

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e
QUÉBEC, (QUÉBEC)
G1K 5Z1

REVETEMENT EN BETON CIMENT CLOUTE.

CANQ
TR
GE
EN
503

430462

Rapport No G1K 521	Code de classement RTQ-82-02	Date du rapport Janvier 82
Titre du rapport: Revêtement en béton de ciment clouté		Rapport d'étape ☐ Rapport final ☒ No du projet d'étude ou de recherche:
Auteur(s) du rapport: Paul A. Brochu, Ing.		
Objet de l'étude ou de la recherche: Comparaison économique entre le béton de ciment et le béton bitumineux dans les revêtements. Application de la technique de cloutage.		
Etude ou recherche financée par: (Nom et adresse de l'organisme)		
Etude ou recherche réalisée par: (Nom et adresse de l'organisme) Service des sols et chaussée. Ministère des Transports.		
Renseignements complémentaires:		
Résumé du rapport Des études récentes sur le comportement des autoroutes 13, 15 et 30 nous ont permis d'établir des plans types de construction de chaussée en béton de ciment qui rencontrent les exigences de notre trafic et des conditions particulières de notre climat. Toutefois, deux inconvénients majeurs restaient à surmonter, l'usure excessive des dalles et les propriétés antidérapantes du revêtement. Dans cette présentation, nous regardons d'abord les résultats des études des coûts et d'impact économique d'une construction de structures de chaussée en béton de ciment versus en béton bitumineux sur l'autoroute 40 entre Donnacona et Trois-Rivières et finalement nous décrirons cette nouvelle technique de construction mise au point par le Centre de Recherches Routières Belge, le cloutage des revêtements en béton de ciment qui permet d'éliminer les phénomènes d'orniérage dans les dalles et de conserver un coefficient de friction transversale élevé de la chaussée.		
Mots-clés Béton de ciment Béton bitumineux Ciment clouté	Diffusion autorisée ☒ Diffusion restreinte ☐ Diffusion interdite ☐ Révision par le Comité de direction ☐	<i>Paul A. Brochu</i> Directeur général Date: 82-02-23

RECU
CENTRE DE DOCUMENTATION
MAR 16 1982
TRANSPORTS QUÉBEC

QTRD

CANQ
TR
GE
EN
503

REVETEMENT EN BETON DE CIMENT CLOUTE

PAUL-A. BROCHU*

Devant l'augmentation graduelle des coûts du ciment asphaltique et du transport des matériaux de fondation, le ministère des Transports a décidé de regarder de plus près l'utilisation des revêtements en béton de ciment.

Des études récentes sur le comportement des autoroutes 13, 15 et 30 nous ont permis d'établir des plans types de construction de chaussée en béton de ciment qui rencontrent les exigences de notre trafic et des conditions particulières de notre climat. Toutefois, deux inconvénients majeurs restaient à surmonter, l'usure excessive des dalles et les propriétés antidérapantes du revêtement.

Dans cette présentation, nous regardons d'abord les résultats des études des coûts et d'impact économique d'une construction de structures de chaussée en béton de ciment versus en béton bitumineux sur l'autoroute 40 entre Donnacona et Trois-Rivières et finalement nous décrirons cette nouvelle technique de construction mise au point par le Centre de Recherches Routières Belge, le cloutage des revêtements en béton de ciment qui permet d'éliminer les phénomènes d'ornièrage dans les dalles et de conserver un coefficient de friction transversale élevé de la chaussée.

*Chef du service des Sols et chaussées
Ministère des Transports

Etude de coûts et d'impact économique

La figure 1 montre l'évolution des coûts du ciment asphaltique de 1975 @ 1981 avec une projection pour les années 1984-85. De 60\$ dollars en 1975 le ciment asphaltique a augmenté à 200\$ dollars la tonne métrique à la fin de l'année 1981. Si l'on considère le prix du pétrole à l'échelle mondiale et la tendance actuelle d'atteindre les prix de ce marché, nous sommes portés à croire que la projection du coût à 400\$ dollars la tonne métrique pour les années 1984-85 est réaliste.

Lors de l'étude du projet de construction de l'autoroute 40 en 1979-80 sur la rive nord du St-Laurent entre Donnacona et Trois-Rivières, nous avons calculé le coût de construction d'une structure de chaussée rigide en béton de ciment versus une structure souple en béton bitumineux. La figure 2 représente les rapports de coûts de ces deux types de structures en tenant compte des distances de transports des sources de matériaux. On constate sur cette figure que le rapport R_c/R_a varie de 1,44 à 10 kilomètres à 1,20 pour 40 kilomètres.

Pour établir ces coûts, nous avons considéré les structures de chaussée et la base de calcul montrée sur le tableau I.

A partir des coûts calculés sur la figure 2 et en tenant compte de l'augmentation des coûts du ciment asphaltique tel que présenté sur la figure 1, nous avons bâti le tableau II.

FIGURE 2

Rapport des coûts
Structures béton de ciment (Rc) vs béton bitumineux (Ra)

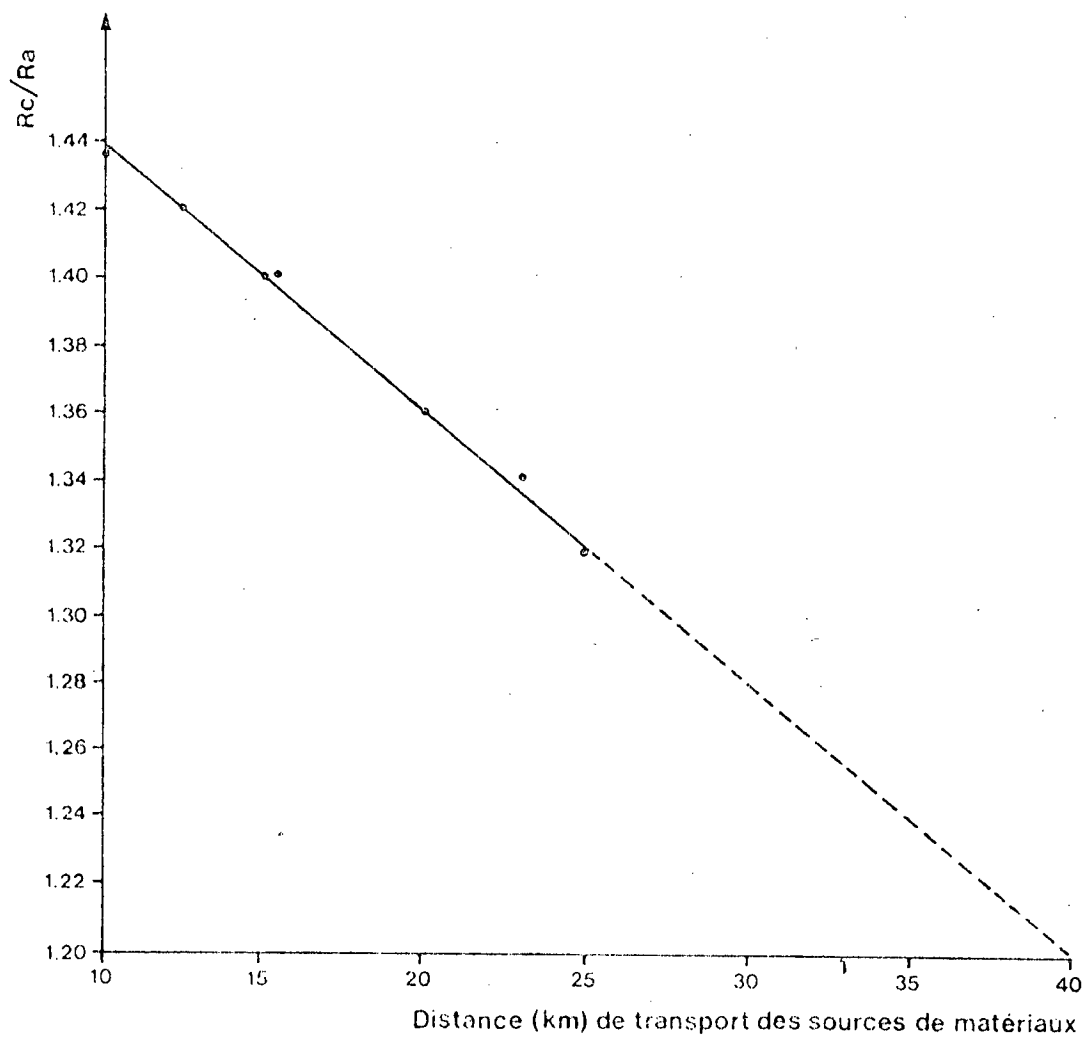


FIGURE 1

Augmentation projetée du ciment asphaltique

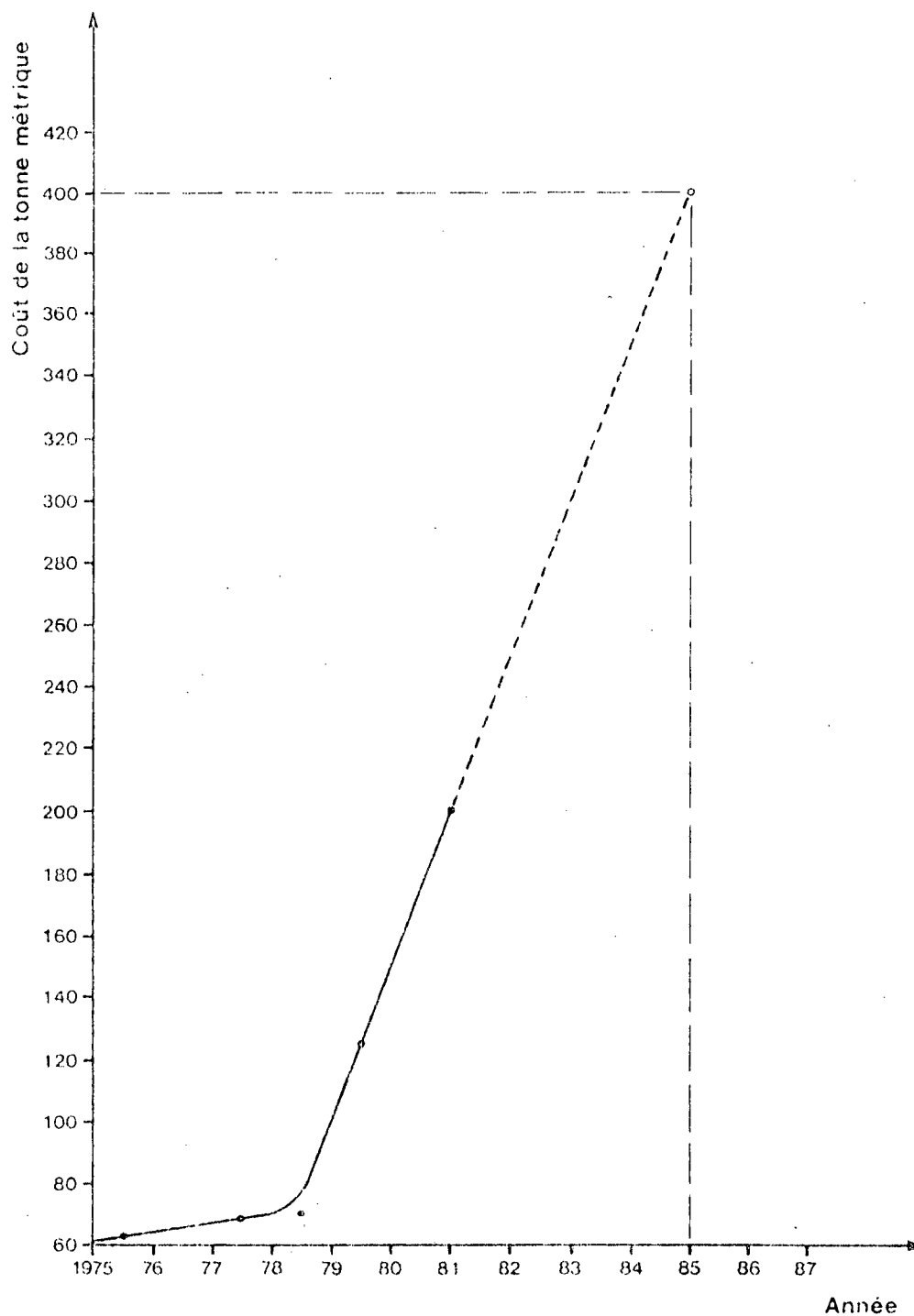


TABLEAU 1

	<u>Chaussée rigide (Rc)</u>	<u>Chaussée souple (Ra)</u>
Béton de ciment	200 mm	
Béton bitumineux		125 mm
Granulat concassé 0-19a	150 mm	150 mm
Granulat concassé 0-63	0	225 mm
Emprunt classe A (Sable)	300-450 mm	300-600 mm

Matériaux

Béton ciment	=	15,55\$ le mètre carré pour 200 mm d'épaisseur
Béton bitumineux	=	6,00\$ le mètre carré pour 125 mm d'épaisseur
Ciment asphaltique	=	1,20\$ la tonne métrique
Granulat concassé 0-19a	=	3,30\$ la tonne métrique
Granulat concassé 0-63	=	3,20\$ la tonne métrique

TABLEAU 2

<u>Progression des coûts</u>			
<u>Année</u>	<u>Coût - la tonne</u> <u>ciment asphaltique</u>	<u>Rc/Ra</u>	<u>Distance de transport</u> <u>Sources de matériaux</u>
79/80	125,00	1,44	10 km
79/80	125,00	1,32	25 km
81/82	200,00	1,39	10 km
81/82	200,00	1,27	25 km
84/85	400,00*	1,30	10 km
84/85	400,00*	1,20	25 km
86/87	600,00*	1,17	10 km
86/87	600,00*	1,05	35 km
86/87	600,00*	1,00	35 km

Note: Rc/Ra est basé sur les coûts de 79/80 des matériaux, du transport et du ciment

* coût estimé du ciment asphaltique

Revêtement en béton de ciment clouté

Déjà seulement en faisant varier le coût du ciment asphaltique, le rapport R_c/R_a passe de 1,32 en 1980 à 1,20 pour l'année budgétaire 1984-85 dans le cas où les sources de matériaux pour les fins de la construction routière se situent à 25 kilomètres.

Maintenant, si l'on tient compte au cours de ces cinq années de l'augmentation des prix du carburant, des taux de transport ainsi que des coûts de préparation et de mise en place pour les 2 400 tonnes métriques par kilomètre de matériaux additionnels requis dans la structure en béton bitumineux, également de l'augmentation du carburant pour la préparation de chaque tonne de béton bitumineux, tout en tenant compte de l'augmentation des coûts pour le ciment, on s'aperçoit que le ratio R_c/R_a passe à 1,05 et qu'à 35 kilomètres en 1984-85, ce ratio égale 1.

D'un autre côté, une étude d'impact économique effectuée par le Bureau de la Statistique du Québec, dont le résumé est représenté sur le tableau 3, démontre que la valeur ajoutée d'une construction d'une route avec une chaussée en béton de ciment par rapport à une en béton bitumineux est sensiblement la même. Nous aurions pensé que l'impact d'une construction en béton de ciment aurait été de beaucoup supérieur à celle construite en béton bitumineux étant donné que le ciment est un produit québécois. Ceci ne semble pas être la situation qui s'explique par le fait que plusieurs produits qui originent du pétrole subissent leur transformation au Québec.

Basé sur ces faits, si nous voulons être en mesure, dans les années à venir, de construire des chaussées rigides

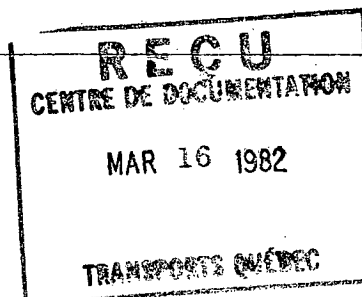
Tableau 3

Impact économique total sur l'économie québécoise des dépenses
reliées à la construction de structures de chaussée en
béton de ciment versus en béton bitumineux

(en milliers de dollars)

Impact sur Type de projet	Emploi (en hommes ou femmes-année)	Salaires et gages avant impôts	Valeur ajoutée	Revenus pour le Gouvernement du Québec		
				Impôts sur les salaires	Parafiscalité	Taxes indirectes
1. Construction de 100 millions de structures en béton de ciment	3 057	51 267	79 679	4 768	3 955	3 178
2. Construction de 100 millions de structures en béton bitumineux	2 923	50 354	76 828	4 782	3 925	4 140
3. Construction d'un mille d'autoroute avec struc- ture de chaussée en béton de ciment	97	1 617	2 513	150	124	100
4. Construction d'un mille d'autoroute avec struc- ture de chaussée en béton bitumineux	61	1 053	1 607	100	82	87

Source: Bureau de la statistique du Québec



de qualité et à meilleur coût, il est essentiel de familiariser dès maintenant nos entrepreneurs avec ce mode de construction. De plus, si nous voulons augmenter la durabilité de ce type de revêtement, il est également nécessaire de faire la mise au point de nouvelles techniques de construction.

Revêtement en béton clouté

Dans cet ordre d'idée, il fallait trouver un moyen de réduire l'usure des revêtements en béton de ciment et le polissage des agrégats qui se traduit par de l'orniérage, par une diminution du coefficient de friction transversale de la chaussée et conséquemment par un danger accru sur la sécurité des usagers.

Les trois principaux procédés pour augmenter l'adhérence d'une chaussée à toutes les vitesses sont:

1. Striage transversal profond

Ce procédé qui assure un drainage transversal efficace de la chaussée connaît une très grande popularité aux Etats-Unis et en Europe. Plusieurs routes supportant du trafic intense depuis de nombreuses années ont prouvé l'efficacité de ce procédé. Il a cependant l'inconvénient d'augmenter considérablement le bruit du roulement.

2. Dénudage

Cette technique mise au point au Danemark consiste à enlever le mortier superficiel du béton de manière à mettre

à nu les granulats 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. Ce procédé a la désavantage de nécessiter des granulats de haute performance sur toute l'épaisseur de la dalle, si nous voulons éliminer la présence d'agrégats polissables à la surface du revêtement.

3. Cloutage

C'est cette dernière méthode que nous allons regarder un peu plus en détails. Cette technique développée par le Centre de Recherches Routières Belge connaît depuis 1952 plusieurs applications. Ce n'est toutefois que depuis 1979 qu'on note une plus grande utilisation suite au développement, par la Société Générale de Matériel d'Entrepreneur, d'une machine de cloutage adaptée pour des travaux en coffrage glissant.

Le cloutage des revêtements en béton de ciment consiste à distribuer de façon uniforme des granulats de haute performance, peu polissable, 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.

Au Québec, pour les contrats présentement en cours, nous avons légèrement modifié l'apparence du revêtement clouté. En effet, les granulats sont plus incrustés et ne dépassent pas la surface du béton. Nous avons apporté ce changement pour éviter les problèmes d'arrachement des

granulats qui auraient pu se présenter avec nos charrues lors de l'entretien d'hiver.

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

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 important que ceux-ci soient humides et propres.

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/m² est recommandé. Sur le projet de l'autoroute 40, le calibre des granulats était 9,5/19 mm et le taux d'application variait entre 5 et 6 kg/m².

Les granulats concassés pour le cloutage, de préférence cubiques et bien fragmentés, doivent répondre aux exigences des granulats classe I du cahier des charges et devis généraux du ministère des Transports dont les principales 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, onze carrières réparties à travers le Québec peuvent nous fournir ce type de granulats. On entrevoit donc aucun problème de fourniture de granulats. Les distances de transport ne présentent pas un problème d'importance étant donné les faibles quantités de granulats que nécessite le cloutage.

Plusieurs avantages résultent du cloutage de routes en béton de ciment. 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 de roulement, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur du véhicule, est inférieur à d'autres types de traitement de surface du revêtement.

Sur le plan économique, la durabilité de la texture du revêtement permet de maintenir ces qualités 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. Avec cette technique, il est possible d'obtenir une adhérence élevée aux endroits dangereux, à un coût très bas étant donné la faible quantité de granulats de qualité mise en oeuvre.

L'expérience de l'automne dernier sur l'autoroute 40 laisse présager des résultats intéressants. L'aspect cloutage est maintenant parfaitement contrôlé par l'entrepreneur. Les modifications apportées à son outillage ont permis de réaliser une distribution uniforme des granulats et de les enchâsser en conformité avec les exigences du ministère et cela sans nuire à sa productivité.

Références:

- Fuchs F. - "Nouveaux développements en matière de béton de ciment clouté"
Centre de Recherches Routières Belge, TRB janvier 1981
- Martin G. - "Etude d'impact économique de la construction d'une structure de chaussée en béton de ciment versus en béton bitumineux"
Bureau de la statistique du Québec, février 1981
- Larrivée J.C. et Brochu P.A. - "Autoroute 40, Donnacona - Trois-Rivières"
Ministère des Transports - février 1980
- Van Heystraeten G. - "Connaissances acquises en matière de béton de ciment clouté"
Centre de Recherches Routières Belge, janvier 1974

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 094 160