

PROBLÉMATIQUE

Dans le cadre d'un projet de construction routière, on peut facilement estimer les quantités de matériaux en place à excaver ainsi que le volume des remblais. Le défi consiste à prédire quel volume occupera le déblai une fois placé et densifié en remblai. Cette étape a un impact sur l'optimisation du calcul des volumes de déblai-remblai ainsi que sur la quantité de déblai qu'il faudra transporter ou dont il faudra se débarrasser. Elle peut également être la source de réclamations et de coût additionnels.

Dans le cas d'un déblai rocheux, il est difficile d'en évaluer le comportement, car ce matériau se prête mal aux essais en laboratoire. L'analyse des facteurs de tassement (FT) et de foisonnement (FF) utilisés jusqu'à maintenant dans la formule de calcul des quantités d'emprunt montre qu'il est possible de les remplacer par un seul facteur, appelé « facteur de mise en place » (FM), qui tient compte à la fois du foisonnement et du tassement du roc une fois placé et densifié. L'introduction de ce facteur FM évitera un choix inadéquat des facteurs FT et FF, et permettra de mieux calculer les quantités d'emprunt.

PARAMÈTRES DE CALCUL

La méthode de calcul actuelle et le formulaire V-1352 (*Guide de préparation des projets routiers*) font appel à trois types de facteurs : les facteurs d'utilisation des déblais de 1^{re} et de 2^e classe, FU_1 et FU_2 , le facteur de foisonnement du déblai de 1^{re} classe FF, et le facteur de tassement FT. Pour déterminer la quantité d'emprunt requise, on augmente dans un premier temps le volume du remblai d'un facteur FT. Dans un deuxième temps, on soustrait le volume récupérable du déblai de 2^e classe, puis on soustrait le volume du déblai de 1^{re} classe récupérable, auquel on applique un facteur FF.

Bien que la section « Terrassements » du *Guide de préparation des projets routiers* suggère d'utiliser un FT de 1,2 et un FF variant de 1,45 à 1,54 en fonction du type de roc, l'utilisation systématique d'un FT de 1,2 et d'un FF de 1,4 a été adoptée. L'emploi d'un FT de 1,2 signifie que l'on peut densifier de 17 % un déblai préalablement foisonné ou non et déversé en remblai. Comme on n'applique aucun FF au volume du déblai de 2^e classe, 1 m³ de 2^e classe en place équivaut à 0,83 m³ de remblai densifié, alors que pour le déblai de 1^{re} classe, l'emploi d'un FF de 1,4 signifie que 1 m³ de roc en place donne 1,17 m³ de remblai tassé.

REVUE DE LA DOCUMENTATION

Une revue de la documentation sur le sujet révèle que les FF varient généralement de 1,45 à 1,64, selon la nature du roc. Les FF sont difficiles à évaluer et sont influencés par la géologie structurale ainsi que par les méthodes d'excavation.

Des chercheurs français ont déterminé, en chantiers expérimentaux, pour un tout venant de déblai de 1^{re} classe de calibre 1000-0 mm, un coefficient de rendement (équivalent au FM) variant de 1,18 à 1,24 et un FT de l'ordre de 1,1 après de 6 à 8 passes de rouleau lourd. Par ailleurs, Hydro-Québec a cumulé des données statistiques à l'occasion de la réalisation de barrages et propose un FM de 1,3 pour un tout venant de déblai de 1^{re} classe de calibre 1000-0 mm en remblai densifié, et un FM de 1,4 si le matériau est mis en remblai dans une aire de rebut. Des FT de 1,06 à 1,08 ont été mesurés après douze passes de rouleau vibrant pour des couches d'environ 1 m d'épaisseur.

ESSAIS RÉALISÉS

Dans le but de vérifier les FT et FF utilisés au MTQ, une première série d'essais réalisée sur la Côte-Nord (figure 1) a consisté à effectuer des excavations dans des remblais existants afin de déterminer la masse volumique du matériau excavé et de la comparer à la masse volumique du roc en place. Le rapport ainsi obtenu est équivalent au rapport FF/FT correspondant au facteur de mise en place (FM). Pour des remblais de faible hauteur (<2m) réalisés avec un tout venant de déblai de 1^{re} classe de gneiss granitique de calibre 700-0 mm, le FM a varié de 1,18 à 1,22. Pour des remblais plus importants réalisés avec un tout venant de déblai de 1^{re} classe de calibre 1000-0 mm, le FM a varié de 1,20 à 1,34.

La seconde série d'essais, réalisée dans l'Outaouais, a consisté à excaver un volume important de matériau d'un remblai d'approche composé d'un tout venant de déblai de 1^{re} classe de gneiss granitique de calibre 1000-0 mm, de construire un remblai d'essai de 775 mm d'épaisseur et de mesurer par arpentage le tassement après chaque passe de boueur. Le FM calculé dans le remblai d'essai avant densification a été de 1,37, alors que le FM calculé après 16 passes de boueur a atteint 1,22. Dans le remblai d'approche, le FM mesuré était de 1,27.

En ce qui a trait au tassement, les mesures effectuées lors de la densification du remblai d'essai ont révélé que la majeure partie du tassement est atteinte après 4 passes d'un bouteur de 30 tonnes (figure 2). Le tassement mesuré est de 12 % (FT de 1,12) après 4 passes et atteint 15,6 % après 16 passes, avec un arrosage pour les 4 dernières passes.

FACTEUR DE MISE EN PLACE

La combinaison du FF de 1,4 et du FT de 1,2 dans le formulaire V 1352 conduit à sous-estimer le volume réel de remblai tassé réalisable à partir de 1 m³ de roc en place. D'une part, les FF sont difficiles à évaluer et varient selon l'étape à laquelle ils sont mesurés; le Ministère prend en considération le FF en remblai avant tassement, alors que les entrepreneurs utilisent le FF en camion pour déterminer le nombre de voyages à effectuer; lors des essais, le FF en camion a été établi à 1,68. D'autre part, le FT de 1,2 est surestimé; les essais et la documentation ont montré qu'une variation de tassement de 6 % à 12 % (FT de 1,06 à 1,12) a été observée sur un tout venant de déblai de 1^{re} classe de calibre 1000-0 mm.

Pour pallier ces problèmes de détermination des FF et FT, la formule suivante de calcul des quantités d'emprunt utilisant un facteur unique (FM) est proposée :

$$\text{emprunt (m}^3\text{)} = (\text{remblai d'infrastructure}) - (\text{déblai de 2}^{\text{e}} \text{ classe} \times \text{FM}_2 \times \text{FU}_2) - (\text{déblai de 1}^{\text{e}} \text{ classe} \times \text{FM}_1 \times \text{FU}_1)$$

Où FU_1 et FU_2 = facteurs d'utilisation des déblais de 1^{re} et de 2^e classe à évaluer par le concepteur.

FM_1 et FM_2 = facteur de mise en place des déblais de 1^{re} et de 2^e classe.

Avec FM_1 (roches ignées et métamorphiques) = 1,25 à 1,35
(moyenne = 1,30)

FM_1 (roches sédimentaires) = 1,20 à 1,30 (moyenne = 1,25)

FM_2 = 0,85 (sol lâche) à 1,1 (sol dense) (moyenne = 0,95 à 1,0)

FM_2 = 1 si la compacité du sol n'est pas connue.

CONCLUSION

L'utilisation d'un facteur de mise en place FM, tel qu'il est proposé, augmentera la précision du calcul des quantités d'emprunt. D'autres mesures *in situ* seront nécessaires pour optimiser les valeurs de FM en fonction du type de roc et du degré de fracturation et d'altération de ce dernier.

RÉFÉRENCES

Castan, M. « Remblais rocheux expérimentaux », *Bulletin de liaison des ponts et chaussées*, n° 79, sept.-oct. 1975.

Panet, M. « Les terrassements rocheux dans les travaux routiers et autoroutiers », *La technique routière*, 1974.

Ministère des Transports « Les terrassements », *Guide de préparation des projets routiers*, les Publications du Québec, 1983, section 5, pages 68 à 76.

RESPONSABLE : Pierre Dorval, ing.
Service de la géotechnique
et de la géologie

DIRECTEUR : _____
Pierre La Fontaine, ing.



Figure 1 : excavation dans un remblai existant sur la Côte-Nord

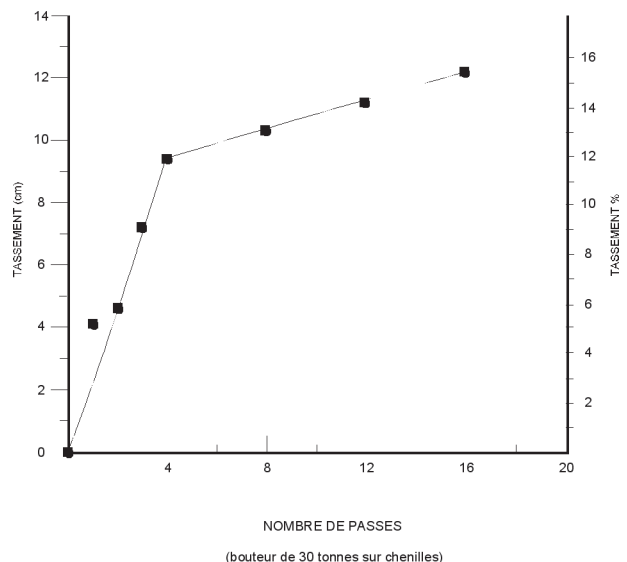


Figure 2 : tassement en fonction du nombre de passes