au remblayage.
- > Imperméabiliser les fondations de manière appropriée.
- > S'assurer d'un drainage suffisant autour des semelles et des fondations.
- > Utiliser des abrasifs en remplacement des sels de déglacage sur le béton à jeune âge.

8. RÉFÉRENCES

- 8.1 ACI. *Guide to Residential Concrete Construction*. États-Unis. American Concrete Institute, 2018, 69 p. (332.1R-18).
- 8.2 APCHQ. *L'abc des fondations de béton dans le secteur résidentiel*, Formation Construction de l'APCHQ, 3^e édition 2010, 277 p.
- 8.3 BNQ. *BNQ 2621-905/ 2018 Béton prêt à l'emploi - Programme de certification (élaboré à partir de certaines exigences de la norme CSA A23.1/23.2)*, Bureau de normalisation du Québec, Québec, 77 p. (BNQ 2621-905/2018)
- 8.4 CNB. *Code national du bâtiment – Canada 2010*. CNRC-NRC, Institut de recherche en construction.
- 8.5 CSA. *Béton : Constituants et exécution des travaux/Procédures d'essai et pratiques normalisées pour le béton*. Canada. Association canadienne de normalisation, 2019, 938p. (CSA A23.1-F19/A23.2-F19).
- 8.6 FEBELCEM. *ABC du ciment et du béton*, Fédération de l'industrie cimentière belge.



MISE EN GARDE : L'Association béton Québec publie ce document à titre consultatif seulement et ne peut être tenue responsable d'erreurs ou d'omissions reliées à l'information et à la consultation de ce document.



520, D'Avaugour, bureau 2200
Boucherville (Québec) J4B 0G6
Tél. : (450) 650-0930
Sans frais : (855) 650-0930
Télec. : (450) 650-0935
Courriel : info@betonabq.org

Pour plus d'information : betonabq.org