

CANQ
TR
1481
7
Broch.

Recherches Transport

REÇU
CENTRE DE DOCUMENTATION

DEC 3 1982

TRANSPORTS QUÉBEC

7

Revêtement en béton de ciment clouté

Ministère des Transports
Centre de documentation
930, Chemin Ste-Foy
6e étage
Québec (Québec)
G1S 4X9

CANQ
TR
GE
LC
120
7



Transports
Québec

No de codification: RTQ-82-02
Auteur du rapport: Paul A. Brochu
Étude produite par le
ministère des Transports du Québec

Comité de la recherche, président:
Jean-Réal LaHaye
Directeur des communications:
Jacques De Rome

Secrétaire de la rédaction:
Michel Bélisle, 643-7052
700, boul. Saint-Cyrille est
18^e étage, Place Hauteville
Québec (Québec) G1R 5H1

Centre de documentation, responsable:
Donald Blais, 643-3578
700, boul. Saint-Cyrille est
24^e étage, Place Hauteville
Québec (Québec) G1R 5H1

Dépôt légal: 2^e trimestre 1982
Bibliothèque nationale du Québec
ISSN 0228-5541
Composition: Composition Orléans inc.

Avec la prolifération des études et des recherches effectuées par le ministère des Transports du Québec ou pour son bénéfice, il devenait urgent de trouver un outil de consultation simple et rapide. *Recherches Transport* s'inscrit donc dans une politique d'accessibilité à l'information scientifique telle que préconisée dans le livre blanc **Un projet collectif: énoncé d'orientations et plan d'action pour la mise en œuvre d'une politique québécoise de la recherche scientifique.**

Ce document technique s'adresse à toute personne, entreprise ou institution dont les champs d'intérêt concernent les disciplines reliées au transport. L'auteur de l'étude ou de la recherche présente lui-même un résumé clair de son travail.

Dans tous les cas, un exemplaire du rapport peut être consulté au Centre de documentation du Ministère.

Recherches Transport est publié par la Direction des communications du ministère des Transports du Québec, pour le compte du Comité de la recherche.

18746

Revêtement en béton de ciment clouté

Face à l'augmentation du coût de la construction routière, il devient de plus en plus important de mettre au point de nouvelles techniques qui nous permettront de faire des routes qui coûtent moins cher, qui sont de qualité supérieure et qui sont plus durables.

Dans cet ordre d'idée, il fallait trouver un moyen de réduire l'usure excessive des dalles de béton de ciment pour éliminer l'orniérage et d'augmenter les propriétés antidérapantes du revêtement pour donner aux usagers une sécurité accrue.

Pour atteindre ces objectifs, deux solutions se présentaient.

La première solution consistait à utiliser une méthode, mise au point au Danemark, dans laquelle toute la dalle est construite avec un granulats de haute performance, peu polissable et résistant à l'usure. Pour augmenter l'adhérence, les granulats sont mis à nu en enlevant le mortier superficiel du béton. Pour ce faire, on pulvérise sur le béton frais un retardateur de prise.

Le lendemain, après durcissement du béton, on brosse la surface de manière à éliminer le mortier. Cette technique, appelée dénudage, a le désavantage de nécessiter des granulats de haute performance sur toute l'épaisseur de la dalle. Elle contribue de ce fait à augmenter considérablement le coût de la dalle, étant donné l'éloignement, la plupart du temps, des sources de granulats de qualité.

La deuxième solution qui s'offrait pour réduire l'usure excessive des dalles et pour augmenter leurs propriétés antidérapantes, c'est celle qui a été utilisée sur l'autoroute 40, à Batiscan, qu'on appelle le cloutage.

Cette technique, développée par le Centre de Recherches Routières Belge, consiste à distribuer de façon uniforme des granulats de haute performance, d'un calibre déterminé, sur la surface du béton frais et à les incruster au moyen d'une poutre de damage de manière qu'ils dépassent légèrement la surface du béton.

Texture superficielle

Ce procédé flexible permet d'adapter la texture superficielle de la dalle de béton selon le type de circulation, les conditions climatiques et l'environnement. En Belgique, par exemple, où l'on a un fort volume de circulation lourde, des conditions climatiques peu sévères, où la pollution par le bruit semble moins préoccuper les gens, une texture grossière et râpeuse avec un coefficient de friction transversale élevé fut adaptée.

Il faut cependant ajouter que les projets exécutés en Belgique le sont généralement en milieu rural où il y a peu d'habitations. En France, où on attache beaucoup plus d'importance au bruit de roulement de la circulation, la texture du revêtement est davantage fermée.

QTRD

CANQ

TR

1481

7

Broch.

1

Au Québec, avec des conditions climatiques sévères et l'utilisation de grandes quantités d'agents déglaçants, nous avons privilégié une texture fermée, un peu semblable à celle qui est utilisée en France. Cette texture, en plus de conserver un fort coefficient de friction transversale, permet de réduire considérablement le bruit de roulement et d'éviter les problèmes d'arrachement des granulats qui auraient pu se présenter avec nos charrues au moment de l'entretien d'hiver.

Calibre et propriétés des granulats cloutés

Le calibre des granulats généralement utilisés pour le cloutage dans un béton à granulométrie 0,25 mm est de 12,5/19 mm. Avec des pierres plus grosses, la résistance à l'enfoncement est trop grande et, si elles sont trop petites, cette résistance est trop faible et on risque de perdre les granulats dans le béton frais. Pour faciliter l'enfoncement des granulats et permettre leur adhérence, il est très important que ceux-ci soient humides et propres.

Les granulats concassés pour le cloutage sont de préférence cubiques, bien fragmentés et doivent répondre aux exigences des granulats classe I du **Cahier des charges et devis généraux** du ministère des Transports, dont les principales exigences sont:

- le nombre pétrographique doit être inférieur à 120;
- la perte à l'essai de sulfate de magnésium doit être inférieure à 5%;
- la perte à l'essai Los Angeles doit être inférieure à 18%;

- le coefficient d'usure par frottement doit être inférieur à 8%.

Selon une compilation récente du Laboratoire central du ministère des Transports, plusieurs carrières réparties à travers le Québec peuvent nous fournir ce type de granulats. On n'entrevoit donc aucun problème de fourniture puisque le cloutage ne nécessite que de faibles quantités de granulats.

L'équipement pour le cloutage est accouplé à l'arrière de la machine de bétonnage à coffrages glissants. Il comporte une trémie de stockage des granulats, un registre pour le réglage de l'ouverture de la chute des granulats, un tambour de distribution entraîné par un variateur de vitesse permettant le réglage du taux des granulats et, finalement, une poutre vibrante de damage pour l'enfoncement des granulats. Toutes ces opérations sont effectuées à l'intérieur des coffrages glissants de la machine.

Taux d'application des granulats

Le taux d'application des granulats est fonction de leur calibre. Pour le calibre 12,5/19 mm, un taux d'épandage à raison de 6 à 8 kg/m² est recommandé. Sur l'autoroute 40, le calibre des granulats était de 9,5/19 mm et le taux d'application variait entre 5 et 6 kg/m².

Il est très important d'obtenir une distribution uniforme des granulats, si nous voulons éviter les nids de poule dans le revêtement et assurer un bon ancrage des granulats.

Des essais effectués en laboratoire à partir des carottes de dalles de béton prélevées sur le chantier de l'autoroute 40, à Batiscan, en collaboration avec le Centre régional de Trois-Rivières et du Laboratoire central, ont démontré l'importance du taux d'application des granulats de cloutage sur la résistance à l'usure d'un revêtement.

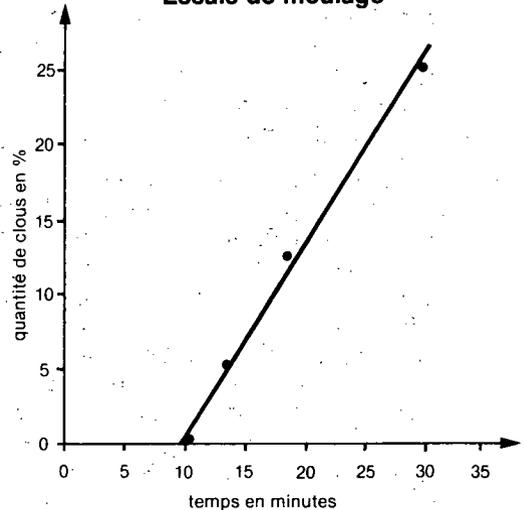
Le tableau 1 représente les résultats des essais de meulage. On constate qu'en l'absence des clous, le temps de meulage de la carotte de 100 mm de diamètre sur 1 mm d'épaisseur correspond à 9,7 minutes par rapport à 19 minutes pour 13,2% de clous ou encore, un taux d'application de 5 kg/m². On note que la résistance à l'usure de la carotte de la dalle de béton a plus que doublé par la présence des granulats de haute performance.

Si l'on considère maintenant un taux d'application de 21,1% ou 8 kg/m², le temps de meulage passe à 26 minutes, soit approximativement trois fois plus de résistance à l'usure que sans la présence des clous. Il y a donc avantage à maintenir le taux d'application des granulats de cloutage le plus élevé possible, si nous voulons réduire le phénomène d'ornièrage ou d'usure de la chaussée.

Nous avons obtenu à peu près les mêmes résultats à partir de l'essai Dorry qui est également un essai d'usure par frottement. Le tableau 2 donne les pertes obtenues lors des essais, selon le taux d'application des granulats de cloutage. En l'absence des clous, les pertes à l'essai sont de 0,54 gr/cm² comparativement à 0,38 gr/cm² avec 13,2% de clous ou 5 kg/m². Pour un taux

Tableau 1

Essais de meulage



d'application de 8 kg/m² ou 21,1%, les pertes sont de 0,28 gr/cm², soit deux fois moindres qu'en l'absence des clous.

Ces essais en laboratoire ne reflètent pas nécessairement le comportement qu'aura le revêtement en béton de ciment de l'autoroute 40, à Batiscan, soumis à la circulation, mais nous donne un bon indice de la résistance à l'usure accrue par la présence des granulats de haute performance à la surface du revêtement.

Le tableau 3 représente la distribution des granulats de cloutage pour les journées de bétonnage où le cloutage n'est pas tellement apparent en surface. On voulait s'assurer que la distribution des granulats était bonne et que les granulats n'étaient pas complètement enfoncés dans le béton frais.

Pour ce faire, nous avons prélevé des carottes sur les dalles en chantier et examiné à chaque millimètre d'épaisseur la présence des clous. Cette courbe représente la superficie des clous, à compter de 1 mm jusqu'à 11 mm de la surface de la dalle. On constate qu'à partir de 1 mm de la surface les clous sont présents et qu'à 4, 5, 6 mm de la surface se situe la plus grande superficie des clous. Cela est normal puisque nous avons des granulats de cloutage de 9,5 à 15 mm et que c'est au centre du granulat qu'on retrouve la plus grande surface. Le pourcentage de 13 à 14 correspond aussi au 5 kg/m² que nous avons recommandé comme taux d'application.

Essais de durabilité

Nous avons également fait effectuer par le Laboratoire central, sur huit échantillons de 150 mm de diamètre prélevés sur l'autoroute 40, des essais de gel et de dégel. Ces essais consistent à soumettre les échantillons recouverts de chlorure de calcium à 50 cycles de gel de 16 heures, à -18°C, et de dégel de 8 heures, à 23°C. Les résultats ont montré que seulement un clou sur deux échantillons fut arraché.

Sur deux autres carottes n'ayant aucun clou apparent en surface, 695 cycles de gel et de dégel, selon la norme de

Tableau 2
Essais de Dorry (modifié)

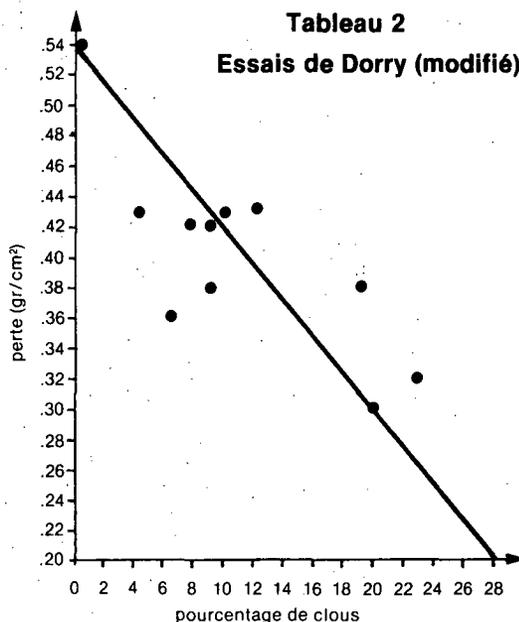
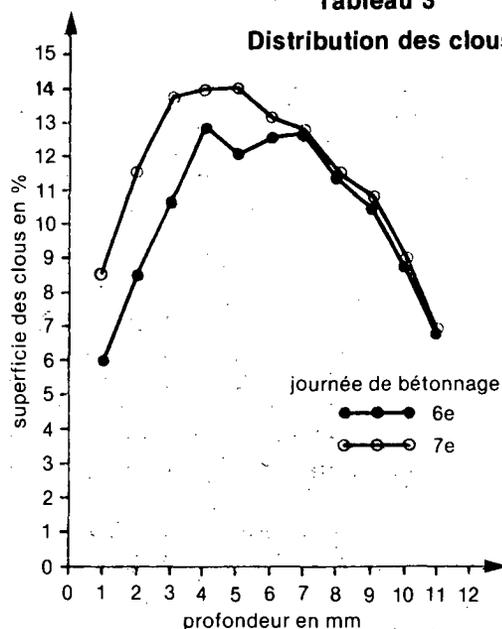


Tableau 3
Distribution des clous



ASTM-C-666, ont été effectués sans déceler aucune détérioration sur les carottes.

Les résultats de ces essais ont démontré clairement que le béton de ciment clouté se comporte très bien au gel et au dégel.

D'ailleurs, lors des essais de meulage sur les carottes prélevées sur le chantier de l'autoroute 40, nous n'avions noté aucun arrachement des granulats de cloutage même après 11 mm de meulage sévère.

Sommaire des résultats d'évaluation

De manière à évaluer objectivement les résultats du projet expérimental de Batiscan sur le béton clouté, un comité d'évaluation groupant six personnes a été formé pour déceler chaque défaut existant sur chacune des 740 dalles de 5 m. Le tableau 4 donne le sommaire de ces relevés.

On considérerait comme défauts majeurs le manque d'ancrage des clous, les ondulations de profil, les affaissements de bord de dalle, les fissures, les reprises de

Tableau 4

Autoroute 40 — Batiscan Revêtement en béton de ciment clouté

Journée de bétonnage	Défauts majeurs			Défauts mineurs	
	nombre de dalles	%	type	nombre de dalles	%
1	13/30	43.3	cloutage	1/30	3.3
	1/30	3.3	autres		
2	21/91	23.1	cloutage	11/91	12.1
	4/91	4.3	autres		
3	26/114	22.8	cloutage	8/114	7.0
	1/114	0.3	autres		
4	35/75	46.6	cloutage	7/75	9.3
	7/75	9.4	autres		
5	6/95	6.3	cloutage	12/95	12.6
	3/95	3.2	autres		
6	1/179	0.55	cloutage	46/179	25.6
	1/179	0.55	autres		
7	0/153	0	cloutage	8/153	5.2
	0/153	0	autres		
8	0/3	0	cloutage*	3/3	100
	0/3	0	autres		

* dalle non cloutée

béton, les dépressions dans les dalles et la ségrégation en surface. Comme défauts mineurs, on notait les arêtes mal faites en bordure du revêtement, l'apparence irrégulière de la surface, les joints à réparer ou pas complètement sciés et la verticalité du bord de la dalle.

Pour les quatre premières journées de bétonnage, le cloutage constituait le défaut d'importance. À compter de la cinquième journée, le cloutage était parfaitement maîtrisé et on ne relevait que des défauts mineurs.

À la lumière de ces résultats, on peut conclure que le cloutage est possible avec l'équipement modifié de l'entrepreneur. Les défauts qu'il reste à corriger sont des défauts que l'on rencontre lors de toute construction de revêtement en béton de ciment.

Autres avantages du béton clouté

Au début, il a été signalé que les revêtements en béton de ciment clouté permettaient d'augmenter le coefficient de friction transversale d'une chaussée et de réduire l'usure des revêtements en béton de ciment. Ce type de revêtement a également d'autres avantages. Par temps de pluie, on note une plus grande adhérence des véhicules sur la route, ce qui se traduit par une distance de freinage beaucoup plus courte que sur un revêtement non clouté. L'effet du miroir est fortement atténué, ce qui rend la conduite de nuit moins fatigante et plus sûre. Le bruit du roulement, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur du véhicule, est inférieur à d'autres types de traitement de surface.

Sur le plan économique, la durabilité de la texture du revêtement permet de maintenir ses propriétés physiques à long terme. La présence de granulats de haute performance en surface favorise l'utilisation de granulats locaux de moins bonne qualité dans la masse du béton. Il est possible d'obtenir une adhérence élevée aux endroits dangereux, à un coût très bas, étant donné la faible quantité de granulats que requiert cette technique.

L'expérience de Batiscan, sur l'autoroute 40, laisse présager des résultats intéressants. L'aspect cloutage est maintenant parfaitement maîtrisé par l'entrepreneur.

