

GÉNIE AÉROPORTUAIRE

ATR-024

**RÉVISION ET ÉVALUATION DE
LA MÉTHODE D'ESSAI MICRO-DEVAL**

PROJET 914222
R et D DE MÉTHODES ET
D'EXIGENCES D'ESSAI DES MATÉRIAUX
PHASE II

Jean A. Richard, ing.
Chef, Fondations et matériaux
TPSGC, SAG, Transport aérien
Région de l'Atlantique

James R. Scarlett
Ingénieur civil et des matériaux
TPSGC, SAG, Génie aéroportuaire
Ottawa

AVRIL 1997

Copyright © Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, 1997

Avertissement

Cette publication est distribuée à titre documentaire seulement et ne correspond pas nécessairement à la politique du Gouvernement du Canada et ne constitue ni une approbation ni une recommandation de produits ou de société commerciaux.

Le ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada ne fait aucune recommandation ou n'endosse sous quelque forme que ce soit, exprimée ou tactile, cette publication ou les programmes ou l'information qu'elle contient quant à la qualité, la commercialisation, l'adéquation à une fin particulière ou la capacité à produire un résultat quelconque. En aucun cas, le ministre ou Sa Majesté du chef du Canada, ses employés, fonctionnaires ou agents gouvernementaux ne peuvent être tenus légalement responsables à l'égard de quiconque pour un préjudice direct, indirect ou découlant de l'utilisation de ladite publication ou des programmes ou de l'information y contenus.

TABLE DES MATIÈRES

1.0 INTRODUCTION	1
2.0 PORTÉE DES TRAVAUX	1
3.0 MÉTHODES D'ESSAI DE TPSGC	2
4.0 AUTRES ORGANISMES	5
4.1 Ministère de la Voirie et des Transports de la Saskatchewan	5
4.2 Ministère des Transports du Manitoba	5
4.3 Ministère des Transports et des Communications de la Nouvelle-Écosse	5
4.4 Ministère des Transports de l'Ontario (MTO)	6
4.5 Ministère des Transports du Québec (MTQ)	6
4.6 Ministère des Transports et des Travaux publics de l'Île-du-Prince-Édouard	7
4.7 Ministère des Transports du Nouveau-Brunswick	8
4.8 Ministère des Travaux, des Services et des Transports de Terre-Neuve	9
5.0 ANALYSE	9
5.1 Rendement des granulats	9
5.2 Contraintes mécaniques	9
5.3 Durabilité	10
5.4 Essai Micro-Deval	11
5.5 Granulats grossiers	12
5.6 Granulats fins	13
6.0 CONCLUSIONS	14

EFILE: atr024fp.pdf January 14, 1999

1. INTRODUCTION

Un comité de vérification des normes (CVN) a effectué en 1995 une révision du manuel sur la construction ASG-06¹, publié par l'unité du Transport aérien, Services d'architecture et de génie (SAG), Travaux publics et Services gouvernementaux Canada. Ce comité se composait de gens du secteur privé et de membres du personnel de l'unité du Transport aérien. La vérification avait pour but de mettre à jour le manuel au regard des pratiques industrielles courantes et des développements technologiques. La nouvelle version du manuel ASG-06 (septembre 1996)² tient compte de certaines des recommandations du CVN. Celles auxquelles on n'a pas donné suite seront soumises à une seconde évaluation comme convenu. Le bureau national de Transport aérien, SAG, TPSGC, a demandé à la région de l'Atlantique de lui prêter son concours pour cette évaluation et de lui présenter un rapport a posteriori.

2. PORTÉE DES TRAVAUX

Les travaux nécessaires comportaient les trois éléments suivants :

- w La révision et l'évaluation de l'essai Micro-Deval.
- w L'étude de la méthode d'essai Rice modifiée, telle que proposée par le programme Canadian Asphalt Mix Exchange (CAMEP), et sa comparaison avec la méthode d'essai de détermination de la masse volumique maximale des mélanges de revêtements bitumineux (ASTM D2041-95). Un rapport est présenté sous pli séparé.
- w La comparaison des méthodes d'essai ASTM D1557 et ASTM D4718 avec la méthode de détermination en laboratoire de la masse volumique décrite au paragraphe 2.4.1 du manuel ASG - 06². Un rapport est présenté sous pli séparé

Le présent rapport fait état de la revue des méthodes d'essai et autres méthodes et de l'étude documentaire connexe servant à déterminer la qualité des granulats qui sont utilisées par les autres organismes des transports, y compris les ministères provinciaux des Transports. Le rapport traite plus spécifiquement de la méthode d'essai Micro-Deval.

¹ ASG-06, Sept.1994. Construction de chaussées. Matériaux et essais, normes canadiennes et pratiques recommandées en génie aéroportuaire, TPSGC, SAG, Transport aérien.

² ASG-06, Sept.1996. Construction de chaussées. Matériaux et essais, normes canadiennes et pratiques recommandées en génie aéroportuaire, TPSGC, SAG, Transport aérien

3. MÉTHODES D'ESSAI DE TPSGC

Pour évaluer les propriétés inhérentes des granulats utilisés dans la construction de chaussées, comme la résistance à l'usure et à la fragmentation, la durabilité et la résistance au gel-dégel, Transport aérien de TPSGC a toujours pris en compte les résultats de trois types d'essai en laboratoire notamment, l'essai d'usure au rattler (appareil Los Angeles - ASTM C131)³, l'essai de résistance à la désagrégation (en solution de sulfate de magnésium) (ASTM C88)⁴ et l'essai d'absorption d'eau (ASTM C127)⁵. Les exigences normatives d'essai de TPSGC pour les granulats des couches de fondation, des couches portantes inférieures, les mélanges de béton asphaltique chauds et le béton de ciment Portland sont énoncées aux annexes B, C et F du manuel ASG-06². Le tableau 1 ci-dessous les résume :

Tableau 1
Exigences d'essai des granulats de TPSGC en matière de résistance à l'usure et à la fragmentation, de durabilité et de résistance au gel-dégel

Type de granulat	Essai d'usure au rattler ASTM C131 ³ (% max.)	Résistance à la désagrégation (en solution de sulfate de magnésium ASTM C88 ⁴ (% max.))	Absorption ASTM C127 ⁵ (% max.)
Fondation	45	S/o	S/o
Couche portante inférieure	50	S/o	S/o
Mélange de béton asphaltique chaud			
Couche inférieure- Granulat grossier	30	12	2,00
Granulat fin	S/o	16	S/o
Couche de roulement- Granulat grossier	25	12	2
Granulat fin	S/o	16	S/o
BCP * Granulat grossier	35**	12 ***	S/o
Granulat fin	S/o	16 ***	S/o

* Granulats grossiers et fins conformes à la norme CSA-A23.1⁶ ** CSA-A23.2-16A⁷
*** CSA-A23.2-9A⁸

³ ASTM C131-89. Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.

⁴ ASTM C88-90. Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate.

⁵ ASTM C127-93. Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate.

⁶ CSA-A23.1-94. Béton - Constituant et exécution des travaux.

⁷ CSA-A23.2-16A. Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by

RÉVISION ET ÉVALUATION DE L'ESSAI MICRO-DEVAL

Tous les spécialistes régionaux des matériaux de Transport aérien, SAG, TPSGC, nous ont confirmé que les granulats qui ont satisfait aux exigences des essais d'usure au rattler, de résistance à la désagrégation et d'absorption d'eau, indiquées au tableau 1, ont présenté, à quelques exceptions près, un rendement satisfaisant sur le terrain.

M. Abbas Alli Khan, spécialiste des matériaux de la région de l'Ontario, (416) 512-5777, quant à lui, ne pouvait se rappeler aucun projet pour lequel les granulats conformes aux exigences d'essai indiquées au tableau 1 s'étaient mal comportés. On n'utilise pas la méthode Micro-Deval comme paramètre d'essai dans les projets de Transport aérien, TPSGC, pour la région de l'Ontario.

Le même commentaire a été exprimé par M. Adrian P. Joseph, spécialiste des matériaux de la région du Pacifique, (604) 623-6259. Par contre, M. Joseph a indiqué que certains granulats que l'on trouve en Colombie-Britannique ont la réputation de se détériorer prématurément lorsqu'ils sont utilisés dans des mélanges de béton asphaltique chauds. D'ailleurs, les entrepreneurs ne proposent habituellement pas ces granulats de mauvaise qualité. M. Joseph ne possède pas de données de laboratoire sur la provenance de ces granulats parce que ceux-ci ne sont pas utilisés dans les projets soumis à des essais de contrôle de la qualité. On n'utilise pas la méthode Micro-Deval comme paramètre d'essai dans les projets de Transport aérien, TPSGC, pour la région du Pacifique.

M. Surinder Singh, spécialiste des matériaux de la région de l'Ouest, (204) 983-7704, a également confirmé que les exigences d'essai des granulats conviennent en général pour évaluer l'appropriation des granulats à l'usage auquel on les destine. Il a mentionné quelques sources d'approvisionnement de qualité douteuse en Saskatchewan, mais ne pouvait produire de résultats d'essais en laboratoire pour comparer le rendement des granulats provenant de ces sources, car ceux-ci ne sont pas utilisés dans les projets soumis à des essais de contrôle de la qualité. On n'utilise pas la méthode Micro-Deval comme paramètre d'essai dans les projets de Transport aérien, TPSGC, pour la région de l'Ouest.

Mr. Jacques Dumeignil, spécialiste des matériaux de la région du Québec, (514) 633-3935, a également indiqué que les exigences d'essai des granulats conviennent en général pour évaluer l'appropriation à l'usage et le rendement à long terme des granulats. Il a signalé un cas d'exception à savoir la défaillance prématurée d'une chaussée en béton asphaltique mélangé à chaud à l'aéroport de Québec. On croit que le granulats de mauvaise qualité qui a été utilisé (schiste) est responsable des désordres observés, tels que éclatements, arrachement et pénétration du liant. Les résultats des essais de résistance à la désagrégation avaient été, dans ce cas-ci, très marginaux. M. Dumeignil, qui n'a pas participé au volet du contrôle/assurance de la qualité aux étapes de l'acceptation de la source et de la construction, a indiqué que, compte tenu de la faiblesse des résultats, le recours à un essai de détermination du numéro pétrographique (NP) ou à l'essai Micro-Deval, par exemple, aurait donné une meilleure indication de la piètre qualité de la

Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.

⁸ CSA-A23.2-9A. Soundness of Aggregate by Use of Magnesium Sulfate.

RÉVISION ET ÉVALUATION DE L'ESSAI MICRO-DEVAL

source des granulats. Il a ajouté qu'il modifiera les prochains cahiers de charges concernant la région métropolitaine de Québec en y précisant un NP maximal et y incluant les exigences d'essai Micro-Deval⁹ que le ministère des Transports du Québec (MTQ) vient dernièrement d'adopter.

Dans la région de l'Atlantique, Transport aérien, TPSGC, ne prescrit pas l'essai Micro-Deval aux fins de l'évaluation de l'appropriation à l'usage des granulats. Les exigences d'essai des granulats, indiquées au tableau 1, conviennent en général pour évaluer l'appropriation à l'usage et le rendement à long terme de ce matériau. Cependant, le décollement prématuré du liant routier de la surface des granulats que l'on observe dans certaines chaussées de béton asphaltique mélangé à chaud est un désordre que ne couvrent pas nécessairement les exigences d'essai du tableau 1. L'essai d'immersion Marshall, décrit à l'annexe L du manuel ASG-06², complète les exigences d'essai susmentionnées en mesurant l'incidence sur la stabilité Marshall de l'action de l'eau; toutefois, cet essai n'autorise pas une représentation exacte du rendement à long terme des granulats. Les préoccupations à propos de la réaction alcaline des granulats des chaussées en béton de ciment Portland sont abordées dans l'annexe F, révisée, du manuel susmentionné, laquelle renvoie à l'annexe B, « Réaction alcaline des granulats » de la norme CSA-A23.1⁶.

⁹ Détermination du coefficient d'usure par attrition à l'aide de l'appareil Micro-Deval, gros granulats, NQ 2560-070, Bureau de normalisation du Québec.

4. AUTRES ORGANISMES

4.1 Ministère de la Voirie et des Transports de la Saskatchewan

Personne-ressource : Randy Smith, (306) 787-4935.

Ce ministère ne prescrit pas l'essai Micro-Deval pour évaluer les granulats de construction.

4.2 Ministère des Transports du Manitoba

Personne-ressource : Doreen Burdey, (204) 945-1371.

Ce ministère ne prescrit pas l'essai Micro-Deval pour évaluer les granulats de construction.

4.3 Ministère des Transports et des Communications de la Nouvelle-Écosse

Personne-ressource : Paul Reynolds, spécialiste des services techniques (902) 860-2999.

Les essais exigés pour les granulats des mélanges de béton asphaltique chauds (NSDOT Standard Specification Book, avril 1996) sont l'essai d'usure au rattler³, l'essai de résistance à la désagrégation (en solution de sulfate de sodium)⁴, l'essai de détermination du numéro pétrographique (NP), l'essai d'absorption d'eau⁵ et l'essai de désenrobage (AASHTO T-283). On effectue actuellement des recherches aux fins de l'application de l'essai Micro-Deval aux granulats des mélanges de béton asphaltique mélangé chauds. Pour l'heure, les granulats des couches de fondation ne sont soumis qu'aux essais Micro-Deval et d'absorption d'eau. Les normes ne prescrivent plus les essais d'usure au rattler et de la résistance à la désagrégation pour les granulats des couches de fondation. Par contre, les granulats pour chaussées en béton de ciment Portland doivent satisfaire aux exigences de la norme CSA-A23.1⁶.

Une étude interministérielle¹⁰ a recommandé d'exiger l'essai Micro-Deval¹¹ lorsque la perte atteint la valeur maximale de 25 % dans le cas des granulats grossiers des couches de fondation. Les auteurs concluent que cet essai présente une bonne répétabilité et permet de détecter les granulats qui se comportent mal comme le shale. Le coût de l'essai équivaldrait, à peu près, à celui de l'essai d'usure au rattler. Les auteurs recommandent, entre autres, d'éliminer l'essai de résistance à la désagrégation à cause de sa faible répétabilité et d'un délai de retour trop long.

¹⁰ Paul Reynolds, Granular Specifications Evaluation and Recommendations, NSDOT, 1994.

¹¹ Method of Test for the Resistance of Coarse Aggregate to Degradation by Abrasion in the Micro-Deval Apparatus, LS-618, 1993, Ministère des Transports, Ontario, Manuel d'essais en laboratoire

4.4 Ministère des Transports de l'Ontario (MTO)

Personne-ressource : Stephen A. Senior, ingénieur principal des granulats
(416) 235-3743.

Le MTO utilise la méthode d'essai Micro-Deval LS-619¹² pour évaluer les granulats fins utilisés dans les bétons de ciment Portland et les mélanges de béton asphaltique chauds. Il utilise également la méthode d'essai LS-618¹¹ pour évaluer les granulats grossiers utilisés dans les bétons de ciment Portland et les mélanges de béton asphaltique chauds, les couches granulaires et les couches portantes inférieures. Le tableau 2 présente les exigences d'essai Micro-Deval que le MTO a adoptées, ou qu'il est sur le point d'adopter.

Tableau 2
EXIGENCES D'ESSAI MICRO-DEVAL

	Granulats fins LS-619 ¹² % max. de perte	Granulats grossiers LS-618 ¹¹ % max. de perte
Béton de ciment Portland	20,00	15,00
Mélange de béton asphaltique chaud Couche de roulement	20,00	15,00
Couche inférieure	25,00	20,00
Couche granulaire		25*
Couche portante inférieure		30*

* L'essai Micro-Deval a remplacé les essais de détermination du NP et d'usure au rattler.

4.5 Ministère des Transports du Québec (MTQ)

Personne-ressource : Guy Tremblay (418) 644-0181.

Le MTQ a inscrit l'essai Micro-Deval dans son « Cahier de clauses générales » en décembre 1995. L'essai pour les granulats grossiers porte le numéro d'identification NQ 2560-070⁹ et celui pour les granulats fins, le numéro LC-21-101¹³. Le MTQ a entièrement révisé son cahier des charges sur les granulats; les granulats sont maintenant séparés selon leurs caractéristiques comme la résistance à l'usure et aux chocs. Les exigences d'essai Micro-Deval prescrites par le MTQ sont indiquées aux tableaux 3 et 4.

¹² Method of Test for the Resistance of Fine Aggregate to Degradation by Abrasion in the Micro-Deval Apparatus, LS-619, 1993, Ministère des Transports de l'Ontario, Manuel d'essais en laboratoire.

¹³ Détermination du coefficient d'usure par attrition à l'aide de l'appareil Micro-Deval, granulats fins, LC-21-101, Laboratoire central, Ministère des Transports du Québec

RÉVISION ET ÉVALUATION DE L'ESSAI MICRO-DEVAL

Tableau 3
Exigences de résistance à l'usure
des granulats fins établies par le MTQ

Granulats fins	Micro-Deval LC-21-101 ¹³ % max. de perte
Béton asphaltique mêlé à chaud	30 ou 35
Béton de ciment Portland	35,00

Tableau 4
Exigences de résistance à l'usure et aux chocs
des granulats grossiers établies par le MTQ

Catégorie de granulat *	Micro-Deval (MD) NQ-2560-070 ⁹ % max. de perte	Essai d'usure au rattler (UR) % max. de perte	MD + UR % max. de perte
1,00	15,00	35,00	40,00
2,00	20,00	45,00	55,00
3,00	25,00	50,00	70,00
4,00	30,00	50,00	75,00
5,00	35,00	50,00	80,00
6	40,00	50,00	85,00

* De la catégorie 1 pour les couches de roulement en béton asphaltique mélangé à chaud à la catégorie 6 pour les couches portantes inférieures granulaires. Les granulats doivent satisfaire à toutes les exigences des trois colonnes MD, UR, et MD + UR.

4.6 Ministère des Transports et des Travaux publics de l'Île-du-Prince-Édouard

Personne-ressource : Ron Chinery, (902) 368-4740.

Le ministère des Transports et des Travaux publics de l'Île-du-Prince-Édouard ne prescrit pas l'essai Micro-Deval pour évaluer les granulats de construction. Le programme d'essais de comparaison en laboratoire qu'il a entrepris n'est pas encore terminé. Les essais exigés pour les granulats des mélanges de béton asphaltique chauds (General Provisions and Contract Specifications for Highway Construction and Maintenance, avril 1996) sont l'essai d'usure au rattler³, l'essai de résistance à la désagrégation (en solution de sulfate de magnésium)⁴, l'essai d'absorption d'eau⁵ et l'essai de détermination du numéro pétrographique (NP). Les granulats des couches de fondation sont soumis à l'essai d'usure au rattler, à l'essai de résistance à la désagrégation (en solution de sulfate de magnésium)

RÉVISION ET ÉVALUATION DE L'ESSAI MICRO-DEVAL

et à l'essai de détermination du numéro pétrographique. Les granulats pour chaussées en béton de ciment Portland doivent satisfaire aux exigences de la norme CSA-A23.1⁶.

4.7 Ministère des Transports du Nouveau-Brunswick

Personne-ressource : Andy Leger, (506) 453-2619

Pour l'heure, le ministère des Transports du Nouveau-Brunswick ne prescrit pas l'essai Micro-Deval pour évaluer les granulats de construction. Les essais exigés pour les granulats grossiers des mélanges de béton asphaltique chauds (NBDOT General Specifications, janvier 1995) sont : l'essai de détermination du NP, l'essai d'usure au rattler³ et l'essai de résistance à la désagrégation (en solution de sulfate de sodium⁴). On utilise ce dernier type d'essai pour évaluer les granulats fins des mélanges de béton asphaltique chauds. Les essais exigés pour les granulats des mélanges de béton de ciment Portland sont : l'essai de résistance à la désagrégation (en solution de sulfate de sodium) et l'essai d'usure au rattler. Le ministère a effectué des essais expérimentaux en laboratoire sur les granulats utilisés dans la province à l'aide de l'appareil Micro-Deval. Les résultats préliminaires indiquent que la combinaison des essais Micro-Deval et de gel-dégel¹⁴ sans contrainte semble une solution adéquate pour prédire le rendement à long terme des granulats grossiers. Le ministère des Transports du Nouveau-Brunswick confirme la répétabilité et la reproductibilité de l'essai Micro-Deval. Le tableau 5 présente les exigences de l'essai Micro-Deval qui devaient être appliquées à certains projets de construction en 1996.

Tableau 5
Exigences proposées pour l'essai Micro-Deval
par le ministère

Granulats grossiers	Micro-Deval LS-618 ¹¹ % max. de perte
Couches granulaires	25,00
Béton asphaltique mélangé à chaud Couche de roulement	14,00
Couche inférieure	18,00

¹⁴ Unconfined Freeze-Thaw Test for Coarse Aggregate, LS-614, MTO, Manuel d'essais en laboratoire.

4.8 Ministère des Travaux, des Services et des Transports de Terre-Neuve

Personne-ressource : Keith S. Foster, (709) 729-2441.

Ce ministère ne prescrit pas l'essai Micro-Deval pour évaluer les granulats fins des mélanges de béton asphaltique chauds mais établit à 20 % la perte maximale pour l'essai décrit dans la norme CSA A23.2-23A¹⁵. Selon la division 3 du cahier des charges, daté d'avril 1995, du ministère, « si l'on ne dispose pas du matériel nécessaire pour effectuer l'essai CSA A23.2-23A¹³, on peut utiliser l'essai de résistance à la désagrégation (en solution de sulfate de magnésium), décrit dans la norme ASTM C88, en respectant, toutefois, la limite maximale de perte de 15 % ». Les essais exigés pour les granulats grossiers des mélanges de béton asphaltique chauds (NBDOT General Specifications, janvier 1995) sont : l'essai d'usure au rattler³, l'essai de résistance à la désagrégation (en solution de sulfate de magnésium⁴), l'essai de détermination du NP, l'essai d'absorption d'eau et l'essai de gel-dégel sans contrainte¹⁶. Les granulats des mélanges de béton de ciment Portland doivent satisfaire aux exigences de la norme CSA-A23.1⁶ et leur NP ne doit pas être supérieur à 135. Les granulats des couches de fondation sont soumis à l'essai d'usure en rattler et à l'essai de détermination du NP.

5. ANALYSE

5.1 Rendement des granulats

Pour que les granulats se comportent adéquatement sur le terrain, ils doivent au préalable satisfaire à un certain nombre d'exigences qui ont trait au comportement mécanique, à la résistance aux intempéries, à la stabilité chimique, à la granulométrie, à la forme et à l'état de surface, ainsi qu'à la résistance aux agents de désagrégation. Nous abordons dans les pages qui suivent les exigences qui s'appliquent au comportement mécanique et à la résistance aux intempéries afin de déterminer si les méthodes d'essai, actuellement utilisées par TPSGC, peuvent prédire convenablement le rendement à long terme des granulats et si ce ministère devrait adopter l'essai Micro-Deval.

5.2 Contraintes mécaniques

Les contraintes mécaniques qui provoquent la fragmentation, l'usure et le polissage des granulats peuvent être générées au cours de leur manutention et de leur transport. La mise en place et le compactage engendreront également les phénomènes de fragmentation et d'usure par frottement. Les granulats sont exposés à des contraintes maximales (usure par frottement) au cours du malaxage du béton. Les couches de roulement en béton de ciment Portland et celles en béton asphaltique mélangé à chaud sont exposées au problème de

¹⁵ Method of Test for the Resistance of Fine Aggregate to Degradation by Abrasion in the Micro-Deval Apparatus, CSA-A23.2-23A, 1994.

¹⁶ Method of Test for Resistance of Unconfined Coarse Aggregate to Freezing and Thawing, CSA-A23.2-24A.

fragmentation due à la fatigue et aux chocs des particules qui sont causés par l'action des aéronefs et des véhicules, y compris le matériel de déneigement et de balayage.

L'essai de réception largement utilisé en Amérique du Nord pour mesurer la résistance à la rupture mécanique des granulats grossiers est l'essai d'usure au rattler³. On l'utilise couramment depuis le début des années 1930 et il est cité dans les cahiers de charges de la plupart des organismes des transports des provinces et des États. Ce type d'essai est considéré comme une mesure de la résistance aux chocs plutôt qu'une mesure de la résistance à l'usure¹⁷. C'est pourquoi au début des années 1980, l'ASTM a introduit le terme « Impact » dans le titre de l'essai.

Une étude sur les granulats, réalisée dernièrement par l'Ontario, a révélé que l'essai d'usure au rattler était un bon moyen de prédire la vulnérabilité des granulats grossiers à la rupture mécanique (à l'état sec) mais sans plus¹⁷. L'examen pétrographique (NP¹⁸) est aussi un moyen approprié de déterminer la résistance à la fragmentation. L'essai d'usure au rattler est pratique pour détecter les matériaux friables qui ont tendance à se désagréger sous les chocs quoiqu'il ne permette pas de mesurer adéquatement le frottement des particules entre elles généré par les surcharges cycliques. Une autre faiblesse de l'essai est liée à la capacité des particules d'argile ou de schiste d'absorber les chocs des billes d'acier et d'y résister. En revanche, ces mêmes particules se désagrégeraient facilement si elles étaient éprouvées à l'état mouillé¹⁰. L'essai d'usure au rattler ne permet pas de détecter les matériaux sensibles à la dégradation à l'état mouillé¹⁹.

5.3 Durabilité

L'exposition aux conditions climatiques telles que les cycles d'humidité-sécheresse et de gel-dégel a une incidence majeure sur la durabilité des granulats utilisés dans les couches de fondation, dans le béton de ciment Portland et dans le béton asphaltique mélangé à chaud. Les fondants chimiques et l'urée peuvent également participer à la détérioration des granulats et avoir un effet d'accélération des dommages dus au gel-dégel. En Amérique du Nord, on évalue habituellement la durabilité et la résistance aux intempéries des granulats de construction à l'aide des essais de résistance à la désagrégation et d'absorption d'eau, quoique le premier comporte des inconvénients, notamment : son déroulement est long, sa reproductibilité douteuse, sa répétabilité faible et la corrélation des résultats avec les données de rendement sur le terrain difficile à établir^{10,17,20,21}. Dans

¹⁷ C.A.Rodgers and S.A.Senior, Predicting Aggregate Performance Using the Micro-Deval Abrasion Test, 3rd Annual Symposium for the C.F.A.R., U.of T., 1995

¹⁸ Marc-André Bérubé, Aggregate Performance and Importance of Composition, Université Laval, département de géologie, 1994

¹⁹ P.Gilbert, Normes de contrôle qualitatif des granulats pour la construction routière, étude bibliographique, projet 78F-164 A, 1981

²⁰ S.A.Senior, C.A.Rogers, Laboratory Tests for Predicting Coarse Aggregate Performance In Ontario, Transportation Research Record No.1301, Engineering Materials Office, MTO, 1991.

²¹ C.A.Rodgers, Micro-Deval Test for Evaluating the Quality of Fine Aggregate for Concrete and Asphalt, Transportation Research Record , No 1301, MTO, 1991.

l'essai de désagrégation, la cristallisation des sels solubles dans les pores des granulats simule la formation de la glace. Ce procédé, a été jugé acceptable à l'époque où l'essai a été mis au point, soit en 1828²¹, car on ne disposait d'aucun moyen pour geler l'eau en laboratoire. Il existe aujourd'hui des instruments et des méthodes qui permettent de recréer fidèlement en laboratoire les conditions de gel-dégel²². Ces méthodes d'essai de gel-dégel applicables aux granulats grossiers sont les méthodes MTO LS-614¹⁴ et CSA-A23.2-24A¹⁶. En outre, la norme CSA-A23.1⁶ stipule que les granulats grossiers utilisés dans le béton de ciment Portland n'ont pas à être soumis à l'essai de résistance à la désagrégation (en solution de sulfate de magnésium) s'ils ne présentent pas plus de 6 % de perte par suite de l'essai de gel-dégel sans contrainte de la CSA¹⁶. L'essai de résistance à la désagrégation (en solution de sulfate de magnésium) a été utilisé pendant de nombreuses années en Amérique du Nord pour évaluer l'appropriation à l'usage des granulats fins. Comme nous l'avons signalé plus tôt, ce type d'essai présente malheureusement une faible reproductibilité comme le confirme l'absence de valeurs absolues pour l'essai des granulats fins dans la norme ASTM C-88.

5.4 Essai Micro-Deval

Bien que les quatre essais de réception normalisés, notamment, l'essai de résistance à la désagrégation, l'essai d'usure au rattler, l'essai d'absorption d'eau et l'essai de détermination du numéro pétrographique, permettent de différencier les granulats sous le rapport de la qualité, ils réussissent moins bien à prédire le rendement sur le terrain lorsqu'il s'agit de granulats de qualité marginale. L'essai Micro-Deval est prescrit par les ministères des Transports du Québec, de l'Ontario et de la Nouvelle-Écosse, comme complément aux essais de réception normalisés susmentionnés et, dans certains cas, comme essai de remplacement. Plusieurs autres organismes provinciaux des Transports sont en train d'évaluer cet essai et prévoient le mettre en vigueur dans un avenir prochain.

L'essai Micro-Deval a d'abord été appelé essai Deval dans les années 1900¹⁹. L'ASTM l'a normalisé sous la désignation ASTM D-2 (1908) puis D-289 (1928). Ces normes ont été abrogées depuis. Un essai d'usure par frottement à l'état mouillé, appelé essai Micro-Deval, a été mis au point en France dans les années 1960²³. La plupart des normes pertinentes courantes en sont inspirées. Il sert à mesurer la résistance à l'usure par frottement réciproque des granulats en présence d'eau.

La procédure générale de l'essai Micro-Deval consiste à tremper des granulats grossiers dans de l'eau puis à les placer dans un baril en acier de 195 mm de diamètre avec de l'eau et 5 kg de billes d'acier de 9,5 mm de diamètre. On fait ensuite tourner le baril pendant deux heures après quoi on fait sécher les granulats et les passe dans un tamis à maillage de 1,2 mm afin de déterminer le pourcentage de perte. Pour les granulats fins, la procédure diffère : on lave 700 g de sable déposé sur un tamis à maillage de ,075 mm puis

²² D.Boothe, Development of an Unconfined Freeze-Thaw Test for Coarse Aggregates, Report EM-87, MTO, 1989.

²³ C.Tourenq, L'essai Micro-Deval, Bulletin Liaison Laboratoire, Routières, Ponts et chaussées, Paris, France, N° 50, 1971

on le fait sécher au four. Un sous-échantillon représentatif de 500 g est ensuite plongé dans de l'eau puis placé dans un contenant d'acier avec de l'eau et 1250 g de billes d'acier. On fait tourner le contenant pendant 15 minutes. L'échantillon est ensuite lavé sur un tamis à maillage de ,075 mm afin de déterminer le pourcentage de perte.

5.5 Granulats grossiers

En comparant, à l'aide des résultats obtenus pour 106 éprouvettes de granulats grossiers, l'essai Micro-Deval et l'essai de résistance à la désagrégation (en solution de sulfate de magnésium)²¹ on a constaté une similitude entre les résultats des deux essais quoique le premier (Micro-Deval) était plus précis. Par suite d'essais de comparaison en laboratoire, on a constaté¹⁷ que l'essai Micro-Deval permettait de mieux différencier les granulats pour couches de fondation sous le rapport de la qualité que l'essai d'usure en rattler. Il semble que la supériorité de l'essai Micro-Deval soit attribuable à l'utilisation de l'eau alors que l'essai d'usure au rattler est avant tout un essai de résistance aux chocs effectué avec des granulats secs. En outre, dans ce dernier essai il est difficile d'établir une corrélation des résultats avec les données du rendement sur le terrain lorsque le pourcentage de perte est inférieur à 50. L'essai Micro-Deval a une bonne répétabilité et une bonne reproductibilité^{10,17,21}.

M. Guy Tremblay du MTQ déclare²⁴ «... cet essai génère probablement le plus de renseignements pertinents sur la qualité des granulats... Au Québec, les matériaux les plus performants portent des numéros de désignation Micro-Deval inférieurs à 10. On les considère comme des granulats à très haut rendement s'ils se comportent bien à l'essai d'usure au rattler, ce qui est habituellement le cas ». Le MTQ étudie actuellement l'essai de gel-dégel sans contrainte et l'essai de fracturation Washington comme essai complémentaire ou de remplacement de l'essai de résistance à la désagrégation. Ce dernier essai n'a pas été utilisé pour évaluer les granulats calcaires depuis le milieu des années 1980 au Québec pour la principale raison que ses résultats sont trop inconstants et ne correspondent pas au rendement observé sur le terrain.

La constatation la plus importante qu'a faite le ministère des Transports de la Nouvelle-Écosse au cours d'une enquête préliminaire¹⁰ a été que certains granulats sédimentaires grossiers subissaient une forte dégradation lorsque soumis à l'essai Micro-Deval et à un essai de gel-dégel. Ces matériaux de qualité marginale satisferaient aux exigences des normes provinciales actuelles sur les essais de résistance à la désagrégation et d'usure au rattler. Toutefois, l'essai de détermination du numéro pétrographique, exigé par la province, en interdirait l'emploi dans les mélanges de béton asphaltique chauds. Les ministères des Transports du Québec et de la Nouvelle-Écosse ont tous deux confirmé que cet essai présentait un inconvénient majeur à cause de sa piètre reproductibilité et de son caractère subjectif. La désignation pétrographique est néanmoins utile en déterminant les granulats qui sont susceptibles de réagir avec le ciment Portland ou les granulats tendres qui sont impropres pour le béton asphaltique

²⁴ Guy Tremblay, Méthodes d'analyse sur les granulats, 1994, ministère des Transports du Québec

mélangé à chaud. TPSGC n'exige pas de numéro pétrographique pour les granulats de construction. Il se fie uniquement aux exigences d'essai indiquées au tableau 1.

Le MTO a étudié la performance des essais de résistance à la désagrégation, d'absorption d'eau, de détermination du NP et de gel-dégel sans contrainte, pour granulats grossiers, par rapport au rendement observé sur le terrain et est arrivé à la conclusion suivante : aucun essai ne peut à lui seul établir une distinction entre un rendement bon, passable et faible des granulats noyés dans le béton²¹. L'étude a indiqué que la combinaison des essais Micro-Deval et de gel-dégel était la méthode la plus fiable pour prédire le rendement sur le terrain des granulats grossiers noyés dans du béton de ciment Portland. On a également constaté qu'il était préférable d'utiliser l'essai Micro-Deval plutôt que l'essai d'usure au rattler et que l'essai de conception britannique de détermination de la résistance à l'usure (AAV), pour évaluer la résistance à l'usure des granulats grossiers noyés dans le béton asphaltique mélangé à chaud.

5.6 Granulats fins

En 1992, le MTO a remplacé l'essai de résistance à la désagrégation (en solution de sulfate de magnésium) par l'essai Micro-Deval pour les granulats fins, comme le montre le tableau 2, à cause des écarts prononcés des résultats obtenus d'un laboratoire à l'autre et, dans certains cas, de son incapacité à prédire le rendement sur le terrain. L'essai Micro-Deval a donné de bons résultats jusqu'à présent en Ontario au chapitre de l'évaluation des granulats fins destinés aux mélanges de béton asphaltique chauds.

Selon la norme CSA-A23.1⁶, les granulats fins n'ont pas à être soumis à l'essai de résistance à la désagrégation (en solution de sulfate de magnésium) s'ils ne présentent pas plus de 20 % de perte par suite de l'essai Micro-Deval de la CSA¹⁵. En outre, la norme indique que : « Cet essai pour granulats fins est rapide, présente une excellente précision et autorise la corrélation des résultats avec ceux de l'essai de résistance à la désagrégation (en solution de $MgSO_4$), lequel est plus complexe et moins précis ».

Les cahiers des charges de la plupart des organismes de transports ne contiennent pas d'autre exigence que l'exigence de plasticité pour la catégorie des granulats fins.

6. CONCLUSIONS

L'essai d'usure au rattler (appareil Los Angeles) donne des résultats dont la corrélation avec les données sur le rendement in situ est difficile à établir et ne peut détecter les matériaux qui ont tendance à se désagréger lorsqu'ils sont mouillés. L'essai Micro-Deval permet de distinguer les granulats pour couches de fondation sous le rapport de la qualité. Il a montré de belles qualités en tant qu'indicateur du rendement sur le terrain des granulats grossiers des couches de fondation. Nous recommandons que TPSGC utilise en premier lieu l'essai Micro-Deval pour évaluer les caractéristiques de la résistance mécanique des granulats grossiers des couches de fondation des chaussées d'aérodrome. Une limite maximale de perte de 25% permettrait de différencier les mauvais granulats des granulats acceptables. On devrait conserver l'essai d'usure au rattler jusqu'à ce qu'on ait recueilli et évalué un nombre suffisant de données d'essais de comparaison.

Nous recommandons que TPSGC continue de prescrire les exigences énoncées dans la norme CSA A23.1⁶ qui s'appliquent aux granulats fins et grossiers noyés dans le béton de ciment Portland et d'autoriser l'utilisation de l'essai Micro-Deval comme solution de remplacement pour l'évaluation des granulats fins.

L'essai Micro-Deval autorise la corrélation des résultats avec ceux de l'essai de résistance à la désagrégation. En outre, il demande une fraction du temps nécessaire au second - deux jours au lieu de dix - et sa reproductibilité est supérieure à celle de l'essai de résistance à la désagrégation. On devrait donc considérer l'essai Micro-Deval comme un essai valide aux fins de la prédiction du rendement à long terme sur le terrain des granulats pour béton asphaltique mélangé à chaud. Par contre, les manuels MS-2²⁵ et SP-2²⁶ du Asphalt Institute ne le proposent pas comme moyen d'évaluer les propriétés des sources d'approvisionnement des granulats. Les exigences type de qualité que les organismes provinciaux ont adoptées, ou qu'ils sont sur le point d'adopter, établissent à 14 % et à 20 % la perte maximale pour les granulats grossiers et fins respectivement utilisés dans le béton asphaltique mélangé à chaud.

Pour l'heure, nous suggérons à TPSGC d'étudier la possibilité de prescrire l'essai Micro-Deval à titre d'essai supplémentaire dans les régions en utilisant, comme référence, les exigences provinciales pertinentes. On devrait conserver pour le moment les exigences d'essai indiquées au tableau 1. Nous tenons à signaler qu'un certain nombre d'organismes provinciaux ne prescrivent l'essai Micro-Deval que depuis 1996 et que les autres sont en train de réécrire leurs cahiers des charges ou envisagent d'emboîter le pas aux premiers.

²⁵ Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot-Mix Types MS-2, Sixth Edition.

²⁶ Superpave Level 1 Mix Design, Asphalt Institute Superpave Series No.2 (SP-2), Aug 1995.

RÉVISION ET ÉVALUATION DE L'ESSAI MICRO-DEVAL

Nous recommandons que TPSGC évalue, avant de prescrire l'essai Micro-Deval, les différentes méthodes d'essai notamment, les méthodes CSA A23.2-23A¹⁵, LC-21-101¹³ et LS-619¹², pour les granulats fins, et LS-618¹¹ et NQ 2560-070⁹, pour les granulats grossiers, dans le but de déterminer quelle méthode conviendrait le mieux.

En dernier lieu, nous recommandons que TPSGC incorpore l'essai Micro-Deval dans la liste des essais exigés à titre de référence et de méthode d'essai supplémentaire à utiliser surtout lorsque le granulat disponible localement est de qualité marginale.

Tout bureau régional qui utilise l'essai Micro-Deval devrait en informer le Centre national d'expertise (CNE) à Ottawa pour que ce dernier puisse coordonner la collecte et l'enregistrement des données et veiller à ce que l'expérience profite à toutes les parties concernées dans toutes les régions du pays.