

MINISTÈRE DES TRANSPORTS  
CENTRE DE DOCUMENTATION  
RUE DE LA LOI 100  
QUÉBEC (Q.C.)  
G1R 5K6

REVETEMENT EN BETON DE CIMENT CLOUTE  
AUTOROUTE 40 QUEBEC - TROIS-RIVIERES

CANQ  
TR  
GE  
EN  
560



Ministère des Transports  
direction expertises et normes  
service des sols et chaussées

469900

MINISTÈRE DES TRANSPORTS  
CENTRE DE DOCUMENTATION  
700, BOUL. RENÉ-LÉVESQUE EST,  
21<sup>e</sup> ÉTAGE  
QUÉBEC (QUÉBEC) - CANADA  
G1R 5H1



BROCHU, Paul-A., ing.

Ministère des Transports du Québec

MINISTÈRE DES TRANSPORTS  
CENTRE DE DOCUMENTATION  
PLACE HAUTE-VILLE, 24<sup>e</sup> ÉTAGE  
700 EST, BOUL. ST-CYRILLE  
QUÉBEC, QUÉBEC, G1R 5H1

REVÊTEMENT EN BÉTON DE CIMENT CLOUTÉ  
AUTOROUTE 40 QUÉBEC - TROIS-RIVIÈRES

CANQ  
TR  
GE  
EN  
560  
58

## RÉSUMÉ

### REVÊTEMENT EN BÉTON DE CIMENT CLOUTÉ

#### AUTOROUTE 40 QUÉBEC - TROIS-RIVIÈRES

Pour solutionner les problèmes d'orniérages et de réduction des propriétés antidérapantes des revêtements en béton de ciment soumis à un fort volume de circulation, une nouvelle technique, appelée «cloutage», a été utilisée au Québec au cours de la dernière année sur trois différents projets.

Originellement développée par le Centre de Recherches Routières Belge, cette technique a connu un très grand succès dans ce pays depuis plusieurs années. Elle consiste à distribuer de façon uniforme des granulats de haute performance sur la surface du béton frais et de les enchâsser de manière à obtenir un revêtement antidérapant et qui résiste à l'usure. Ce résultat est obtenu même en utilisant des granulats locaux polissables dans la masse du béton.

L'équipement pour le cloutage s'accouple facilement à l'arrière de la machine de bétonnage à coffrages glissants et nuit aucunement à la cadence de production de l'entrepreneur.

## SUMMARY

### SEEDING OF CONCRETE PAVEMENT

In order to overcome the problems of rutting and skidding of concrete pavements exposed to high volume of traffic, a new technique called «seeding» has been used in Quebec in the last year on three different projects.

Originally developed by the Centre des Recherches Routières of Belgium, the technique has been used very successfully in that country for many years. It consists in spreading uniformly small quantities of a high quality aggregate at the surface of a newly poured concrete pavement and embedding the rock fragments into the fresh mix in order to obtain a durable wear resistant and anti-skid surface. This result is obtainable even if local aggregates that do not stand up polishing is used in the bulk of the concrete.

The seeding equipment is easily mounted on the back of a slip form paver and has no influence on the rate of production of the contractor.

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
INTRODUCTION.....	1
TEXTURE SUPERFICIELLE.....	1
CALIBRE ET PROPRIETÉS DES GRANULATS CLOUTÉS.....	2
TAUX D'APPLICATION DES GRANULATS.....	2
CARACTÉRISTIQUES ET OUTILLAGE AUTOROUTE 40.....	2
EVALUATION SUR LE CHANTIER.....	5
ESSAIS EN LABORATOIRE.....	5
Essais de meulage.....	5
Essai Dorry (modifié).....	5
Essais de durabilité.....	9
Distribution des granulats.....	9
CONCLUSION.....	12

## INTRODUCTION

Devant l'augmentation des coûts de construction routière, il devient de plus en plus important de faire la mise au point de nouvelles techniques qui nous permettront de réaliser des routes à meilleur coût, de qualité supérieure et d'une plus grande durabilité.

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

Pour atteindre ces objectifs, deux solutions se présentaient:

La première consistait à utiliser une méthode de 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 procède à un brossage de 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 et contribue de ce fait à augmenter considérablement le coût de la dalle étant donné les distances de transport souvent très grandes des sources de granulats de qualité.

La deuxième solution qui s'offrait à nous pour réduire l'usure excessive des dalles et pour augmenter leurs propriétés antidérapantes, c'est celle que nous avons 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 trafic, les conditions climatiques et l'environnement. En Belgique, par exemple, où l'on a un fort volume de trafic lourd, des conditions climatiques peu sévères, où également la pollution par le bruit semble moins préoccupée les gens, une texture grossière et râpeuse avec un coefficient de friction transversale élevée fut adaptée. Il faut cependant ajouter que les projets exécutés en Belgique sont généralement en milieu rural où il y a peu d'habitation. En France, où on attache beaucoup d'importance au bruit de roulement de la circulation, la texture du revêtement est plus fermée. Au

Québec, avec des conditions climatiques sévères et l'utilisation de grandes quantités d'agents déglaçants, nous avons convenu d'une texture fermée. 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 lors 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 1 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 granulat. On entrevoit donc aucun problème de fourniture de granulat.

#### 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 en raison de 6 à 8 kg/m<sup>2</sup> est recommandé. Sur le projet de l'autoroute 40, le calibre des granulats était de 9,5/19 mm et le taux d'application variait entre 5 et 6 kg/m<sup>2</sup>.

#### CARACTÉRISTIQUES ET OUTILLAGE AUTOROUTE 40

Le tableau 1 donne les principales caractéristiques du projet en béton de ciment clouté de l'autoroute 40 à Batiscan. Pour ce projet, la dalle en béton a été construite par une machine à coffrages glissants autograde CMI. Ce train de bétonnage était complété par un engin de répartition et d'enchâssement des clous sur le béton frais, accouplé à l'arrière de la machine, dont les principaux constituants sont: une trémie de stockage 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 les opérations de cloutage sont effectuées à l'intérieur des coffrages glissants de la machine.

TABLEAU 1  
REVÊTEMENT EN BÉTON DE CIMENT CLOUTÉ  
AUTOROUTE 40 QUÉBEC - TROIS-RIVIÈRES

CARACTERISTIQUES

A. GENERALITES

Maître de l'ouvrage	- Ministère des Transports Gouvernement du Québec
Entrepreneur	- G.G. Construction Ltée
Longueur	- 8,11 km
Largeur	- 2 X 7,30 m
Période de bétonnage	- septembre-octobre 1981 juillet-août-septembre 1982

B. PROJETS

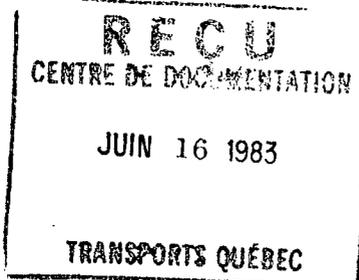
Sous-fondation	- 300 à 450 mm sable
Fondation	- 150 mm agrégat concassé 0-19a
Revêtement en béton	- 200 mm
Longueur des dalles	- 5 m
Joints transversaux	- joints de retrait goujonnés et sciés
Joint longitudinal	- joint scié avec barres d'ancrage entre 2 voies de circulation

C. MISE EN OEUVRE

Composition du béton	- classe 6, 25 mm, 30 MPa
Nature des agrégats	- Carrière Pax - Deschambault calcaire cristallin - groupe trenton
Nature du sable	- Banc Brouillette - St-Narcisse haute terrasse fluviale

TABLEAU 1 (suite)

Nature du ciment	- Portland normal ACNOR-A5
Adjuvant	- Agents d'occlusion d'air ASTM-C-260, 6% TCDA - dispersant
Train de bétonnage	- Type CMI, 2 vibro-finisseuses + lisseuse orthogonale
Produit de cure	- Sealtight WP60 - blanc, type 2, classe A
D. <u>Expérience de cloutage</u>	
Pierre de cloutage nature et calibre	- 51% gneiss granitique, 27% granite 9% anorthosite, 6% syenite 6% diorite - 12,5/19 mm
Taux de grenailage	- 5 à 6 kg/m <sup>2</sup>
Prétraitement	- lavage au chargement
Méthode d'enchâssement	- damage en avancement continu



## EVALUATION SUR LE CHANTIER

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 mètres. Le tableau 2 ci-après 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 béton, les dépressions dans les dalles et la ségrégation en surface. Comme défauts mineurs, les arêtes malformées en bordure du revêtement, l'apparence irrégulière de la surface, les joints à réparer ou pas complètement sciés et la verticalité du rebord de la dalle.

Pour les quatre premières journées de bétonnage, le cloutage était majoritairement le défaut d'importance. À compter de la cinquième journée, le cloutage était parfaitement sous contrôle et on note principalement que des défauts mineurs.

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

## ESSAIS EN LABORATOIRE

Des essais effectués en laboratoire à partir des carottes de dalle de béton prélevées sur le chantier de l'autoroute 40 à Batiscan, ont démontré l'importance du taux d'application des granulats de cloutage sur la résistance à l'usure d'un revêtement.

### Essais de meulage

La figure 1 représente les résultats des essais de meulage. On constate qu'à 0% de clou, 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/m<sup>2</sup>. 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/m<sup>2</sup>, le temps de meulage passe à 25 minutes, soit approximativement trois fois plus de résistance à l'usure que sans la présence des clous. Il y a donc avantage de 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 dans le temps.

### Essai Dorry (modifié)

Nous avons obtenu à peu près les mêmes résultats à partir de l'essai Dorry qui est également un essai d'usure par frottement. La figure 2 nous donne les pertes obtenues lors des essais selon le

TABLEAU 2

AUTOROUTE 40 - BATISCAN  
REVÊTEMENT EN BÉTON DE CIMENT CLOUTÉ

JOURNÉE DE BÉTONNAGE	DÉFAUTS MAJEURS			DÉFAUTS MINEURS	
	nombre de dalles	o/o	type	nombre de dalles	o/o
1	13/30 1/30	43.3 3.3	cloutage autres	1/30	3.3
2	21/91 4/91	23.1 4.3	cloutage autres	11/91	12.1
3	26/114 1/114	22.8 0.3	cloutage autres	8/114	7.0
4	35/75 7/75	46.6 9.4	cloutage autres	7/75	9.3
5	6/95 3/95	6.3 3.2	cloutage autres	12/95	12.6
6	1/179 1/179	0.55 0.55	cloutage autres	46/179	25.6
7	0/153 0/153	0 0	cloutage autres	8/153	5.2
8	0/3 0/3	0 0	cloutage* autres	3/3	100

\*dalle non cloutée

FIGURE 1

### ESSAIS DE MEULAGE

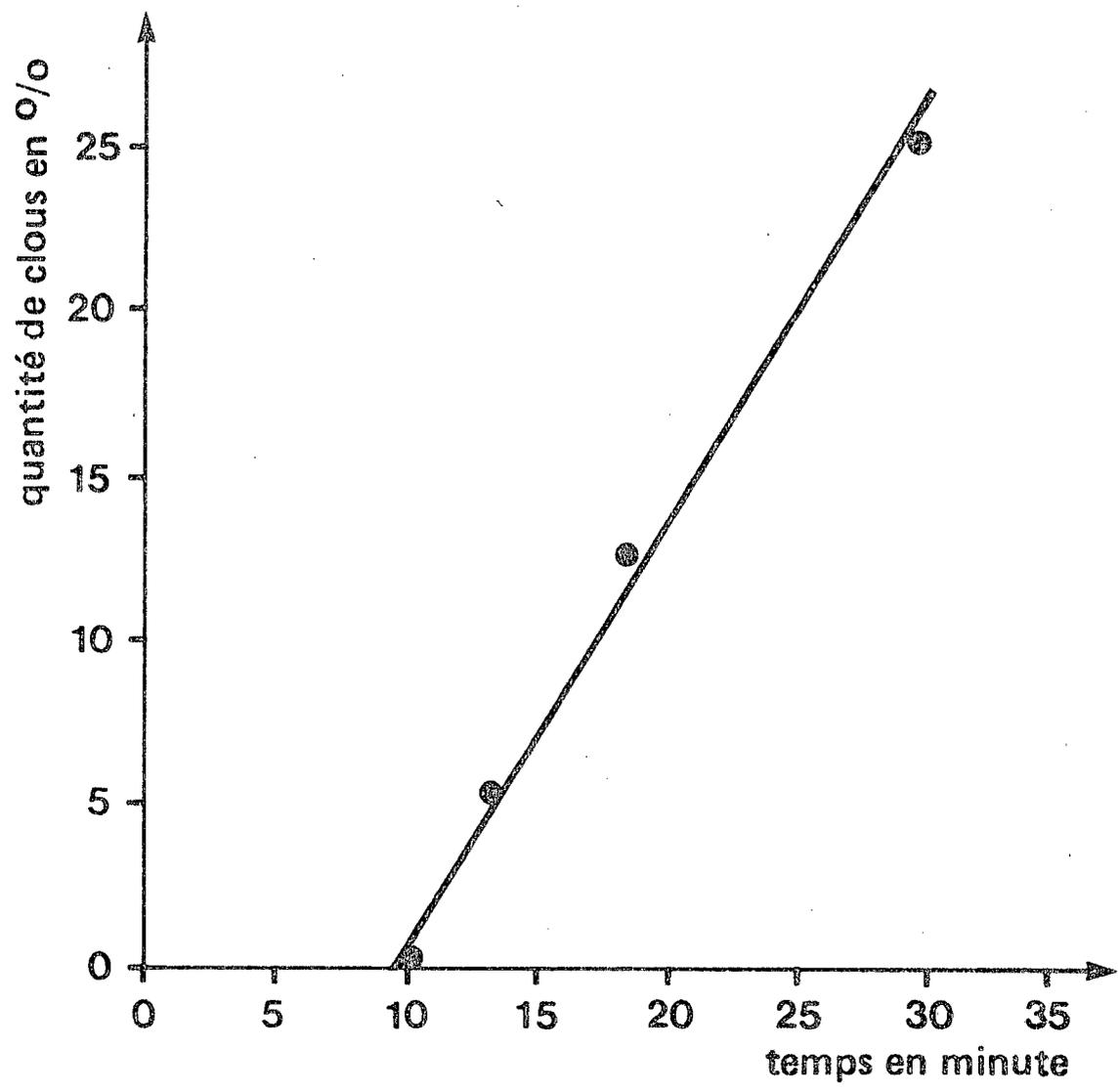
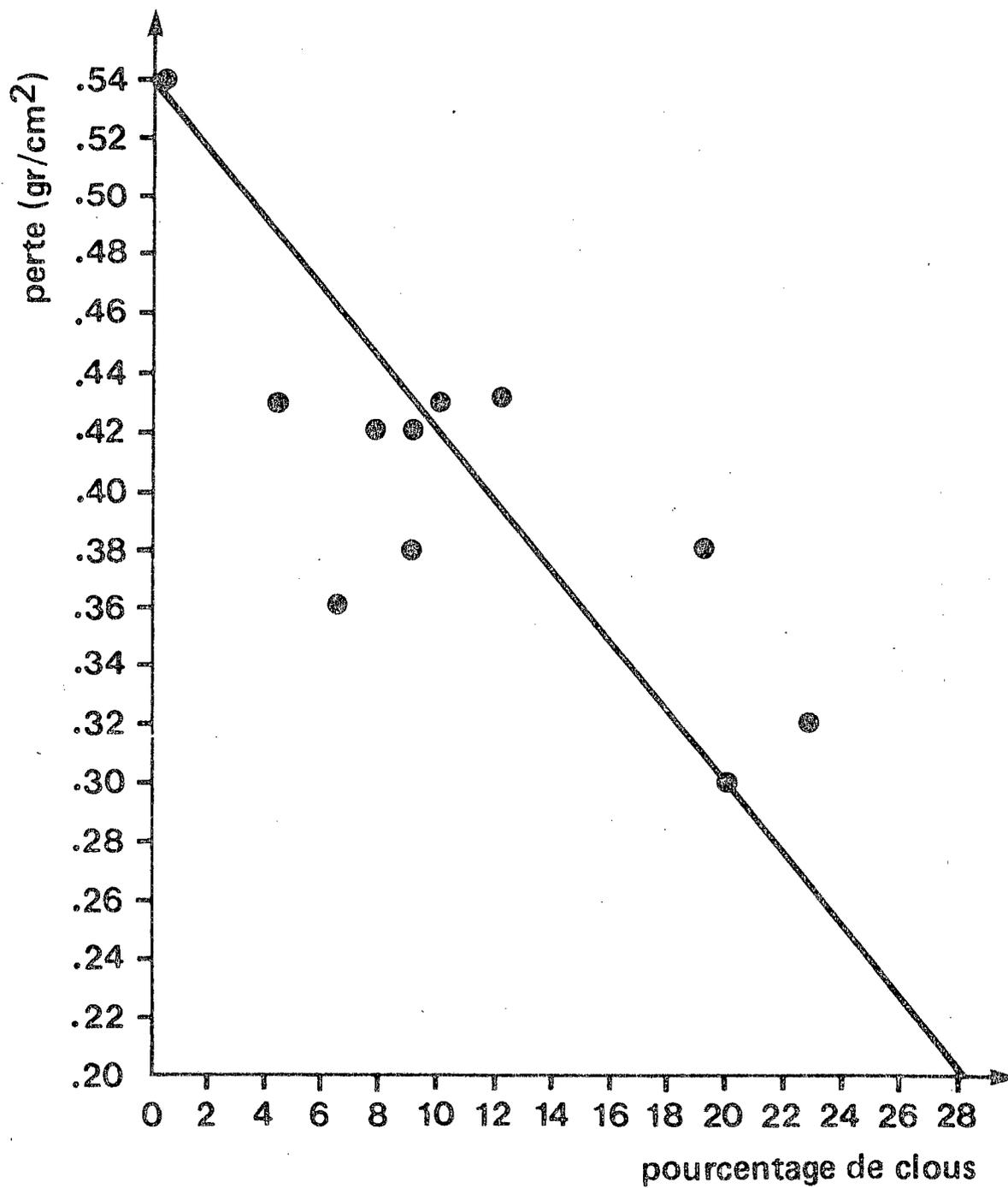


FIGURE 2

## ESSAIS DE DORRY (MODIFIÉ)



taux d'application des granulats de cloutage. Avec 0% de clou, les pertes à l'essai sont de 0,54 gr/cm<sup>2</sup> comparativement à 0,38 gr/cm<sup>2</sup>, soit environ deux fois moindre qu'avec 0% de clou.

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 sur la résistance à l'usure accrue par la présence des granulats de haute performance à la surface du revêtement.

Le tableau 3 est une compilation des résultats d'essais de diverses sources de granulat au Québec. Si l'on compare le coefficient d'usure Dorry du banc L/G Ltée (4.7), utilisé sur le projet de Batiscan, avec celui de la carrière St-Bruno par exemple (2.0), on constate qu'on aurait plus que doublé les résultats présentés sur les figures précédentes en utilisant ce type de granulat pour le cloutage.

#### Essais de durabilité

Nous avons également fait effectuer par le Laboratoire central, sur des échantillons de 150 mm de diamètre prélevés sur le projet de l'autoroute 40, des essais de gel et 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 où les granulats étaient très exposés, fut arraché.

Sur les carottes ayant aucun clou apparent en surface, 695 cycles de gel et dégel, selon la norme 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.

#### Distribution des granulats

Etant donné que notre texture superficielle était très fermée, pour s'assurer que la distribution des granulats était bonne et que les granulats n'étaient pas complètement enfoncés dans le béton frais, nous avons prélevé des carottes sur les dalles en chantier et examiné à chaque millimètre d'épaisseur la présence des clous. La figure 3 représente la superficie des clous à compter de 1 mm 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. Ceci est normal puisque nous avons des granulats de cloutage de 9,5 mm à 19 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/m<sup>2</sup> que nous avons recommandé comme taux d'application.

TABLEAU 3

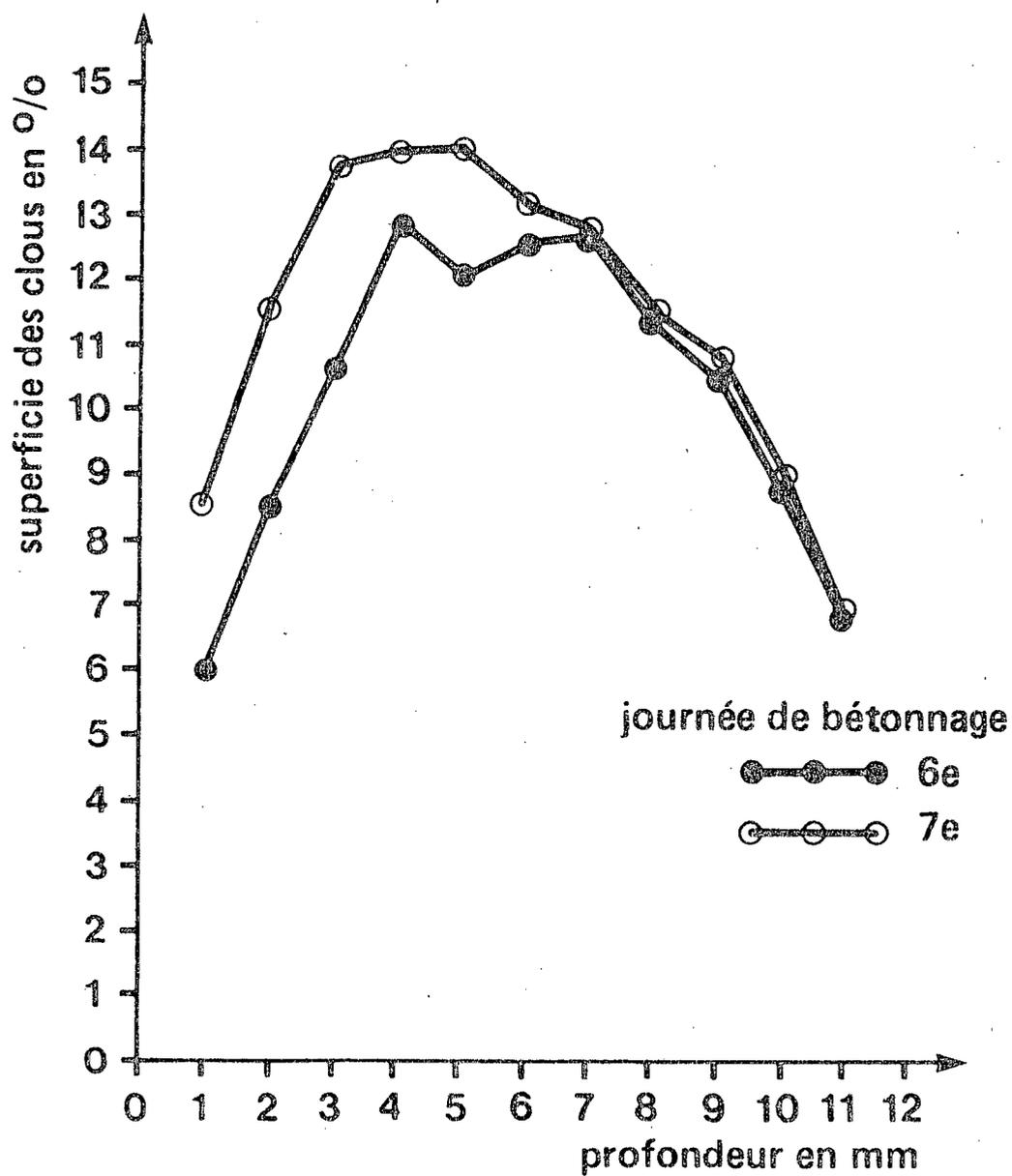
GRANULATS DE HAUTE PERFORMANCE

Provenance	Nature	Nombre pétrographique	Perte au MgSO <sub>4</sub>	Los Angeles	Coef. d'usure par frottement Dorry
Carrière Demix Varenes	100% Phonolite	100	0.7	15	3.9
Carrière St-Bruno St-Bruno	100% Basalt	100	0.2	11	2.0
Carrière Intercomtés Bromont	100% Pelite	100	1.4	13	3.9
Carrière St-Flavien St-Flavien	55% Andésite 30% Andésite amygdoidale 15% Andésite altéré	123	3.0	12	3.8
Sable L/G/ Ltée	51% Gneiss granitique 27% Granite 9% Anarthosite 6% Syenite 6% Diorite	102	0.6	18	4.7

Analyses faites par le Laboratoire central du MTQ

FIGURE 3

## DISTRIBUTION DES CLOUS



## CONCLUSION

Le cloutage des revêtements en béton de ciment permet sans aucun doute de réduire l'usure et le polissage des agrégats. La présence des granulats de haute performance à la surface du revêtement permet de maintenir les propriétés physiques du revêtement à long terme, tout en favorisant l'utilisation de granulats locaux de moins bonne qualité dans la masse du béton. Finalement, étant donné la faible quantité de granulat que requiert cette technique, il est possible d'obtenir un revêtement d'adhérence élevée et résistant à l'usure à un coût très bas.

L'expérience de Batiscan sur l'autoroute 40 a démontré que la technique du cloutage est maintenant parfaitement contrôlée. D'ailleurs d'autres contrats utilisant cette technique sont présentement en cours sur les autoroutes 40 et 440 à Ste-Anne-de-la Pérade et à Montréal, et donnent des résultats très satisfaisants avec une cadence de production très élevée, soit plus d'un kilomètre par jour pour une voie de 7,30 mètres de largeur. Les défauts mineurs ou majeurs, préalablement notés sur la section expérimentale, sont maintenant, à toute fin pratique, inexistantes.

## RÉFÉRENCES

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| Dussine M.                   | - «Une structure nouvelle de chaussée. La dalle épaisse de béton calcaire cloutée en surface»<br>Revue générale des routes et des aérodrômes, décembre 1981 |
| Fuchs F.                     | - «Nouveaux développements en matière de béton de ciment clouté»<br>Centre de Recherches Routières Belge, TRB janvier 1981                                  |
| Larrivée J.C. et Brochu P.A. | - «Autoroute 40, Donnacona - Trois-Rivières»<br>Ministère des Transports, février 1980  |
| Van Heystraeten G.           | - «Connaissances acquises en matière de béton de ciment clouté»<br>Centre de Recherches Routières Belge, janvier 1974                                       |

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 104 406