

PROBLÉMATIQUE

L'analyse granulométrique permet de caractériser la taille et la répartition des particules, mais pas leur forme, leur angularité ou leur rugosité. Ces trois caractéristiques géométriques influent pourtant sur la mise en place et la stabilité des matériaux. Leur évaluation permet de prévoir ou d'expliquer leur comportement routier sous diverses sollicitations. Cette étude propose de sélectionner des essais simples de laboratoire à partir de corrélations entre différentes caractéristiques de granulats de fondation routière.

CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES

La forme (longueur, largeur et épaisseur), l'angularité et la rugosité des granulats conditionnent leur imbrication. Les granulats peuvent être plus ou moins ronds ou concassés, les arêtes plus ou moins arrondies ou vives. La rugosité dépend du microrelief et des discontinuités (microlits, microfissures, porosité) à la surface des granulats. La forme, l'angularité et la rugosité ont une influence prépondérante sur le frottement intergranulaire et sur la stabilité d'une couche.

TRAVAUX EFFECTUÉS

Une étude de laboratoire a été réalisée sur cinq types de matériaux granulaires de fondation MG 20 provenant de cinq carrières commerciales réparties dans quatre unités géologiques : une dolomie et un calcaire siliceux des basses-terres du Saint-Laurent, un gneiss dioritique des Appalaches, un gneiss granitique du plateau laurentien et une cornéenne en bordure des collines Montérégiennes. De nombreux essais ont été effectués par le laboratoire du ministère des Transports du Québec (MTQ). Une partie des résultats est fournie au tableau 1. L'essai UVC (*Uncompacted Void Content*) est fait selon la méthode Ahlrich pour les gros granulats (1), qui s'apparente à celle de l'essai ASTM C 1252 pour les granulats fins (2). Cet essai mesure le pourcentage des vides dans le matériau mis en place dans un moule sans compactage. Il est simple, rapide et précis. Il fait moins l'objet d'intervention et d'interprétation que l'essai de détermination du pourcentage de particules plates et allongées (3).

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS D'ESSAIS

Les résultats des essais sur la roche cornéenne se distinguent des autres. Son frottement interne mesuré par le coefficient d'écoulement (4) est plus important, en raison de la forte angularité des granulats, mais son indice de portance CBR (résistance au poinçonnement) est plus faible en raison de fortes

proportions de particules plates et allongées, proportions détectées aussi par l'essai UVC. Ce pourcentage élevé de vides laisse présager un problème de compactage sur le chantier. Les autres roches présentent un meilleur comportement CBR, quel que soit le frottement intergranulaire. La forme semble donc prédominer sur le frottement pour apprécier la stabilité, d'où l'importance de sélectionner un essai comme l'essai UVC qui fournit une appréciation de la morphologie d'un granulat. Une faible valeur UVC correspond à un granulat plus cubique et une forte valeur, à un granulat plus plat ou allongé.

La bonne corrélation ($r^2 = 0,98$) entre les proportions d'éléments plats et allongés incite à ne faire que l'essai de teneur en particules plates. La comparaison des résultats de l'essai UVC et de particules plates et allongées sur les gros granulats (10-14 mm et 14-20 mm) permet de classer les granulats selon les proportions de particules prédominantes (tableau 2). Ce tableau semble suggérer de se limiter à l'essai UVC parce qu'il distingue trois formes différentes de granulats selon les proportions de particules plates, allongées et cubiques. Cependant, d'autres études sont nécessaires avant de conclure qu'il faut conserver uniquement l'essai UVC.

Le résultat de l'essai UVC sur les granulats fins dépend aussi de leur morphologie (forme et angularité) plutôt que de leur rugosité, puisque la friction entre les particules d'un matériau non compacté est réduite. Par contre, l'essai du coefficient d'écoulement (c_c) combine l'effet de la forme, du nombre et de l'état des arêtes (tranchantes ou arrondies), ainsi que de la rugosité de surface. On peut donc classer les granulats fins à l'aide de ces deux essais. On peut ainsi distinguer (figure 1) neuf classes de criblures (granulats fins concassés) selon la morphologie (UVC) et la rugosité (c_c). Les matériaux utilisés pour cette étude, plus quelques autres, sont rangés dans leur classe respective (tableau 2, figure 1).

Les granulats fins non concassés (sable alluvionnaire par exemple), comportant davantage de grains arrondis, peuvent être classés de la même façon que les criblures, avec des valeurs UVC et de coefficient d'écoulement généralement plus faibles. Pour couvrir cette plage de valeurs plus faibles et en attendant de faire l'étude sur des matériaux naturels, on a mélangé des criblures avec des proportions croissantes de billes de verre (25 %, 50 %, 75 %) ayant des granulométries équivalentes. Le mélange constitué de 100 % de billes de verre a présenté un UVC d'environ 31 et un c_c d'environ 53. On peut considérer que les granulats arrondis ou peu anguleux devraient présenter un UVC inférieur à 43 et un c_c inférieur à 75.

CONCLUSION

La forme, l'angularité et la rugosité des granulats utilisés dans les fondations et les enrobés sont des paramètres qu'il convient d'évaluer le mieux possible pour prévoir le comportement routier du matériau, pour différencier les productions de granulats (exploitation et traitement) ou tout simplement pour réaliser une étude de granulats. Cette étude montre l'intérêt d'effectuer l'essai UVC pour les gros granulats et les granulats fins, ainsi que l'essai du coefficient d'écoulement pour les granulats fins. Ce sont deux essais simples et rapides. Il peut être envisagé de ne plus effectuer l'essai fastidieux de particules plates et allongées en vue d'estimer les trois caractéristiques géométriques (forme, angularité et rugosité).

RÉFÉRENCES

[1] Hossain, M.S. et al., « Comparison and evaluation of tests for coarse aggregate particle shape, angularity and surface texture », *Journal of testing and evaluation*, vol. 28, n° 2, mars 2000, p. 79-81.

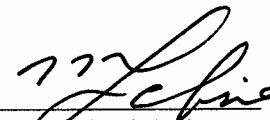
[2] ASTM C 1252, Uncompacted voids of fine aggregates as influenced by particle shape, surface texture and grading.

[3] Ministère des Transports du Québec, Pourcentage de particules plates et allongées, LC 21-265.

[4] Ministère des Transports du Québec, Détermination du coefficient d'écoulement des granulats fins, LC 21-075.

RESPONSABLE : Guy Dallaire, ing.
Service des matériaux
d'infrastructures

DIRECTEUR :


Michel Labrie, ing.

Matériau	Absorption (%) LC 21-067	Los Angeles B LC 21-400	Micro-Deval B LC 21-070	CBR (0,2 ")	Friabilité (%) LC 21-080	Particules plates (%) LC 21-265	Particules allongées (%) LC 21-265	Coefficient d'écoulement LC 21-075	UVC gros (%) Méthode Ahlrich 5-20 mm	UVC fins (%) ASTM C 1252 Méthode C
Cornéenne	0,25	10	6	151	19	29	39	105	49,6	47,7
Gneiss granitique	0,91	60	13	163	19	14	25	83	44,9	43,4
Dolomie	0,94	21	11	165	39	25	37	100	47,2	43,6
Gneiss dioritique	0,63	29	18	184	35	23	34	91	48,0	46,3
Calcaire siliceux	0,49	23	15	154	31	20	31	93	48,0	44,3

Tableau 1 : Propriétés des matériaux granulaires étudiés

Forme prédominante des granulats	Matériau	UVC (gros granulats)	% de particules cubiques	% de particules plates	% de particules allongées
Plate et allongée	Cornéenne, dolomie, calcaire siliceux, gneiss dioritique	> 51,5	< 25	> 15	> 50
Cubique et allongée	Calcilutite, andésite amygdaloïde, grauwacke	De 50,5 à 51,5	De 25 à 50	De 10 à 25	De 30 à 50
Cubique	Gneiss granitique	De 49 à 50,5	> 40	< 20	De 20 à 65

Tableau 2 : Relations entre l'essai UVC et la forme des gros granulats (10-14 mm et 14-20 mm)

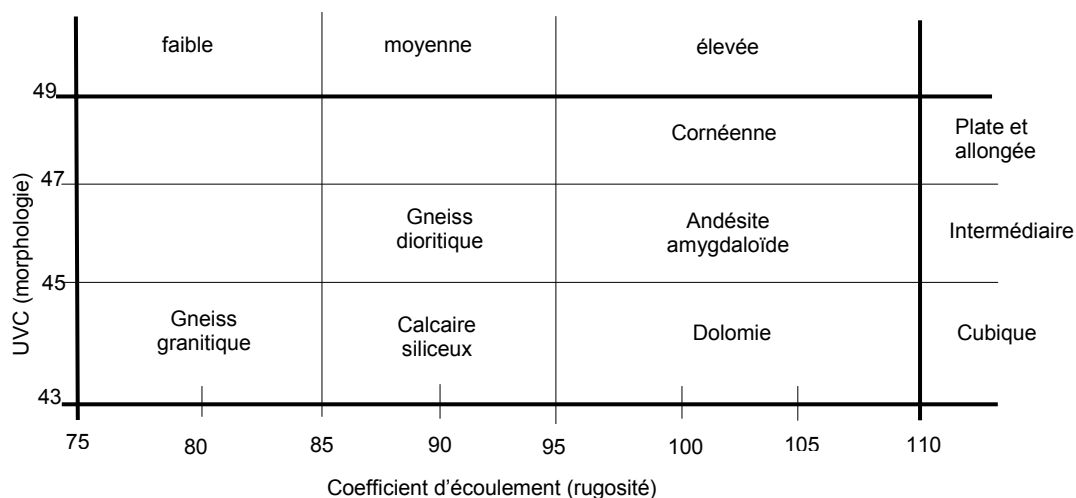


Figure 1 : Classement des granulats fins concassés