LE REMBLAI SANS RETRAIT

Association Béton Québec
LA référence

18

TECHNOBÉTON
BULLETIN TECHNIQUE

1. INTRODUCTION

Le remblai sans retrait est un matériau de remblayage autocompactant de très faible résistance à la compression[1]. Au Québec, le remblai sans retrait a été développé dans les années 1990 et est utilisé depuis afin de remblayer rapidement les tranchées des routes et rues municipales lors de réparation ou d'installation de services publics telles que l'électricité, le gaz, l'eau, les égouts, les ponceaux et autres. Sa faible résistance à la compression en fait un matériau facile à excaver au moyen d'équipements traditionnels. Il est à noter que le remblai sans retrait n'est pas couvert par le protocole de certification BNQ 2621-905.

2. UTILISATIONS

Les principaux avantages de l'utilisation du remblai sans retrait sont ; une facilité de mise en place, une compacité élevée, une réduction du temps d'exécution, un meilleur comportement des tranchées remblayées sans oublier l'aspect économique, particulièrement en période hivernale.

Le remblai sans retrait développe ses propriétés lors d'une mise en place à forte vélocité.

Le matériau est déversé directement de la bétonnière dans la tranchée. Il est important de procéder rapidement et sans interruption puisque la fluidité du matériau est altérée très rapidement.

Le remblai sans retrait est très utile lorsqu'il est impossible d'utiliser des équipements de compaction à haut rendement.

Le remblai sans retrait est grandement utile pour résoudre rapidement un problème de remblayage de tranchées dans les situations où l'entrave à la circulation est un aspect prépondérant (quartier d'affaires, rues achalandées, etc.). La qualité du remblayage des tranchées avec des matériaux granulaires conventionnels est directement reliée à la qualité d'exécution et de ses variables. La mise en place du remblai sans retrait peut s'effectuer en toute saison et permet d'obtenir une assise stable. Le remblai sans retrait maintient son profil tout en permettant un accès facile aux services lors de réparations futures.

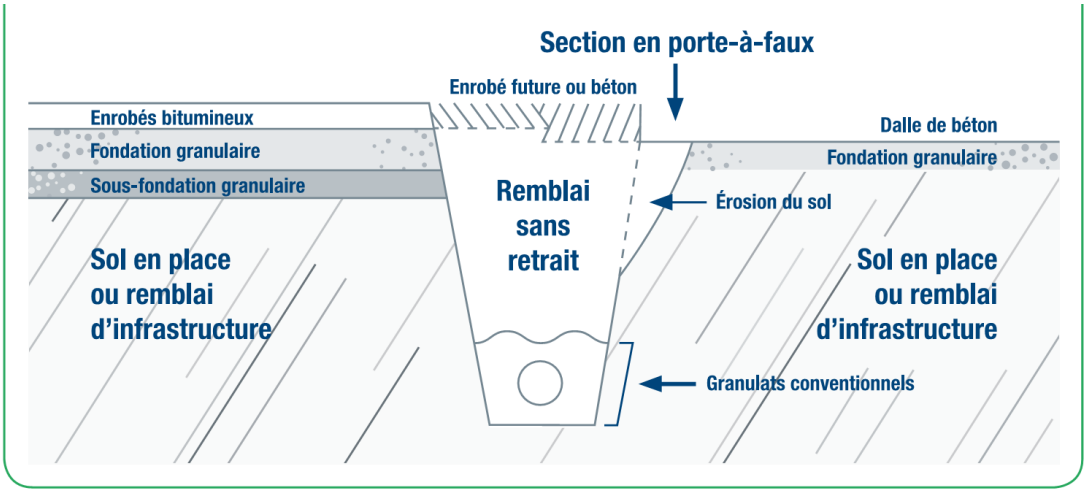

FIGURE 1 Section type de remblai sans retrait dans une tranchée

1 Le remblai sans retrait a les mêmes composants et la même méthode de fabrication que le béton de masse volumique normale, mais la faible quantité de ciment qu'il contient et ses caractéristiques intrinsèques l'excluent de la définition générale d'un béton.

Le remblai sans retrait peut-être utilisé pour :

- le remblayage de tranchées multiples ;
- le remblayage de tranchées avec un déchaussement du revêtement (figure 1) ;
- la réhabilitation de ponts et de ponceaux dont le remblai a été miné par l'érosion ;
- le remplissage d'un milieu encaissant constitué de sol ayant une faible capacité portante ;
- l'enrobage des tuyaux d'aqueduc et d'égouts ;
- les remblais contrôlés sous les semelles.

3. CONSTITUANTS

Le remblai sans retrait est un mélange composé de gros granulats et de granulats fins avec très peu de ciment, qui présente une très grande fluidité (figure 2) et dont la fabrication est contrôlée en usine. La méthode de mise en place ainsi que les proportions de constituants du remblai sont telles que le mélange se consolide par lui-même et développe une capacité portante élevée à court terme (figure 3). Le remblai sans retrait est essorable ; c'est-à-dire que l'eau du mélange est libre de s'évacuer rapidement après la mise en place, car le mélange contient peu de particules fines. Ce type de mélange utilise les principes du compactage hydraulique et de l'énergie cinétique pour se mettre en place, possédant ainsi, une fois en place, de nombreux points en commun avec les sols[2].

Il est à noter que le remblai sans retrait perd de ses caractéristiques pour des applications de faible épaisseur (moins de 300 mm) ou lorsqu'il est inadéquatement mis en place.

3.1 LES GRANULATS

La distribution granulométrique est un élément essentiel qui contrôle le comportement du remblai sans retrait en chantier, car elle affecte : la vitesse de drainage et la consolidation primaire du remblai ; la compacité maximale que pourra avoir le remblai en chantier.

Les résultats d'essais qualitatifs du combiné granulométrique doivent satisfaire aux exigences d'un matériau granulaire destiné aux fondations supérieures tels que le MG 20 de la norme BNQ 2560-114-II.

3.2 LA TENEUR EN EAU

La quantité d'eau doit être suffisante pour assurer la fluidité nécessaire lors de la mise en place du mélange. Toutefois, il faut éviter de créer de la ségrégation qui pourrait nuire au comportement du matériau. La teneur en eau contrôle la fluidité du mélange et le remplissage complet de l'excavation incluant les parties difficilement accessibles.

3.3 LE CIMENT

La présence de matière fine telle que le ciment est essen-tielle pour la consolidation du remblai sans retrait même si sa teneur est très faible. La teneur maximale en ciment est de 1 % du volume (ou 25 kg/m^3) et constitue le facteur le plus important pour permettre une éventuelle excavation du remblai sans retrait. Le ciment de type GU ou GUb peut être utilisé. Si le ciment utilisé pour la formulation doit être substitué, il est recommandé de vérifier le comportement du remblai sans retrait, principalement pour l'évolution de la stabilité.

3.4 ADJUVANTS

Un adjuvant entraîneur d'air peut être utilisé afin d'améliorer l'ouvrabilité du remblai sans retrait. Il est à noter qu'un dosage excessif de ce type d'adjuvant peut empêcher le drainage de l'eau lors de sa mise en place.

FIGURE 2 Fluidité du remblai sans retrait

FIGURE 3 Consolidation rapide du remblai sans retrait

2 Le Manuel canadien d'ingénierie des fondations considère le remblai sans retrait comme un sol.

4. PROPRIÉTÉS

Le remblai sans retrait, en raison de son usage, est classé comme un sol et est défini selon ses qualités structurales : de compacité ; de résistance à la compression ; de perméabilité ; de susceptibilité au gel.

4.1 COMPACITÉ

La compacité du remblai sans retrait s'atteint rapidement grâce à la granulométrie et à la quantité d'eau du mélange (figure 2). Lorsqu'il est adéquatement mis en place, le remblai sans retrait obtient une compacité de l'ordre de 95 % de l'optimum du proctor modifié (opm) [3]. Il est à noter qu'un surdosage en eau peut augmenter le délai pour obtenir la compacité requise selon la capacité de drainage du milieu encaissant. Des mesures de compacité en chantier ont démontré que les indices typiques de CBR (California Bearing Ratio) pour un remblai sans retrait sont similaires aux granulats concassés compactés[4].

4.2 RÉSISTANCE À LA COMPRESSION

Dans le cas du remblai sans retrait, c'est la résistance à la compression maximale qui est spécifiée contrairement à la résistance minimale pour le béton de masse volumique normale. La résistance à la compression du remblai doit être inférieure à 1,0 MPa. Généralement, les valeurs se situent entre 0,3 à 0,8 MP à 28 jours. Cette spécification provient de la nécessité d'excaver éventuellement la tranchée.

4.3 PERMÉABILITÉ

La perméabilité du remblai sans retrait est similaire à celle de la pierre concassée (1,1 à 1,6 * 10-4 cm/sec) [5].

4.3 SUSCEPTIBILITÉ AU GEL

La pénétration du gel pour le remblai sans retrait est similaire à celle de la pierre concassée (ex. : MG 20) [7].

5. AUTRES CARACTÉRISTIQUES

5.1 EXCAVATION

Il est facile d'excaver le remblai sans retrait à l'aide d'une rétrocaveuse, car il possède une compacité similaire à celle d'un matériau granulaire compacté. Le maître d'ouvrage peut spécifier, au besoin, l'installation d'un indicateur pour signaler la proximité d'une conduite.

5.2 POMPABILITÉ

Il est impossible de pomper le remblai sans retrait.

Lorsque le pompage est inévitable, il est recommandé de s'informer auprès des producteurs de béton prêt à l'emploi pour obtenir un autre produit qui peut être pompé, en remplacement du remblai sans retrait.

6. CONTRÔLE DE QUALITÉ

Le suivi qualitatif continu au chantier du remblai sans retrait est inutile. Le programme de contrôle de qualité défini dans le présent document peut aider à qualifier un nouveau producteur de béton et à évaluer le remblai sans retrait dans le cas d'utilisation particulière. Il est à noter que les essais d'affaissement et de teneur en air sont inapplicables pour caractériser la qualité de ce type de produit. Également, le contrôle de qualité peut être utile lorsque le comportement du remblai sans retrait est jugé critique pour la qualité de l'ouvrage :

- évolution de la stabilité selon le temps de drainage : cette méthode se vérifie systématiquement lors de la mise en place du remblai sans retrait ;
- détermination de la résistance à la compression : cet essai sert initialement à caractériser le mélange et lors d'une production problématique.

6.1 TEMPS DE DRAINAGE

La stabilité du remblai sans retrait est fonction du temps de drainage afin de permettre la continuité des opérations de construction. Il existe deux méthodes qui déterminent le temps de drainage du remblai sans retrait : la méthode visuelle qui est la plus couramment utilisée. L'inspecteur de chantier peut, moins d'une heure après la mise en place, marcher sur le remblai et vérifier si son empreinte ne pas fait une marque de moins de 5 mm de profondeur ; la méthode Boule Kelly (ASTM D6024)[6] qui utilise une boule hémisphérique qui s'enfonce dans le matériau en place afin de mesurer la profondeur de pénétration.

6.2 RÉSISTANCE À LA COMPRESSION

Les méthodes d'essais telles que l'échantillonnage à l'état frais (CSA A23.2-1C), la confection des éprouvettes (CSA A23.2-3C) et la détermination de la résistance à la compression (CSA A23.2-9C) doivent être adaptées au remblai sans retrait. Pour la fabrication des éprouvettes, des moules cylindriques de 150 x 300 mm en carton ou en plastique peuvent être utilisés. Ces moules doivent être troués à la base pour permettre le drainage. Par la suite, les échantillons sont conservés dans les moules durant la cure, jusqu'au moment des essais de résistance à la compression. La coiffe ou le meulage peut être remplacé par l'utilisation d'un papier cartonné.

3 Extrait de la référence 8.4

4 Essai normalisé

5 Référence 8.6

6 Norme ASTM D6024-16 « Standard Test Method for Ball Drop on Controlled Low Strength Material (CLSM) to Determine Suitability for Load Application »

7 Référence 8.7

7. RECOMMANDATIONS

> Éviter la mise en place par forte pluie et s'il y a des accumulations d'eau dans les tranchées ou dans les zones à remblayer ;

> Malaxer suffisamment le remblai sans retrait et le déverser à grande vitesse afin de minimiser la ségrégation et obtenir une meilleure homogénéité et compacité maximale du matériau. L'utilisation de pompes et de godets est à proscrire ;

> Malaxer à nouveau avant chaque déchargement;

> Niveler la surface finale lorsque celle-ci est encore saturée d'eau (généralement en moins de 20 minutes);

> Éviter de remanier le remblai lorsque la phase initiale de consolidation est complétée.

8. RÉFÉRENCES

8.1 ABQ. *Le remblai sans retrait, utile et avantageux.* Technobéton. Association béton Québec. Québec, décembre 1996.

8.2 ACC. *Information sur le béton. Remblai sans retrait pour tranchées de services dans les rues.* Association Canadienne du ciment, CP004.01P. Canada 1988.

8.3 ACI. *Report on Controlled Low-Strength Materials.* American Concrete Institute, États-Unis 2013, 22 p. (229R-13)

8.4 G.Pelletier, R.Morin, S.Sansfaçon et C.Lupien. *Le remblai sans retrait à la ville de Montréal : utilisation, caractérisation du matériau et performance.* Congrès de l'ABQ, 1998.

8.5 Martin Y., Lupien C., Gagné R. *Remblai sans retrait: optimisation de la formulation et conditions d'utilisation.* Université de Sherbrooke. Infra 2000.

8.6 Jacques Beaulieu. *Remblai sans retrait.* Congrès de l'ABQ, 1997.

8.7 Samuel Pothier, *Étude sur le contrôle de la qualité du remblai sans retrait,* Mémoire de maîtrise, ETS, mai 2020

ANNEXE

Note : Le présent annexe technique est destiné aux producteurs de béton. Il spécifie les recommandations de dosage du remblai sans retrait afin d'en optimiser la performance.

1. GRANULOMÉTRIE

La granulométrie est une caractéristique très importante pour l'obtention d'une fluidité du remblai sans retrait. La granulométrie combinée[7] (gros granulats, granulats fins et ciment) doit comporter un minimum de 50 % de particules retenues sur le tamis de 5 mm. Le gros granulat est composé de pierres ou de graviers concassés avec un minimum de 60 % de fragmentation. Pour le granulat fin, l'utilisation d'un sable à béton convient au remblai sans retrait.

TABLEAU 1 Distribution typique de la granulométrie combinée du remblai sans retrait

Tamis	% Passant idéal	% Passant minimum	% Passant maximum
20 mm	100	90	100
14 mm	85	68	93
5 mm	46	35	50
1,25 mm	29	19	38
315 mm	15	9	17
80 µm[8]	2,5	0	4

La distribution granulométrique combinée doit s'approcher de la courbe de densité maximale. Le tableau 1 présente un exemple de distribution idéale incluant des valeurs minimales et maximales du pourcentage passant les tamis correspondants. Le producteur de béton doit adapter cette granulométrie aux particularités du granulat qu'il utilise lors du dosage. La figure A1 présente graphiquement les courbes de la distribution typique présentée au tableau 1.

Il est à noter que le pourcentage passant le tamis 80 µm, incluant les particules du ciment, doit être inférieur à 4,0 %. Un pourcentage plus élevé de particules fines provoque un retard de consolidation du produit.

2. DOSAGE

Le remblai sans retrait est caractérisé par une fluidité élevée et une faible teneur en ciment. Le tableau 2 présente un dosage typique du remblai sans retrait.

Voici les recommandations pour chaque composante du mélange :

- la quantité d'eau varie de 210 à 230 kg/m^3 ;
- la quantité de ciment est d'un maximum de 25 kg/m^3 (ciment de type GU ou GUb). L'utilisation de ciment de type MS ou HE n'apporte aucune amélioration ou changement aux propriétés du remblai sans retrait ;
- l'adjuvant entraîneur d'air est dosé de façon similaire au béton de masse volumique normale, cependant, un dosage excessif peut empêcher le drainage de l'eau.

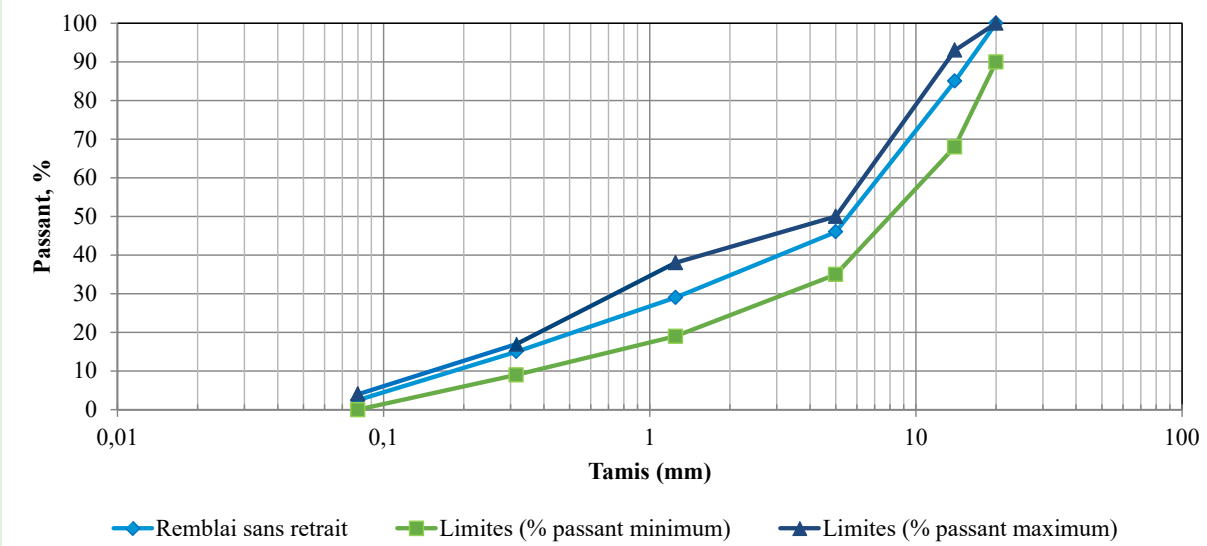

FIGURE A1 Granulométrie combinée du remblai sans retrait

7 La détermination de la granulométrie se fait conformément à l'essai normalisé CSA A23.2-2A.La détermination de la quantité de particules fines passant le tamis 80 µm est faite selon l'essai normalisé CSA A23.2-5A.Un échantillon représentatif d'au moins 25 kg de remblai sans retrait doit être prélevé tel que requis selon le CSA A23.2-1A.

8 Les spécifications mentionnées pour le passant du tamis 80 µm sont adaptées au remblai sans retrait et sont donc différentes des valeurs de la norme BNQ 2560-114.

TABLEAU 2 Dosage typique du remblai sans retrait

Composantes	Quantité (kg/m^3)
Ciment	25 (max)
Sable	850 à 995
Pierre * (5-20 mm)	1050 à 1250
Eau	210 à 230

* Le ratio massique ; pierre/(pierre + sable) doit être supérieure à 50 %.

3. FABRICATION

Pour fabriquer des remblais sans retrait, il est recommandé de :

- valider la formule de mélange avant la première livraison de ce mélange;
- respecter la formule de mélange;
- vérifier la conformité de la distribution granulométrique des granulats. Ajuster la formule pour tout changement notable;
- utiliser des bétonnières propres, étant donné la sensibilité du remblai sans retrait au niveau du contenu de particules fines maximales dans le mélange;
- proscrire les retours de béton pour être utilisé comme remblai sans retrait afin de respecter l'exigence du maximum de 1 MPa en compression et d'assurer la possibilité d'excaver ce matériau ultérieurement.

4. MISE EN PLACE

Le remblai sans retrait est utilisé depuis une quinzaine d'années au Québec avec succès. Certains problèmes de consolidation ont été rencontrés. Généralement, la perméabilité du type d'encaissement ou la granulométrie de la formule de remblai sans retrait sont les principales causes. Pour que le remblai sans retrait développe une bonne capacité de support, une partie importante de l'eau doit pouvoir être évacuée rapidement. Il faut éviter de faire la mise en place du remblai sans retrait lors de fortes pluies et dans les tranchées ou dans les zones à remblayer avec présence d'accumulations d'eau.

Lors de la mise en place, la teneur en eau du remblai se situe à environ 10 %. Après la phase initiale de consolidation primaire qui dure environ 1 heure, la teneur en eau à la partie supérieure du remblai diminue en fonction des conditions de drainage.

5. RECOMMANDATIONS

- Utiliser la formule de dosage du remblai sans retrait recommandée en utilisant un maximum de 4,0% de particules fines, passant le tamis 80 µm en incluant le ciment.
- Limiter la quantité de ciment à 1,0% (25 kg/m^3) afin que le remblai puisse être facilement excavé.
- Utiliser une bétonnière propre, sans retour de béton.
- Éviter la mise en place par forte pluie et dans des tranchées avec présence d'accumulations d'eau.

6. RÉFÉRENCES

6.1 ABQ. Le remblai sans retrait, utile et avantageux. Technobéton. Association béton Québec. Québec, décembre 1996.

6.2 G.PELLETIER, R.MORIN, S.SANSFAÇON et C.LUPIEN. Le remblai sans retrait à la ville de Montréal : utilisation, caractérisation du matériau et performance. Congrès de l'ABQ, 1998.

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.

Association Béton Québec
LA référence

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

Pour plus d'information : betonabq.org

3e édition 2023-V1