

PROBLÉMATIQUE

Les résidus d'aciérie sont des matériaux résistants utilisables dans les fondations et les revêtements de chaussées (1). Les caractéristiques présentées au tableau 1 le démontrent. Des problèmes ont cependant été éprouvés par certaines administrations routières (2) en raison du gonflement de certains résidus, résultat d'un stockage inapproprié à la sortie de l'aciérie. Le présent bulletin trace un bilan de l'utilisation de résidus d'aciérie au ministère des Transports du Québec (MTQ).

Les oxydes de calcium et de magnésium contenus dans les scories ont tendance à s'hydrater et à se transformer en hydroxydes de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$ et de magnésium $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Cette réaction chimique entraîne une augmentation de volume des oxydes de l'ordre de 5 à 10 % dans le cas du $\text{Ca}(\text{OH})_2$ et de plus de 100 % dans celui du $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Ces augmentations de volume peuvent provoquer des changements appréciables de la surface ou de la fondation d'une chaussée.

PRODUCTION

La fabrication de l'acier comporte deux étapes. La première est la fusion du minerai de fer préalablement réduit et de la ferraille dans un four à arc électrique au moyen d'oxygène et d'un fondant. Cette étape produit de l'acier brut et des scories d'aciérie de four à arc électrique (SAFAE). La deuxième étape est l'affinage de l'acier brut « en poche » pour y ajouter les alliages requis pour fabriquer le type d'acier visé. L'affinage produit un autre type de scories, les scories d'aciérie de four poche (SAFP). Ils sont composés des mêmes oxydes, mais dans des proportions différentes. Seuls les SAFAE sont utilisées dans les chaussées et doivent satisfaire aux exigences du MTQ.

MÛRISSEMENT DES SCORIES

Pour que le gonflement des scories se fasse avant leur utilisation, il faut les laisser mûrir. Le mûrissement consiste à les hydrater. L'hydratation peut se faire de façon naturelle en exposant les piles de résidus aux intempéries pendant plusieurs mois ou en les arrosant de manière à accélérer le processus d'hydratation. Le concassage subséquent des scories expose des minéraux non hydratés et nécessite une période supplémentaire de mûrissement.

L'évolution du processus doit faire l'objet d'un contrôle précis, en s'assurant que le gonflement (essai ASTM D 4792) est inférieur à 0,5 % à 7 jours (ASTM D 2940). De manière générale, le mode de traitement des scories et la cadence de contrôle doivent être adaptés à l'utilisation qui est faite des scories.

CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

Leur résistance aux chocs, à l'usure, aux cycles de gel et de dégel ainsi qu'au polissage de même que leur angularité et leur affinité avec les bitumes (tableau 1) font de ces résidus des granulats à hautes performances, autant pour la fraction grossière que fine. La tenue à l'eau après mûrissement et la résistance à l'orniérage sont généralement excellentes. La valeur du Cpp, supérieure à 0,55, en fait des granulats de choix pour les enrobés de surface. Les granulats fabriqués à partir de scories d'aciérie se classent dans la catégorie 1a en ce qui a trait au gros granulat, et dans la catégorie 1 en ce qui a trait au granulat fin (norme 2101).

Plusieurs essais de laboratoire ont été réalisés sur des enrobés de types EB-10S et EG-10 posés en 2001 et contenant des scories et du bitume de classe de performance PG 64 34 (tableau 2). Les résultats des essais à l'orniérage sont excellents. Les essais à la presse à cisaillement giratoire (PCG) donnent des pourcentages de vides assez élevés, ce qui indique que ces enrobés avec scories sont moins maniables que ceux qui n'en contiennent pas. Le MTQ travaille aussi à l'élaboration de mélanges ESG-10 à différents pourcentages de scories. La forte absorption de bitume par ces granulats impliquent une teneur en bitume légèrement plus élevée que pour un autre enrobé sans pour autant nuire à la résistance à l'orniérage.

ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

Le Service de l'aménagement des infrastructures et de l'environnement du MTQ a réalisé une évaluation environnementale des scories SAFAE (3). L'étude est favorable à l'utilisation de ces matériaux dans les enrobés, les fondations, les sous-fondations et les remblais; leur utilisation comme abrasif n'est cependant pas recommandée. Le MTQ doit répertorier les sites d'utilisation de ces résidus et en suivre le comportement.

SECTIONS EXPÉRIMENTALES

Deux sections de l'autoroute 30 à Contrecoeur (DJMA = 9000; poids lourds = 22 %) ont été recouvertes en 1989 d'un enrobé MB 5 en couche de correction posée à 29 kg/m², contenant à certains endroits 45 % de scories d'aciérie, recouvert d'un autre enrobé MB 5 posé à 77 kg/m² et contenant 45 % ou 80 % de scories. Le pourcentage de bitume 80-100 utilisé était de 5,6 %.

Les fissures existantes sont réapparues rapidement en raison de la faiblesse de la plate-forme initiale. Onze ans plus tard, le taux de fissuration est élevé à cause de la fatigue. L'arrachement est prononcé dans les sentiers de roues de la voie de droite, davantage

dans les sections à 45 % de scories. Le comportement du revêtement est bon au regard de l'orniérage, de la durabilité et de l'adhérence, même après 11 ans de service. Aucune ornière n'a été constatée dans les sections à 80 % de scories après 11 ans. Le tableau 3 indique une hausse du CFT en 1993, attribuable probablement à l'usure différentielle des granulats. La macrotexture a été mesurée au moyen de l'essai de hauteur au sable en 1991 (0,75 mm) et en 2001 (de 0,95 à 1,4 mm) sur les sections à 45 % de scories. Elle a fait l'objet d'un relevé en continu sur les sections à 80 % de scories en 2001 : sa variation y est plus régulière que sur les sections à 45 % de scories. De manière générale, l'adhérence est encore supérieure à la limite (CFT > 55), et même largement supérieure dans les sections à 80 % de scories (CFT > 69). On peut noter (tableau 3) que le CFT est similaire jusqu'en 1995 sur les sections à 45 % et à 80 % de scories (CFT moyen), alors qu'il est différent en 2001 en raison de la dégradation différente des deux sections.

La section d'essai, réalisée à l'automne 2001 sur une bretelle de l'autoroute 40 à Saint-Laurent, contient 515 tonnes d'enrobé EG-10 avec 58 % de scories. Un suivi de performance est en cours.

CONCLUSION

Le MTQ a relativement peu utilisé de scories d'aciérie comme matériau de chaussée. Les résultats des essais confirment cependant la bonne performance de ces granulats et leurs excellentes caractéristiques intrinsèques. Le suivi adéquat de leur mûrissement devrait favoriser leur utilisation dans les chaussées québécoises, une fois leur gonflement achevé. Ces granulats peuvent être avantageusement employés dans les régions déficitaires en matériaux granulaires ou sur des routes fortement

sollicitées, notamment en couche de surface en raison de leurs bonnes caractéristiques d'adhérence. Les propriétés du matériau et ses coûts de production doivent cependant être considérés avant son utilisation.

RÉFÉRENCES

(1) Savard, Y. et Rioux, N. 1993, « Recyclage des matériaux dans le domaine routier », *Recherche Transport*, Bulletin d'information scientifique du MTQ, vol. 11, juin 1993.

(2) Chong, G.J. et Wrong, G.A., 1992, *Open Friction/ Dense Friction Course Pavement Performance Evaluation*, rapport réalisé pour le ministère des Transports de l'Ontario, Mitchell, Pound & Braddock Ltd., Toronto.

(3) Ministère des Transports du Québec, 2000, *Évaluation environnementale des scories d'acier d'Ispat-Sidbec*, Série Environnement n° 629, Service de l'aménagement des infrastructures et de l'environnement, Montréal.

RESPONSABLES : Bruno Marquis, ing.
Michel Paradis, ing., M. Sc.
Service des matériaux
d'infrastructures
Aziz Amiri, D. ing.
Service des chaussées

DIRECTEUR :



Michel Labrie, ing.

Gros granulat		Granulat fin
Caractéristiques intrinsèques	Caractéristiques complémentaires	Caractéristiques intrinsèques et de fabrication
Los Angeles : 21 % Micro-Deval : 8 %	Coefficient de polissage par projection : 0,55 Propreté : 0 % Motte d'argile et particules friables : 0 % Potentiel de gonflement : 0,18 % à 0,34 % à 7 j. ASTM D 4792 (1995) Densité : de 3,1 à 3,3 Radioactivité : aucune	Friabilité : 16 % Micro-Deval : 5 % Coefficient d'écoulement : 85
Caractéristiques de fabrication		
Fragmentation : 100 % Particules plates : 0 % Particules allongées : 0 %		

Tableau 1 : Caractéristiques des scories d'aciérie

	EB-10S (100 % scories)	EB-10S (90 % scories)	EG-10 (58 % scories)
% d'ornières à 1 000 cycles	2,7	2,1	3,1
% d'ornières à 3 000 cycles	6,5	5,0	3,9
% d'ornières à 10 000 cycles	11,9	10,0	5,1
% de vides à 10 girations	15,6	15,2	15,7
% de vides à 80 girations	7,6	7,9	7,3
% de vides à 200 girations	4,6	5,4	4,2
Densité maximale	3,16	3,12	2,88

Tableau 2 : Caractéristiques des enrobés avec scories d'aciérie (section 2001)

Année	% Scories	Voie de droite	Voie de gauche
1991	45 et 80	84,8	84,0
1992	45 et 80	88,1	99,6
1993	45 et 80	99,0	98,0
1995	45 et 80	75,3	76,0
2001	45	59,0	75,0
2001	80	69,0	81,0

Tableau 3 : Coefficient de frottement transversal (CFT) sur l'autoroute 30 (section 1989)