

ÉTUDES ET  
RECHERCHES  
EN TRANSPORTS

*SUIVI D'ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE  
DES ENROBÉS AMIANTÉS VS ENROBÉS AUX  
POLYMERES ET CLASSIQUES .*

AZIZ AMIRI  
PIERRE LEFRANÇOIS  
DENIS VERRET



CANQ  
TR  
GE  
SM  
103

295975



Gouvernement du Québec  
Ministère  
des Transports

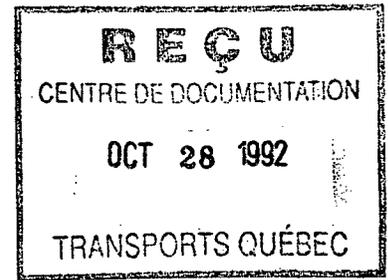
MINISTÈRE DES TRANSPORTS  
CENTRE DE DOCUMENTATION  
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e  
QUÉBEC, (QUÉBEC)  
G1K 5Z1

SUIVI D'ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE DES ENROBÉS  
AMIANTÉS VS ENROBÉS AUX POLYMÈRES ET CLASSIQUES

AUTOROUTE 20 - VILLEROY

PHASE I - RAPPORT D'ÉTAPE

1990-1992



Ministère des Transports  
Service des sols et chaussées  
Division des chaussées

par: Aziz Amiri, Dr. ing.  
Denis Verret, t.t.p.  
Pierre Lefrançois, t.t.p.

Québec, le 29 juillet 1992.

CANQ  
TR  
GE  
SM  
103

## TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
SOMMAIRE.....	
I- Généralité.....	1
II- Rôle de l'amiante dans l'enrobé.....	2
III- Historique et revue de la littérature.....	3
IV- Problématique.....	4
V- Solutions envisageables et objectifs visés.....	5
VI- Le but.....	6
VII- Phase I: Procédé et méthode de travail.....	7
VII-1 Bi-compoflex (LE MASTIC).....	7
VII-2 Médiflex.....	8
VII-3 Compoflex.....	8
VII-4 MB-16 conventionnel.....	9
VII-5 Programme de suivi.....	9
VII-5.a État de la chaussée en place.....	9
VII-5.a.1 La chaussée ouest (semi-rigide).....	10
VII-5.a.2 La chaussée est (flexible).....	10
VII-5.a.3 Défectométrie - Capacité de support...	10
VII-5.a.4 Analyse des bassins de déflexion.....	11
VII-5.a.5 Les dégradations initiales de la plate-forme.....	12
VIII- Données climatologiques.....	13
IX- La préparation de la plate-forme et la pose.....	14
IX-1 Planage.....	14
IX-2 Scellement et étanchéisation de la surface.....	15
IX-3 La pose.....	15

## TABLE DES MATIERES (SUITE)

IX-4	Suivi: analyse & interprétation des résultats.....	16
IX-4.a	Glissance et texture de surface.....	16
IX-4.b	Déformation plastique - Ornière de fluage.....	17
IX-4.c	Fissuration.....	18
IX-4.c.1	Le cas général.....	19
IX-4.c.2	Le cas des enrobés amiantés.....	19
IX-4.c.3	Chronologie de l'évolution des F.T.....	20
IX-4.c.4	Mécanisme de réflexion des F.T.....	22
IX-4.c.5	Profilométrie Mays - Soulèvement hivernal des F.T.....	24
IX-4.c.6	Performance des enrobés vs fissuration.....	26
X-	Coût, bénéfice & rendement des procédés.....	27
XI-	Conclusion.....	30
XII-	Recommandations.....	31
	REMERCIEMENTS.....	35
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	36
ANNEXE A:	Compte rendu de la réunion du 1989-12-08; rencontre des intervenants du MTQ et SIR, France.	
ANNEXE B:	Résumé de la revue de la littérature.	
ANNEXE C:	Les résultats de l'orniéreur.	
ANNEXE D:	Programme d'auscultation.	

## LISTE DES FIGURES

- Figure 1 - Plan de localisation.
- Figure 2 - Position des planches.
- Figure 3 à 7 - Glissance "SCRIM".
- Figures 9-10 - Roulement Mays.
- Figures 13-14 - Stratigraphie structurelle.
- Figure 15 - Profondeur et indice de gel.
- Figure 16 - Famille des bassins de déflexion.
- Figure 16A - Défectométrie Dynaflect.
- Figure 17-18 - Évolution saisonnière de la déflexion et le battement des lèvres des fissures.
- Figure 19 - Mécanisme de réflexion par fatigue des fissures à basse température.
- Figure 22 - Courbes granulométriques.
- Figure 23 - Accroissement de la cohésion et de la résistance à la fissuration des enrobés amiantés.
- Figure 24 - Intensité d'apparition des fissures en fonction de l'âge de l'enrobé.
- Figures 25-26 - Évolution du nombre de F.T./km vs indice de gel.

## LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1 - Comparaison des moyennes des résultats d'analyse des enrobés.
- Tableaux 2-2A - Évolution de la qualité de roulement Mays.
- Tableau 3 - Évolution de la glissance "SCRIM".
- Tableau 4 - Évolution chronologique des F.T..
- Tableaux 5-6 - Soulèvement et ouverture des fissures.
- Tableau 7 - Pourcentage des F.T. de retrait thermique.
- Tableau 8 - Épaufrures de F.T..
- Tableaux 9-10 - Résistance au F.T..
- Tableau 11 - Le rendement et le coefficient de fissuration (CF).
- Tableau 12 - Les essais de performance des granulats.
- Tableau 13 - Évolution de l'ornière de fluage.
- Tableau 14 - Comparaisons du rendement global des divers procédés.

## LISTE DES PHOTOS

- Photos 1 à 4 - Stratigraphie structurelle des chaussées en place.
- Photos 5 à 8 - Aspect général du Médiflex sur la chaussée.
- Photos 9 à 12 - Préparation de la plate-forme.
- Photos 13 à 18 - Étanchéité des fissures vs le soulèvement.
- Photos 19 à 22 - La macrotexture de surface.
- Photos 23 à 28 - Évolution de la texture de surface.
- Photos 29 à 34 - Poinçonnement de la couche de roulement.
- Photos 35 à 40 - Comportement hivernal des enrobés classiques.
- Photos 41 à 46 - Médiflex, dégradation extrême.
- Photos 47 à 52 - Comparaison des dégradations des enrobés classiques et amiantés.
- Photos 53 à 58 - Résistance du Médiflex aux fissures thermiques.
- Photos 59 à 64 - La réflexion des F.T. sur la chaussée flexible et semi-rigide.
- Photos 65 à 88 - Performance du Médiflex sur les deux chaussées.
- Photos 89 à 102 - Effet du Bi-compoflex combiné au MB-16.
- Photos 103 à 110 - Les équipements disponibles aux laboratoires de IRC - CNRC recommandés par cette étude.
- Photos 111 à 114 - Autoréparation du Médiflex.
- Photo 28 bis - Photo couverture; les avantages de la texture de surface du Médiflex.

SUIVI D'ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE  
DES ENROBÉS AMIANTÉS VS DES ENROBÉS AUX POLYMÈRES  
ET CLASSIQUES

Aziz Amiri et al.; Service des sols et chaussées, MTO

Sommaire

Le MÉDIFLEX et le COMPOFLEX, ces deux procédés d'enrobé amianté, développés par l'entreprise SCREG de France, ont été expérimentés en couche de roulement très mince sur l'autoroute 20 à Villeroy à l'été 1990, après planage, obturation de fissures, application du liant d'accrochage et pose d'une couche de liaison amiantée.

Dans le cadre du programme de réfection-couche d'usure du district de Laurier Station, la chaussée ouest semi-rigide et celle en direction est flexible, toutes deux affectées par des dégradations intenses ont été recouvertes par une couche de liaison appelée BI-COMPOFLEX (Mastic bitumineux additionné d'amiante) afin d'étanchéiser et d'amortir le mouvement des fissures (le battement à forte amplitude).

En compétition, l'enrobé classique MB-16 a été posé simultanément dans les deux directions. Ceci avec et sans mastic, afin d'évaluer l'efficacité de ce dernier comme retardateur de réflexion de fissures.

Deux ans après la mise en service, le comportement des procédés était différent sur chacun des types de chaussées. Sur la chaussée semi-rigide, construite en 1948, sur des fondations médiocres et un terrain naturel compressible saturé d'eau, on a

observé l'apparition de fissures de réflexion plus ou moins prononcées pour tous les procédés, sous l'impact du transport lourd (ECAS=5X10<sup>5</sup>/AN/voie) combiné aux effets du gel et dégel des fondations et perte de la flexibilité des enrobés de surface à basse température.

Pour ce qui est de la chaussée flexible construite en 1964, sur le même type de sol mais d'une superstructure de qualité supérieure, avec une portance moyenne moins forte, relativement stable et uniforme, affectée par des dégradations moins sévères. Le MÉDIFLEX affiche un rendement très satisfaisant avec des réflexions limitées dans les voies de roulement, confirmant ainsi, pour ce procédé, une forte résistance aux fissures de retrait thermique. En ce qui concerne le comportement général, tel que la texture de surface, l'antidérapance, l'orniérage, l'uni et la tenue de surface, les procédés amiantés affichent une performance nettement supérieure et un potentiel d'autoréparation exceptionnel de fissures pendant les périodes estivales.

Concernant l'enrobé classique MB-16, sa combinaison avec BI-COMPOFLEX a permis d'afficher le meilleur rendement anti-réflexion sur la chaussée semi-rigide, comparé avec les résultats du même enrobé posé sans mastic ou un MB-16 au polymère posé sur la même chaussée.

Les résultats obtenus au cours de cette première phase expérimentale ont permis de proposer des recommandations pour les phases II et III qui suivent. Ces deux phases situées sur A-20 à St-Apollinaire et Joly sont échelonnées sur les cinq prochaines années elles visent à améliorer de plus en plus le rendement et d'adapter ces procédés aux conditions climatiques, environnementales et à l'état actuel du réseau québécois de même qu'établir les critères du domaine d'application de ces procédés.

## I- GÉNÉRALITÉ

L'amiante est de la famille du silicate de magnésium hydraté ( $Mg_6 (OH)_3 Si_4 O_{10}$ ) avec de la structure fibreuse. L'amiante utilisée dans les enrobés sont du type CHRYSOLITE fibre courte tel que "7M".<sup>(1)</sup>

La première mine d'amiante au Canada fut ouverte au Québec en 1877. Le Canada fut déjà le plus grand producteur d'amiante au monde, produisant en 1947, les deux tiers des approvisionnements mondiaux.

Aujourd'hui, le Canada demeure le deuxième plus important producteur, fournissant entre 25 et 30% de la production mondiale.

Environ 90% de la production Canadienne vient du Québec, 95% de cette même production est exportée.<sup>(2)</sup>

Voici quelques propriétés physico-chimiques des fibres d'amiante:

- la résistance au feu;
- une faible conductivité thermique;
- la résistance à l'oxydation;
- la résistance aux substances corrosives;
- la résistance à l'usure;
- une grande force contre les efforts de tension et de traction;
- la forme effilée et mince de ses fibres.

Ces propriétés de l'amiante ont amené son utilisation dans plus de 3000 produits, parmi ceux-ci on peut mentionner les enrobés routiers.

## II- ROLE DE L'AMIANTE DANS L'ENROBÉ

L'amiante CHRYSOLITE est composé de fibrille en rangement parallèle compact d'un diamètre de l'ordre de 250 Angstroms et possède donc une surface spécifique potentielle qui peut être développée en détachant des faisceaux de fibrilles par attrition ou par d'autres techniques de défibrage. Sa grande surface spécifique lui confère une capacité d'absorption élevée. De plus, les fibrilles de chrysolites jouissent d'un module d'élasticité atteignant 4 MPa et une résistance en traction de 15 KPa, ce qui constitue des valeurs très élevées.

L'addition d'amiante finement défibrée aux asphaltes entraîne l'absorption d'une proportion importante de bitume. Il en résulte des enrobés à teneur en bitume relativement élevée ayant d'excellentes stabilités mécaniques, et résistances au fluage.

Une forte teneur en bitume confère aux enrobés les vertus suivantes:

- imperméabilité,
- souplesse,
- résistance au surcompactage,
- résistance à la fatigue,
- résistance au vieillissement.

La présence de fibres dans l'enrobé renforce ce dernier d'une micro-armature qui confère une forte résistance en traction. Ce renforcement se produit même avec les fibres les plus courtes car une fibrille de 25  $\mu\text{m}$  de longueur serait quand même mille fois plus longue que large. Cependant, les fibres plus longues seraient mieux ancrées, en principe, et présenteraient des résistances supérieures à l'arrachement.

Pour plus de renseignement à ce sujet voir l'annexe B du même auteur (13).

### III- HISTORIQUE ET REVUE DE LA LITTÉRATURE

L'incorporation de la fibre d'amiante dans la fabrication des enrobés en Amérique du nord date du début du siècle. Son utilisation pour améliorer la performance des enrobés au Québec date des années soixante. Le Ministère de la Voirie du Québec avait pavé avec ce procédé la route 255 (ancienne route 32) dans les Cantons de l'Est en octobre 1962.

Le but était d'améliorer la stabilité, la durabilité et la flexibilité de l'enrobé afin d'augmenter sa résistance à la déformation, au cisaillement en améliorant sa susceptibilité thermique pour réduire les fissures et l'orniérage. Ainsi, la réduction de l'épaisseur des couches et des coûts d'entretien en maximisant le rendement, étaient parmi les buts fixés de ces projets.

Selon la littérature une nette amélioration des propriétés physico-mécaniques des enrobés a été notée soit au laboratoire ou en grandeur nature sur la route (voir annexe B).

Cependant les recherches et l'expérimentation datent souvent des années 1960-70. Très peu de rapport ont fait mention de leur rendement, des coûts-bénéfices et des calculs économiques. Ces lacunes sont visibles surtout pour les conditions climatiques et environnementales semblables à celles du Québec.

Ceci peut s'expliquer par les chocs pétroliers des années 1970 puisque l'utilisation de l'amiante exigeait l'incorporation de bitume additionnel dans l'enrobé d'une part, et les pressions défavorables de certains groupes ou organismes environnementaux pour l'utilisation de l'amiante en général.

Depuis quelque temps, le MTQ a décidé d'aller de l'avant avec les enrobés amiantés pour défier les exigences des transports des années quatre-vingt-dix d'une part, et permettre la mise en valeur des fibres d'amiante dans l'intérêt de ce grand producteur mondial de ce matériau qu'est le Québec.

Cette récente reprise de l'expérimentation du procédé québécois d'enrobé amianté date de 1989, sur la route 255 à Asbestos.<sup>(3)</sup> Aussi, la plus récente planche de ce type d'enrobé a été réalisée dans les municipalités de Shipton, Cleveland canton, sur la route 116, l'été dernier dans la région 05.

#### **IV- PROBLÉMATIQUE**

Ces dernières années, les dommages causés par la rigueur climatique: le gel-dégel, la fatigue thermique conjugués aux déficiences structurales des éléments de fondations, l'impact des équipements et les produits d'entretien d'hiver, se sont ajoutés l'accroissement excessif du débit et la charge totale et axiale du transport lourd. Par conséquent, le vieillissement prématuré et les dégradations intenses ont accentué la vulnérabilité du réseau face aux intempéries, l'agressivité du trafic et les contaminants. Ces derniers ont créé l'anisotropie et l'hétérogénéité face au comportement hivernal et printanier dans une structure souffrant déjà de déficiences des matériaux en place et d'une conception irrationnelle et inadaptée à nos conditions climatiques.

Ainsi au fil des années, la succession excessive de resurfaçage, avec des enrobés aux liants classiques, comme étant le seul mode de remise en état, a abouti à l'épaississement disproportionné du revêtement sans fondations aux capacités de support requises. Tandis que les ruptures fréquentes (des fissures à intervalle de 3 à 5 m) apparaissaient chaque année par réflexion aux mêmes endroits, créant ainsi des discontinuités structurales et réduisant jusqu'à 50% la capacité portante de la chaussée en place à l'endroit de ces fissures.<sup>(9)</sup> Mais aussi créant des zones à gel retardées au cours de l'hiver et de dégel prématuré au printemps, provoquant des déformations différentielles et des ruptures par cisaillement.

Les éléments du revêtement ainsi morcelés et délabrés réagissent comme des dalles de béton de ciment avec des battements à forte amplitude (figures 17 et 18) où la nouvelle couche de resurfaçage aussitôt qu'elle perd sa flexibilité à basse température, réagit comme un matériau élastique, plutôt que viscoélastique, subissant ainsi la réflexion prématurée des fissures (figure 19).

#### V- SOLUTIONS ENVISAGEABLES ET OBJECTIFS VISÉS

Il est vrai que l'utilisation d'un enrobé renforcé aux fibres ou aux liants modifiés ou améliorés peuvent permettre de concevoir des revêtements stables et résistant à l'orniérage et aux fissures thermiques avec de forte texture de surface. Mais quand on est en présence d'un réseau comme le nôtre ayant des déficiences structurales à différents niveaux, ce n'est pas toujours faisable de pallier ce genre de problèmes, en pensant améliorer uniquement la performance du revêtement.

Lors de la réunion du 8 décembre 1989 à Place Haute-Ville, nous avons évoqué ces problèmes en présence des autorités, des membres du comité d'experts du MTQ, des représentants de SIR-France et des autres intervenants dans ce dossier (Annexe "A").

Il est à noter que les solutions telles que la réfection, reconstruction, recyclage en place, etc. sont souvent des solutions coûteuses, laborieuses et difficiles à justifier dans les contextes socio-économiques actuels.

Par conséquent, la solution recherchée dans la première phase de ce projet consisterait donc à concevoir:

- 1° Des enrobés de surface renforcés par les fibres d'amiante, stable, avec un intervalle de plasticité le plus large possible, résistant au vieillissement, à la fissuration et à la fatigue thermique avec un rendement et une performance comparativement supérieure aux enrobés classiques.
- 2° Des chapes d'étanchéité (mastic) à haute flexibilité avec un taux de bitume plus élevé, aux fibres d'amiante et granulométrie optimisée. Son rôle sera d'amortir l'amplitude des mouvements des fissures avant que ces dernières puissent cisailer la couche de roulement par la fatigue, lors du passage répété des transports lourds en particulier, à basse température.

#### **VI- LE BUT**

Développer une technologie de pointe afin de concevoir des enrobés à base d'amiante, optimisés et adaptés à nos conditions climatiques et environnementales.

Cette technologie innovatrice consiste en même temps à la fabrication, la préparation de la plate-forme (planage, scellement, etc.), la pose et la mise en place de ces enrobés.

Considéré comme un projet de recherche, ces travaux ont débuté en été 1990 (phase I) dans le cadre du programme de réfection des surfaces couche d'usure du district 28 de la région Chaudière-Appalaches.

#### VII- PHASE I: PROCÉDÉ ET MÉTHODE DE TRAVAIL

La première phase expérimentale du projet est de 8,39 km de long et comprend deux sections de 4,196 km de longueur dont l'une sur la chaussée souple et l'autre sur la chaussée semi-rigide situées sur l'autoroute 20 dans la municipalité de Villeroy (figure 1).

Sur les chaussées existantes un planage d'environ 35 mm a été effectué pour enlever les ornières et réduire l'ouverture des fissures évasées (photos #9, 71, 72, 77, 78, 89, 90, 91, 95, 96). Ensuite un scellement de fissure a été effectué avec le scellant Bakélite (en direction ouest) et avec Bicomplex (en direction est et ouest) après toupillage, nettoyage, séchage et chauffage (photos #5, 11 et 75).

##### VII-1) BI-COMPLEX (LE MASTIC)

Pour minimiser la réflexion de fissures et accroître le rendement de la couche de surface, une couche de liaison a été posée sur la plate-forme initiale après planage et application d'un liant d'accrochage du type émulsion SS-1 et l'émulsion de bitume polymère au taux variant de 0,14 à 0,37 l/m<sup>2</sup> (photos #5 et 66).

Le Bi-compoflex est un enrobé composé d'environ 8.1% de bitume de pénétration 50-60, 1,6% d'amiante avec une granularité continue (Tableau 1, figure 22) et d'un sable manufacturé de fines d'apport. Il est appliqué au taux de 45 kg/m<sup>2</sup> (environ 20 mm d'épaisseur).

VII-2) MÉDIFLEX

C'est un revêtement de surface très mince (50 kg/m<sup>2</sup>, 20 à 25 mm) composé d'un enrobé à chaud riche en liant (6%) renfermant, en plus de fines d'apport, des fibres d'amiante, sur une couche d'émulsion modifiée en général (Tableau 1). Il s'agit d'une technique de resurfaçage destinée à assurer l'antidérapance et la drainabilité de surface sans apport structural.

Ce mélange est constitué de pierres concassées (12 mm) à haute performance (Andésite, tableau 12); de sable manufacturé, de fibres d'amiante, de fines minérales et d'un bitume 85-100. La courbe granulométrique d'enrobé présente une discontinuité aux tamis 2,5 et 5 mm (figure 22).

VII-3) COMPOFLEX

Selon les résultats d'analyse du S.A.Q.<sup>(12)</sup>, la granularité de cet enrobé est plus ou moins similaire à celle du médiflex (figure 22). De plus, par rapport au médiflex il est plus riche en bitume, soit 6,89%. La fibre d'amiante est de 1,6%. De plus, il a 1,9% de vides. Cet enrobé est plus flexible que le médiflex (Tableau 1).

VII-4) ENROBÉ CONVENTIONNEL MB-16

Le MB-16 est fait de pierres concassées de grosseur maximum de 16 mm et de haute performance (Andésite, tableau 12), de sable manufacturé, de fines minérales et d'environ 4,64% de bitume de classe 80-100 avec 3,7% de vides et de 72,9% de VCB. Ce sont les exigences d'un MB-16 fortement sollicité (voir tableau 1 et figure 22).

VII-5) PROGRAMME DE SUIVI

Le programme de suivi de cette phase du projet est inspiré du programme rédigé pour les nouveaux mélanges bitumineux saison 89 (Annexe D). Il consiste à des auscultations, relevés, essais destructifs et non destructifs, prise de photos et vidéos; avant, pendant et après la pose des enrobés. Ces travaux de suivi qui visent à compiler, traiter, analyser et interpréter les données et renseignements servant à évaluer le rendement de différents procédés par analyse des causes et effets afin de faire des recommandations pour les phases ultérieures.

VII-5.a) ÉTAT GÉNÉRAL DE LA CHAUSSÉE EN PLACE

Stratigraphie structurelle:

Les éléments structurels des chaussées ont été présentés dans les figures 13 et 14 en direction ouest et est respectivement.

VII-5.a.1) La chaussée ouest (semi-rigide; B.C. + B.B.)

Il s'agit de l'ancienne route #9 (Transcanadienne) construite en 1948, revêtue de dalles de béton de ciment (B.C.) de 22 cm (9 pouces Photo #4) armée de treillis métallique. Elle a été élargie plus tard pendant la construction des voies en direction est.

Les fondations granulaires consistent de SP-SM, SM suivi de SC-SM, SM. Ces dernières étaient saturées d'eau, le niveau de la nappe phréatique variait de 120 à 220 cm lors des sondages effectués en mai 1990. Au cours de ces sondages, nous avons noté aussi la présence de sols compressibles et organiques dans l'infrastructure (photos #1, 2 et 3).

VII-5.a.2) Chaussée est (flexible)

Construite en 1964-65, selon nos prospections, la chaussée est assise sur des sols granulaires SM, SP, SP-SM, SC-SM, dont les fondations supérieures et inférieures sont composées de GW (20-0a) et 0-56, revêtu d'un enrobé bitumineux ayant une épaisseur totale de 130 mm (avant planage). La dernière couche est constituée d'un MB-4 de 90 kg/m<sup>2</sup>, posée en 1977. Lors de nos sondages nous avons noté également que l'infrastructure et la superstructure étaient saturées d'eau, le niveau de la nappe phréatique se situait à 120 cm de la surface du pavage (figure 14, photo #3).

VII-5.a.3) Défectométrie - capacité de support

Les figures 16a démontrent la portance "Dynalect" et ses divers paramètres, sur les chaussées ouest et est.

La chaussée semi-rigide (ouest) affiche une portance variant de 12 à plus de 30 tonnes en terme Dynaflect. Donc en général elle est supérieure au minimum admissible de 11 tonnes, mais très variable (16a, C.P.).

Pour ce qui est de la chaussée est, sa portance varie entre 12 et 21 tonnes, donc moins forte que la précédente. Elle est également supérieure au minimum de 11 tonnes, mais plus uniforme.

Les figures (b) DMD indiquent que l'infrastructure affiche en général la même portance sous les deux chaussées mais entre 0+600 et 1+400, la présence d'eau et de sols organiques ont affaibli substantiellement la chaussée en direction ouest en particulier (zone où est posé le MÉDIFLEX).

Les figures (C) SCI démontrent que l'indice de déflexion de surface est élevé en direction est. Tandis que la présence de B.C. (22 cm) et de B.B. (22 cm) en direction opposée ont atténué remarquablement le SCI. Ce dernier est cependant très variable dans cette direction (joints des dalles et fissures sur la chaussée). Entre 2+300 et 2+950 où est posé le MB16 + Bi-compoflex, le SCI et la capacité de support reste généralement uniforme.

Pour ce qui est de la figure (D) «AIRE DES BASSINS DE DÉFLEXION», elle est semblable dans les deux directions excepté à l'endroit du médiflex en direction ouest où la déflexion est très élevée (fondation instable et flottante).

#### VII-5.a.4) Analyse de certains bassins de déflexion

Sur la figure 16, nous avons démontré les moyennes des bassins de déflexion sur quelques centaines de mètre dans des points stratégiques de certaines planches où la capacité nous semblait relativement faible ou critique par endroit.

- Les bassins du type (b) décrivent la compressibilité exceptionnelle de l'infrastructure en direction ouest de la planche de "MÉDIFLEX". Cependant la présence de B.C. a remarquablement masqué la différence entre le géophone #1 et #2 (SCI bas).
- Les bassins (c) représentent les meilleures performances structurelles en ce qui concerne la capacité de support; c'est le COMPOFLEX avec BICOMPOFLEX qui recouvrent ce tronçon.
- Les bassins (e) appartenant au MB-16 ouest sont des bassins les plus en poinçonnement. La pente générale du bassin est forte et le SCI est plus élevé (en raison d'une fissuration intense de cette planche; photos #35 à 40).
- Les bassins (a) sont similaires aux bassins (d), appartenant au MÉDIFLEX et MB-16 en direction est. Mais le médiflex affiche une légère performance en surface dans cette direction (surface moins fissurée).

VII-5.a.5) Les dégradations initiales de la surface de la plate-forme

Selon les renseignements communiqués par le district 28, la dernière couche d'enrobé qui recouvrait la chaussée consistait en un MB-4 âgé de 17 ans en direction ouest, tandis qu'en direction est il était âgé de 13 ans en 1990.

Lors de nos relevés visuels, avant les travaux, nous avons noté que la surface de roulement était affectée par des fissures transversales (F.T.) à un intervalle variant de 3 à 5 m. (photo #5). La dégradation de ces fissures dans les roulières et dans

la voie extrême droite était plus prononcée avec une ouverture évasée en "V". La qualité de roulement affectée par ces dégradations avait atteint un niveau très faible (photos #59, 77, 89, 90 et 95). Ce phénomène est accentué sur la chaussée ouest. En direction est (en l'absence de dalles de B.C.) les F.T. étaient moins évasées. De plus les F.T. étaient fréquemment ramifiées et donnait naissance à du carrelage ou à des fissures de fatigues en direction est en particulier (photos #61, 68, 69, 74 et 83).

De plus, la superposition des fissures longitudinales, (situées au  $\emptyset$ ) et des fissures de bord sur les F.T., avait créé des polygonales à grande maille. Ce type de dégradation était fréquent et très spectaculaire sur la chaussée semi-rigide. Un patron de fissure spécifique dû à la présence de dalles de B.C. dans la fondation (photos #59, 71, 77, 86, 89, 90 et 95). Pour ce qui est des ornières, selon nos relevés, leur profondeur ne dépasse pas 10 mm sur le site sous étude.

Ces relevés nous ont permis de proposer aux intervenants du MTQ-SCREG des solutions palliatives telles que:

- une profondeur appropriée de planage;
- la pose d'une couche de liaison mastic (BI-COMPOFLEX);
- La nécessité d'un scellement de fissure approprié.

#### VIII- QUELQUES DONNÉES CLIMATOLOGIQUES

Selon les relevés météorologiques représentatifs du site, la température maximum et minimum varie de  $-40^{\circ}\text{C}$  à  $+40^{\circ}\text{C}$ . L'indice de gel mesuré à la station St-Flavien en 1991-92 variait entre 1300 à 1500 degrés X jour sous zéro (figure 15).

D'après les relevés des dix dernières années effectués sur les tubes de gel; la profondeur de gel sous la surface dégagée de la chaussée variait entre 170 et 210 cm. Le gel débute vers la fin de novembre et l'intensité de sa pénétration est reliée à la baisse de la température et la persistance de cette dernière ( $^{\circ}\text{C} \times \text{jour}$ ). Pour le site sous étude, c'est vers la deuxième ou troisième semaine de février que le gel atteint sa profondeur maximum. Pour ce qui est du dégel, il débute vers la dernière semaine de mars pour se terminer vers la fin d'avril, début mai.

Pendant ces deux périodes, c'est-à-dire avant que le gel atteigne sa profondeur maximum et que le dégel soit completé, considéré comme les périodes les plus critiques pour le comportement structural de la chaussée. Une fois le dégel completé et le drainage vertical instauré, la capacité de support commence alors à s'améliorer.

#### IX- NOS OBSERVATIONS PENDANT LA PRÉPARATION DE LA PLATE-FORME ET LA POSE

##### IX-1) Planage

Cette opération visait principalement à réduire l'envergure des fissures évasées, d'éliminer l'orniérage, aplanir et améliorer l'uni de surface, sans bien entendu trop affaiblir la structure en place. Ainsi une profondeur de planage de 35 mm a été jugée appropriée.

Au cours de cette opération, certains défauts tels que des pelades et l'irrégularité des stries ont été notées, ce qui pourraient nuire à moyen et long terme à l'adhésion et au monolithisme du revêtement, très important pour sa durabilité (Photos #9, 10, 12, 13, 72 et 96). (théorie d'élasticité aux modèles multicouches).

IX-2) Le scellement et l'étanchéisation de la surface

Les photos #13 à 18, 66, 67, 79, 88 et 101 indiquent le comportement de la couche de roulement reliée au toupillage, nettoyage, séchage et scellement des fissures. Elles démontrent le soulèvement et l'ouverture des fissures reliés à un manque d'étanchéité et un scellement inapproprié.

Les photos #11, 12, 78, 96 et 99 démontrent l'utilisation du BI-COMPOFLEX comme scellant ainsi que l'absence d'uniformité du liant d'accrochage. La réflexion de ces fissures et plus tard le soulèvement de la plupart de ces dernières ont démontré l'usage inapproprié de ce procédé.

IX-3) Pendant la pose

Le rapport du S.A.Q. fait référence aux points non conformes des opérations concernant les articles de la section 28, du C.C.D.G., tels que:

- Présence de résidus en surface après planage;
- Décollement du scellant;
- Surface détremée et les conditions climatiques défavorables pendant la pose;
- Apparence des joints après recouvrement;
- Texture de surface variable et présence des mottes sur la surface de roulement.

Les photos #9, 10, 21, 23 et 66 font également référence à ces points remarqués par le S.A.Q.

IX-4) Suivi: Analyse et Interprétation des résultats après la pose et la mise en service

IX-4.A) GLISSANCE ET TEXTURE DE SURFACE

Compte tenu de la réputation des enrobés amiantés, d'avoir une surface riche en bitume et glissante au début de leur mise en service un mois après la pose, un premier relevé du coefficient de frottement transversal (C.F.T.) a été effectué avec SCRIM. Les résultats apparaissant aux figures 3 et 4 indiquent que malgré une forte variation, le C.F.T. n'a jamais descendu en bas de 60. Donc suffisamment supérieurs au minimum admissible de 40, afin d'assurer la sécurité des usagers.

Les mêmes types de relevé effectués après un an démontrent une uniformisation de l'antidérapance et l'augmentation du C.F.T. se situant cette fois entre 75 à 90, ce qui est très satisfaisant (fig. 5 et 6). Ces figures illustrent également que la voie de dépassement affiche une dizaine de points de plus de C.F.T. comparé à la voie de roulement (la voie la plus sollicitée par le transport lourd; photos #27 et 28).

À souligner que cette performance tout au début de la mise en service est attribuable en grande partie à la haute performance des granulats (Andésite, tableau 12) et à la forte macrotexture due aux granularités discontinues (fig. 22).

Selon les résultats des essais effectués à la tache de sable, le MÉDIFLEX affiche une Hs de 1.41 à 1.51mm, donc une texture exceptionnellement forte comparée à des enrobés conventionnels.

Selon les même essais, le COMPOFLEX indique une Hs de 0,75 mm ce qui se reflète par une texture satisfaisante et supérieure à 0,60 mm (minimum admissible pour les routes de cette classe, selon les experts en route).

Il est à propos de souligner que l'utilisation d'un liant amianté ou modifié (viscosité élevée) compense mieux l'instabilité d'un enrobé à granularité discontinue.

La photo #28 bis démontre l'aspect général comparatif de MÉDIFLEX et MB-16 pendant la pluie. Il est facile de remarquer que la forte macrotecture du MÉDIFLEX élimine l'eau, la luisance, la réverbération et la projection de brouillard d'eau dans le sillage des véhicules pendant la pluie. Ces propriétés sont très recherchées dans nos conditions climatiques avec plus de 1500 mm de précipitation annuelle et l'accroissement des accidents jusqu'à 300 % sur les chaussées mouillées selon la statistique.

Les photos #23 à 28 démontrent l'évolution des textures de surface un an après la mise en service en raison du décolmatage et décapage du film de bitume recouvrant la surface des granulats. Les photos #27 et 28 démontrent que les granulats sont de plus en plus dénudés dans la voie de roulement et dans les traces des roues.

#### IX-4.B) Déformation plastique - Ornière de fluage

Selon nos derniers relevés effectués en juin 1992. l'ornière maximum sur les planches ne dépassent pas 6 mm. Ces résultats, compte tenu de leur aspect ponctuel en particulier, nous paraissent très satisfaisants même s'il nous est difficile présentement de soustraire de la profondeur totale de 6mm l'ornière d'usure et structurelle (tableau 13).

Compte tenu du pourcentage élevé de bitume dans les enrobés amiantés, cette performance est attribuable à la cohésion et l'adhésion du liant augmente par l'ajout d'amiante de même qu'à la performance des granulats utilisés (géométrie et coefficient de frottement interne " $\phi$ ", pierre 100 % concassée et sable manufacturé). Il est peut-être un peu tôt après seulement 2 ans de mise en service, de se prononcer sur la résistance à l'ornièrage de ces enrobés. Mais les épaisseurs restreintes des couches de même que les résultats de l'ornièreur du Laboratoire Central (Annexe C) éliminent les risques d'une telle surprise au cours des prochaines années selon nous.

#### IX-4.C) Fissuration

##### IX-4.C.1) Le cas général

Les fissures sur la chaussée peuvent être d'origine mécanique ou thermique ou la combinaison de ces deux agents en même temps.

Les fissures de retrait thermique sont celles qui apparaissent par les forces de traction générées à basse température à l'intérieur de l'enrobé par la réduction de son volume, sans l'impact des contraintes mécaniques directes. Ces fissures sont en général transversales perpendiculaires à l'axe longitudinal du pavage (axe dominant).

Les fissures provoquées par les contraintes mécaniques externes et directes sont celles qui se produisent par le processus de fatigue. Ce processus peut être court, si la charge totale ou axiale des essieux ou le nombre de leur passage est plus élevé, de même que, si la capacité de support est plus faible. La déflexion dépassera la limite maximum admissible fixée par le concepteur pour la vie anticipée de la chaussée soit

0.75mm pour les autoroutes sous 8.2 tonnes au printemps. Ces fissures sont normalement de types polygonales de dimension variable, selon le niveau stratigraphique où se trouvera la strate faisant défaut. Si la fondation supérieure est faible, il y aura du carrelage. Dans le cas où la couche compressible se situe dans l'infrastructure, les fissures seront de type polygonale à grande maille affectant toute la largeur de la chaussée.

Le troisième cas est quand la chaussée est sollicitée par des contraintes mécaniques externes avec une température ambiante en bas de la température de transition vitreuse. C'est-à-dire que l'enrobé travaille dans un contexte élastique plutôt que dans son état habituel viscoélastique. Le pire peut survenir si à ce stade de contrainte-déformation la capacité de support est à son minimum, c'est-à-dire au début de l'hiver quand les fondations ne sont pas encore gelées ou encore au printemps quand le dégel est partiel et l'eau est engorgée dans les fondations supérieures en raison de l'obstruction du drainage vertical par le gel des couches inférieures ou de l'infrastructure. Ce sont les deux périodes les plus critiques pour notre réseau.

#### IX-4.C.2) LE CAS DES ENROBÉS AMIANTÉS - REVUE DE LA LITTÉRATURE

Très peu de données sont disponibles concernant les propriétés physico-mécaniques des enrobés amiantés. Il y en a encore moins pour ce qui est des essais en laboratoire à basse température.

Des expériences grandeur nature effectuées en Ontario, Alberta, Calgary et aux États-Unis ont toutes confirmées la résistance des enrobés amiantés à la fissuration par réflexion (voir annexe "B"). Les expériences québécoises sur les routes ne sont pas toujours

concluantes, soit parce qu'elles n'ont pas été conçues d'une façon rationnelle, soit parce que le suivi n'était pas structuré comme il le fallait et elles étaient abandonnées en cours de route.

Pour ce qui est des essais en laboratoire, ils sont peu nombreux et ont été effectués dans les années soixante et par la suite, en raison des contraintes économiques et environnementales ils ont été abandonnés. Les figures 23 et 23B indiquent les résultats des essais effectués en 1963 au MIT (13) démontrant l'accroissement de la cohésion et de la résistance à la traction des enrobés amiantés de même que le mécanisme de la résistance directe des fibres d'amiante à l'élargissement des fissures thermiques à l'échelle microstructurale.

Au Québec, selon les renseignements disponibles, seule la compagnie CERAM-SNA INC. a effectué des essais de résistance à la fissuration à basse température. La nature et les résultats de ces essais ne nous ont pas été dévoilés (voir annexe B).

Pour ce qui est du MTQ, aucun équipement pour effectuer ce genre d'essai en laboratoire n'est disponible jusqu'à présent. Selon les renseignements fournis par M.J. Cameleyre de SCREG-France, aucun essai de ce genre ne fût réalisé en France en raison de leurs conditions climatiques moins rigoureuses.

#### IX-4.C.3) CHRONOLOGIE DE L'ÉVOLUTION DES FISSURES TRANSVERSALES (F.T.)

Selon les résultats apparaissant sur les figures 25 et 26, jusqu'à 9-11-1990, c'est à dire après quatre (4) mois de mise en service, aucune fissure perceptible ne fût observée sur les planches. Le 20 novembre, tandis que l'indice de gel était à peine

de 23 ( $I_g=23^{\circ}\text{C} \times \text{jours}$ ) plus de 20 F.T. étaient déjà apparues pour chaque km de MB-16 sans mastic, sur la chaussée semi-rigide (tableau 4, fig. 15). Un mois plus tard, tandis que l' $I_g$  avait atteint 133 Degré x jours le MB-16 était affecté par plus de 60 F.T./km sur les deux chaussées. Simultanément, sur le B.B., le MÉDIFLEX et MB-16 avec mastic affichait aucune F.T., tandis que sur BB+BC, le MÉDIFLEX et MB-16 en avaient +6 et 28 par km, respectivement.

Le tableau 4 et les figures 25 et 26 indiquent la chronologie et l'évolution de ces dégradations jusqu'au 21-05-1992. La chaussée semi-rigide a réagi très tôt comparé à la chaussée flexible. Mais en nombre total, après deux ans de service, c'est sur la chaussée semi-rigide que les planches sont les moins fissurées. Ces premières constatations laissent croire que la portance générale de la chaussée est un facteur déterminant pour ce type de dégradation et que les mouvements des lèvres des fissures par le cisaillement ont provoqués, la plupart de ces réflexions a basse température. De plus, le répit constaté entre janvier et mars 1991 concernant le ralentissement du rythme de fissuration sur le BB+BC est surtout la conséquence du gel des fondations ayant atténué le battement des dalles. La dégradation a repris son rythme vers la fin de février début mars, pendant le dégel, sur les deux chaussées.

Il est à propos de souligner que ces résultats ne tiennent compte que des F.T. et non pas de toutes les fissures dont nous parlerons dans le paragraphe du rendement comparatif des procédés.

En ce qui concerne la prévision dans le temps du rythme de ces dégradations, selon nous, il faut attendre encore au moins un

à deux ans avant que ce rythme soit stabilisé. En effet, l'allure ascendante des courbes et les épaisseurs variables des enrobés de même que le nombre d'anciennes fissures (200 à 300 F.T./km, à un intervalle de 3 à 5 m) sur la plate-forme initiale nous font supposer la progression des F.T. sur au moins certaines planches au cours des prochaines années.

#### IX-4.C.4) MÉCANISME DE RÉFLEXION DES FISSURES TRANSVERSALES

Selon notre dernier recensement, toutes les F.T. recouvrant présentement la surface des différentes planches coïncident avec les anciennes fissures de la plate-forme donc elles sont, selon nous, la réapparition des anciennes fissures par réflexion et la fatigue due à l'impact directe du passage répété des transports lourds. Les premières baisses de température en novembre 1990 n'étaient certainement pas suffisantes pour provoquer ces dégradations par retrait thermique, puisque l'indice de gel à cette période ne dépassait même pas quelques degrés x jours. Cependant, cette baisse de température pourrait, selon nous, être suffisante pour favoriser le cisaillement des nouveaux revêtements de même que la couche de liaison et le scellant sous-jacent engendré par le transport lourd. Ces réflexions prématurées par le cisaillement sont les conséquences de l'amplitude impressionnante du mouvement des lèvres des fissures tel qu'il apparaît sur les figures 17 et 18. En effet les relevés de battement effectués périodiquement avec la poutre de Benkelman sur 13 fissures, sur la chaussée est, et 16 fissures sur celle de l'ouest, démontrent un battement de 0.60mm à 1.10mm pendant le dégel sur les deux chaussées respectivement. Les résultats de ces auscultations indiquent d'une part que les battements plus élevés appartiennent aux planches où la déflexion (et donc la portance) était faible. De plus ils confirment aussi la vulnérabilité des

couches de surface pendant le dégel c'est-à-dire en avril et mai. Sur la figure 19 nous avons essayé de démontrer, comment la présence d'une rupture (i.e. d'une F.T.) par le passage d'un essieu peut créer un effort tranchant de plusieurs milliers de fois plus élevé que le gradient de déflexion de celui d'un bassin de déflexion d'un pavage sans fissure. Et quand on tient compte de la perte de flexibilité d'une couche d'usure causée par la baisse de température avant que le gel consolide les fondations ou pendant le dégel printanier, le mécanisme de réflexion par cisaillement semble de plus en plus compréhensible et évident.

Ces relevés de battement démontrent aussi les conditions défavorables de la chaussée semi-rigide, en particulier, pour le MÉDIFLEX et MB-16. Ils corroborent aussi les résultats d'analyse de bassin de déflexion. Par exemple, le MB-16 avec mastic dans les 2 directions affecté par des fissures plus stables affiche un très bon rendement. Reste à ajouter que si la présence de dalles de B.C. accélère la réflexion des F.T. et ses propagations sur toute la largeur de la chaussée, elle a des effets positifs à savoir que les mêmes dalles empêchent, comme des îlots solides, la dégradation du revêtement bitumineux sus-jacent en dehors des joints. Ceci explique pourquoi le bilan des F.T. en réflexion sur la chaussée semi-rigide est plus positif que celui de la chaussée flexible (fig. 25 et 26, tableau 4). Sur cette dernière chaussée le mécanisme de réflexion se fait aussi par le cisaillement et est favorisé par la baisse de température. À l'exception que sur celle-ci l'amplitude du mouvement est moins importante que sur les B.C. De plus, la transmission des mouvements verticaux des joints est moins forte et amortie vers les accotements. La raison pour laquelle sur certains enrobés comme MÉDIFLEX, sur chaussée flexible, 64 % des F.T. n'ont pas traversé les deux accotements, tandis que le MB-16 posé sur la même chaussées est

fissuré en pleine largeur. Ceci explique encore une fois la résistance élevée du Médiflex à la réflexion et au retrait thermique en même temps (tableau 7, photos #53 à 56).

IX-4.C.5) LA PROFILOMÉTRIE MAYS ET LE ROULEMENT AFFECTÉ PAR LE SOULÈVEMENT HIVERNAL DES FISSURES

Les résultats de trois relevés de roulement Mays parmi les quatre effectués à date apparaissent sur les figures 9 et 10. Ces auscultations visaient à examiner l'évolution des profils de la surface de roulement en fonction de l'indice et la profondeur du gel. Celles-ci provoquent le soulèvement général de la chaussées et en particulier le soulèvement des fissures transversales.

La figure 9 démontre que la chaussée ouest affiche une susceptibilité relativement élevée entre le kilométrage 0+000 à 2+000 et 3+700 à 4+600 dans la voie de roulement et entre 0+500 à 1+600 et 3+700 à 4+400 dans la voie de dépassement. Ce sont les mêmes secteurs qui affichent une faible portance avec des sols saturés et avec propriétés géotechniques pauvres. Dans ces mêmes secteurs, avant la pose, le taux de F.T. et autres dégradations était aussi plus élevé.

Sur la chaussée flexible, le roulement hivernal est plus affecté entre 3+300 et 4+300. L'effet du gel ici aussi, comme en direction ouest, est plus spectaculaire sur la voie de dépassement que sur la voie de roulement. Un phénomène bien connu, qui s'explique par le passage plus intense du transport lourd sur la voie de roulement, atténuant ainsi le développement des lentilles de glace sous cette voie.

Ainsi le roulement hivernal tout en restant en bas de la limite critique préétablie de 56 cm/km est perturbé par le gel sur le MÉDIFLEX et le MB-16 sans mastic de même sur la planche témoin MB-16 polymère.

Par ailleurs, les relevés effectués le 08-02-1991 au moment où la température atteignait +5°C par un réchauffement temporaire, indique une amélioration substantielle dans l'intervalle de quelques jours. Selon nous, sans exclure la contribution de la nappe phréatique sur le soulèvement, il faut relier la détérioration de la qualité de roulement à un phénomène plutôt de surface, provoquée en grande partie par l'infiltration d'eau et déglaçant via les F.T. et la formation de lentilles de glace dans les couches supérieures.

D'ailleurs, lors du carottage dans les F.T. en hiver 1991, nous avons pu noter le déchirement complet du mastic en-dessous de la couche de roulement ainsi que le décollement du scellant au même endroit affectant l'étanchéité de surface à l'endroit de ces F.T. (photos #4, 16 et 17). Ceux-ci confirment qu'il y a du chemin à faire pour améliorer la qualité du scellant, le mode de toupillage, le nettoyage, le séchage, le chauffage des parois de fissures de même que l'application du liant d'accrochage à ces endroits.

La comparaison des relevés effectués à l'été 1992 avec ceux de l'automne 1990 démontrent des détériorations considérables de la qualité de roulement sur les différentes planches (tableau 2A). Sur la chaussée flexible, cette détérioration est presque identique pour tous les enrobés (environ 47%). Tandis que sur la chaussée semi-rigide, le compoflex affiche la

meilleure performance avec 19% de détérioration et le MB-16 avec 63% de détérioration, se classe dernier. Ces dégradations ont été provoquées par les F.T., les dégradations des lèvres de ces dernières, de même que les déformations saisonnières irréversibles dans les fondations. A rappeler que malgré ces dégradations relatives, la qualité de roulement est 100% supérieure à la limite minimum fixée pour cette classe de route (20 cm/Km contre 40 cm/Km).

Et finalement, à souligner que, l'intensité du soulèvement des fissures, leurs ouvertures et dénivellation dans des secteurs tels que le MÉDIFLEX et MB-16 (en direction ouest, photos #37, 38, 50, 51, 73 et 88) nous laissent croire à la contribution de contraintes dues à l'expansion de la structure de chaussée par le gel. La présence des fissures polygonales, longitudinales, lézardes etc... observées pendant l'hiver sur les deux planches précitées, confirment ce troisième agent de dégradation comme un autre mécanisme de fissuration pendant l'hiver en plus de ce que nous venons d'écrire à l'alinéa IX-4-C-4.

#### IX-4.C.6) PERFORMANCE DES ENROBÉS VS LA FISSURATION

Dans le précédent paragraphe, il a été démontré que les F.T. sont les dégradations structurelles dominantes des planches expérimentales. Il a été démontré aussi que ces fissures sont de type réflexion, reliées aux déficiences structurelles provoquées par le transport lourd à basse température.

Par ailleurs, l'analyse et l'interprétation détaillées des relevés des auscultations ont révélé des variabilités considérables de la structure en place en terme de portance et de

mouvements saisonniers des fissures existantes. Une telle variabilité était perceptible à partir des dégradations qui affectaient déjà la surface de la plate-forme initiale, d'une direction à l'autre, d'une planche à l'autre et dans une même planche.

À cette hétérogénéité structurelle s'ajoute le taux de pose variable des enrobés expérimentés. C'est dans de telles conditions sur ces sites qu'une évaluation de la performance se heurte à la diversité des paramètres en jeu.

Il faut aussi souligner que les contraintes thermiques, l'amplitude des battements printaniers des fissures, dépassent de très loin la résistance ultime en cisaillement des enrobés quelque soit leur performance. Ceci sur la chaussée semi-rigide en particulier.

Il nous a paru indispensable d'effectuer une évaluation quantitative et qualitative de ces dégradations. Les résultats détaillés apparaissant aux tableaux 4 à 11 et sur les figures 25 et 26 peuvent être résumés en ordre décroissant tels qu'ils apparaissent au tableau 14.

#### X- COUT, BÉNÉFICE ET RENDEMENT DES PROCÉDÉS

Présentement, au moins un tiers de notre réseau routier a besoin de remise en état et de réhabilitation. La rareté des ressources financières exige leur utilisation optimum. Un procédé rentable est celui qui est le plus durable, le plus

stable avec une performance fonctionnelle et structurale additionnelle suffisamment supérieure ou au moins proportionnelle à son coût. Si celle-ci est prouvée, nous allons faire d'une pierre deux coups; une solution pour les problèmes de notre réseau routier et un débouché pour notre matière première qu'est l'amiante.

Examinons d'abord le coût additionnel engendré par l'ajout de 2% de fibre d'amiante en prenant comme prix de base de 40. \$ par tonne d'enrobé conventionnel (1):

Addition d'amiante	4,00 \$
Augmentation de la teneur en bitume	6,00 \$
Prolongement du temps de malaxage	2,50 \$
Employés additionnels	0,60 \$
Amortissement des nouveaux investissements	0,10 \$
Énergie et élimination de "fines"	<u>0,30 \$</u>
<u>Sous-total</u>	13,50 \$
moins diminution de la qualité des granulats	<u>0,30 \$</u>
<b>TOTAL</b>	<b>13,20 \$</b>
Pourcentage de coût additionnel	33%

En supposant  $4 \times 10^6$  le tonnage d'enrobé utilisé annuellement par le MTQ et les municipalités, un investissement additionnel de  $52,8 \times 10^6$  \$ sera engendré par l'utilisation de l'amiante. En considérant 400. \$/tonne pour la fibre (prix 1992) on peut avancer le chiffre de  $34 \times 10^6$  \$ pour la fibre d'amiante au Québec annuellement.

Un investissement additionnel d'une telle envergure exige certes, une justification basée sur des évaluations rationnelles. De telles évaluations doivent s'inspirer d'une comparaison qualitative et quantitative des paramètres de viabilité ("present serviceability index": PSI).

On peut relier la viabilité d'une chaussée à des paramètres caractérisant son revêtement dans l'équation implicite suivante sans tenir compte de la superstructure.

PSI :  $f$  [IR, OR, (C.F.T. + Hs), C.F., etc...]

Pour une chaussée neuve, avec PSI tendant vers cinq (5) théoriquement les paramètres doivent avoir les tendances suivantes:

IR : Roulement Mays → zéro cm/km;  
OR : Orniérage → zéro mm;  
C.F.T.: Antidérapance → 100%;  
Hs : Macrotecture → 1 à 2 mm ou plus;  
C.F. : coefficient de fissuration → zéro

Ainsi à n'importe quel moment de la vie anticipée d'une chaussée, qui doit être étalée entre 10 à 15 ans, on doit pouvoir évaluer les paramètres précités pour chacun des procédés et évaluer ainsi le rendement. Le procédé avantageux est celui qui pour la même durée de vie affiche un niveau de viabilité la plus élevée exigeant un coût d'entretien minimum.

Malgré une durée très courte de 2 ans de service de la phase I, les résultats compilés au tableau 14 confirment la performance du Médiflex en terme de fissure et de texture de surface sur la chaussée flexible. Il en est de même pour ce qui est de la qualité de roulement (comparé avec MB-16 sans Mastic, figure 10 et tableau 2A).

Les résultats sont très encourageants dans le cas du MB-16 combiné avec le Bi-compoflex sur les deux types de chaussées, en comparant avec MB-16 sans Mastic (figures 9 et 10, tableau 14).

Pour ce qui est de la chaussée semi-rigide, le MB-16 avec Mastic, Compoflex et Médiflex affiche une performance supérieure au MB-16 classique (tableau 14).

## **XI- CONCLUSION**

Malgré les variabilités structurales considérables des sites l'un par rapport à l'autre dues aux différents types de déficiences et de leurs sévérités, de même qu'en absence de scellement efficace des fissures et la préparation adéquate de la plateforme en général, voici les conclusions qu'on peut retirer de la première phase de ce projet expérimental, après bientôt deux ans de service.

- 1) Le "MÉDIFLEX" avec ses granulats de haute performance et une granularité discontinue, affiche une macro-texture exceptionnelle et un C.F.T. très satisfaisant dès les premières semaines de mise en service. Les essais au laboratoire et sur la route ont confirmé que cet enrobé, malgré sa discontinuité granulométrique et un taux de bitume élevé, affiche une résistance très appréciable à la déformation plastique et à l'orniérage. Autrement dit, ce procédé contribue à la sécurité et au confort des usagers en réduisant le risque d'aquaplanage, en éliminant les projections de brouillard d'eau dans le sillage des véhicules et en diminuant la réverbération, etc...
- 2) Le "MÉDIFLEX" sur la chaussée flexible affiche une résistance supérieure aux fissures de retrait thermique comparé aux autres enrobés posés sur le même type de chaussée.
- 3) Le "BI-COMPOFLEX" (Mastic) est un procédé efficace pour retarder ou réduire la réapparition des fissures par réflexion sur les enrobés sus-jacents.

- 4) L'incorporation de fibre d'amiante dans les enrobés de surface améliore la tenue, l'uni, la stabilité et la durabilité. Simultanément, sa présence dans la couche de liaison favorise l'autoréparation des fissures sous l'impact du trafic, pendant les périodes de chaleur estivale (photos #111 à 114).

Ainsi, non seulement l'étanchéité de surface est améliorée mais aussi le risque d'une dégradation en "V" des fissures sont écartées à long terme dans le cas du compoflex en particulier (amélioration du confort).

- 5) Compte tenu des résultats obtenus et au stade actuel de nos expériences, nous croyons que les procédés amiantés sont certes des procédés rentables compte tenu des coûts et bénéfiques. Toutefois, leurs performances peuvent être de plus en plus améliorées en déterminant avec précision leur domaine d'utilisation et en appliquant les recommandations suivantes.

## XII- RECOMMANDATIONS

### 1) LA PÉNÉTRABILITÉ ET AUTRES SPÉCIFICATIONS DU BITUME

Dans des conditions climatiques comme les nôtres avec des variations extrêmes de température, il y aura toujours place à la conciliation entre l'orniérage et la fissuration des enrobés. D'après les résultats obtenus au cours de la première phase, il y a lieu d'accroître encore la pénétrabilité du liant au-delà même de 150-200. Cette proposition a déjà été suivie dans la phase III, ceci parce que l'ajout des fibres d'amiante dans un bitume mou élimine le risque d'orniérage en même temps qu'il est bénéfique du côté résistance à la fissuration à basse température.

D'autre part, puisqu'on est à la recherche des enrobés à haute performance, il est tout à fait justifié d'établir des barèmes et des balises pour l'admissibilité du liant, un point qui ne peut être ignoré désormais, compte tenu du rôle déterminant du bitume sur le rendement des enrobés amiantés. Ceci est valable pour le taux et le type du liant d'accrochage selon les conditions de chantier et de mise en place.

## 2) LA FILLÉRISATION

Il est aussi à propos de proposer d'expérimenter l'ajout des fibres d'amiantes, juste avant l'enrobage des granulats à l'usine. Une telle technique qui est équivalente à une modification du liant avec l'amiante, pourrait apporter des performances additionnelles en utilisant un bitume approprié à haute pénétrabilité.

## 3) TECHNIQUE DE PRÉPARATION DE LA PLATE-FORME

PLANAGE: l'épaisseur du planage doit être bien optimisée afin de ne pas affaiblir la structure en place. Du même coup, on peut atténuer l'ouverture des fissures et la profondeur d'ornièrage existantes.

L'uniformité de surface, la régularité des stries, le nettoyage de la surface, la réparation des pélades avant pose, sont fortement recommandés pour la liaison des couches et le monolithisme du revêtement.

SCELLEMENT DES FISSURES ET ÉTANCHEÏSATION DE SURFACE: A élargir davantage l'intervalle de plasticité du scellant et abaisser sa température de transition vitreuse.

A appliquer le scellant sur des fissures bien nettoyées et asséchées pendant que leurs parois sont encore chaudes. Pour éviter le poinçonnement futur de la couche de roulement, il faut que la surface du scellant après son application, soit bien nivelée.

Pour plus de détails, nous référons le lecteur à notre publication intitulée "Avis technique concernant la politique du MTQ pour le scellement de fissures"<sup>(8)</sup>.

En cas de fissures instables à fort battement, il faut établir une technique de stabilisation telle qu'injection du scellant à haute pression dans les fissures, etc..

#### 4) TEMPÉRATURE DE PRODUCTION

Un contrôle rigoureux, permanent, doit être consacré relativement à la température d'enrobage et au bon fonctionnement des instruments concernés.

Dans le même ordre d'idée, nous suggérons de défrayer le scellement en mètre linéaire combiné avec le volume du scellant utilisé à des températures préétablies.

#### 5) OPTIMISATION DU TAUX DE POSE

Le "MÉDIFLEX", le "COMPOFLEX" et le "BI-COMPOFLEX" sont normalement des enrobés posés en couche très mince. Cependant des conditions climatiques et compte tenu de l'état de notre réseau en particulier, il y a une tendance à accroître le taux de pose de ces enrobés afin de retarder la réflexion des fissures. Des investigations nous semblent indispensables afin d'optimiser le taux, le coût et le rendement de ces procédés.

6) LES ESSAIS SPÉCIAUX EN LABORATOIRE

Les lacunes sont frappantes pour ce qui est de l'absence d'essais et la recherche en laboratoire, dans la littérature, concernant les enrobés amiantés. Cette absence est presque totale quand il s'agit des essais à basse température et ce, depuis les années 70 en particulier.

Selon nous, après avoir réalisé plusieurs km de planches expérimentales grandeurs nature, le moment est venu, d'identifier les problèmes, les variables et effectuer les essais requis, afin de trouver des réponses pertinentes aux questions soulevées sur les sites. Puisque de telles recherches peuvent être longues, laborieuses, coûteuses et même, parfois, impossibles sur la route.

Nous croyons que c'est au Québec que revient avant tout de développer des expertises dans les domaines tels que: la résistance à la fissuration à basse température, l'orniérage à haute température, l'optimisation de la granularité des fibres d'amiante, son taux et celui du liant bitumineux, etc..

En ce qui concerne les équipements et les installations pas loin de chez nous au New-Hampshire ou même à CNRC-IRC à Ottawa depuis assez peu de temps une bonne infrastructure et l'embryon de recherche de ce genre sont déjà formés (photos #103 à 110; notre visite du 15 juin 92). Reste à y établir la relation et des ententes pour réaliser des programmes concrets, précis préétablis.

7) ENTRETIEN ET RECYCLAGE DES ENROBÉS AMIANTÉS

Il nous semble opportun de développer maintenant des modes de scellement avec des produits appropriés pour les revêtements amiantés. Le MTQ doit déjà penser au recyclage futur de ce genre de revêtement parallèlement au passage vers le stade industriel. Ces sujets doivent être regardés avec une vision technique et environnementale par des experts multidisciplinaires.

REMERCIEMENTS

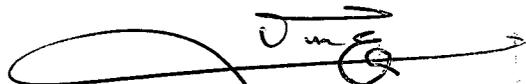
Nous remercions de leur collaboration soutenue, le district de Laurier-Station pour l'aide et appui sur les sites. Nous remercions également Messieurs Jacques Létourneau, t.t.p. et Jean-Pierre Audet, t.t.p. de S.A.Q. pour leur contribution efficace à ce suivi. Nous aimerions aussi apprécier la collaboration de Mlles Nadine Paquette et Véronique Vilandré, élèves ingénieures de l'Université de Sherbrooke et de l'Université Laval respectivement.



Denis Verret, t.t.p.



Pierre Lefrançois, t.t.p.



Aziz Amiri, Dr. ing.  
Division des chaussées

DV/PL/AA/hg

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Éconosult-Lavalin, 1986, Étude d'opportunité de l'utilisation de l'amiante dans les revêtement bitumineux des routes. L'institut de l'amiante.
- 2) F.H.W.A., 1987, Identification of Candidate Zero Maintenance Paving Materials. Report no F.H.W.A.-RD-77-109.
- 3) Tons E. and Krokosky M.E., 1963, Tensil Properties of Dense Graded Bituminous Concrete. Massachusetts Institute of Technology (MIT). Can. Mass. USA.
- 4) SHRP, 1990, Summary Report on Low Temperature and Thermal Fatigue Cracking, SHRP A/IR-90-001.
- 5) M. Cossette, 1992, Revue de la littérature sur l'incorporation des fibres d'amiante dans les enrobés (communication personnelle). Ceram-snd inc., filiale de la société de l'amiante.
- 6) A. Amiri et Al., 1988, Contribution à l'étude de l'antidérapance des chaussées, Service des sols et chaussées, MTQ.
- 7) A. Amiri et Al., 1990, Nouveaux mélanges bitumineux MB-12.5, MB-16, scories d'acier, enrobés amiantés. Bilan du comportement structurel, rapport d'étape.
- 8) A. Amiri, D. Verret. 1991, Avis technique concernant la politique de MTQ pour le scellement de fissures, Service des sols et chaussées.
- 9) A. Amiri, 1990, Mission technique en France, Service des sols et chaussées, MTQ.
- 10) Anderson, K.O. and Lung, s.c., 1982, Application of a Method for Evaluation of low Temperature Tensile Properties of Asphalt Concrete Canada-Japon Workshop, Paving in Cold Areas.
- 11) Sugawara, T. and Moriyoshi, A., 1984, Thermal fracture of Bituminous Mixtures, Proceedings of Paving in Cold Areas ISSN 0368-5878.
- 12) Paré, D., 1990, Rapport final de S.A.Q. Projet expérimental. Contrat: 328-1110-0, Sintra Inc., Princeville.
- 13) Cossette, M., 1989, Amiante-Asphalte, état de la technologie, études bibliographiques, Ceram-Snd Inc., filiale de la société nationale de l'amiante.

## LEXIQUE ET ABRÉVIATIONS

**BASSIN DE DÉFLEXION:** La forme de la surface de la déformation, à trois dimensions, formée autour du point de mesure de la déflexion.

**BI-COMPOFLEX OU MASTIC:** Il s'agit d'une couche de liaison d'enrobé à base d'amiante, posée pour retarder la réflexion des fissures.

**COMPOFLEX:** Similaire au Médiflex mais plus riche en bitume et en fibre d'amiante avec une coupure granulométrique moins prononcée.

**DÉFLEXION:** La déformation verticale et réversible de la surface de la chaussée sous une charge statique ou dynamique.

**DYNAFLECT:** Appareil de mesure de la déflexion avec une charge dynamique et cyclique pour déterminer la portance de la chaussée.

**FIBRE D'AMIANTE:** Il s'agit de fibre courte classe "7M" du type Chrysotile.

**FISSURE THERMIQUE:** Fissure provoquée par le retrait thermique et le changement de volume à basse température.

**CHAUSSÉE FLEXIBLE:** Chaussée avec revêtement bitumineux.

**GRANULARITÉ:** La répartition des grosseurs d'un sol granulaire classée lors des essais granulométriques.

**MAYS:** Profilomètre de mesure de la qualité de roulement.

**MB-16:** Mélange bitumineux ayant une granularité d'un diamètre maximum de 16 mm.

## LEXIQUE ET ABRÉVIATIONS (SUITE)

**MÉDIFLEX:** Enrobé de surface, couche très mince, avec 1% de fibres, 6% de bitume, granularité 0-12,5 mm avec une discontinuité aux tamis 2,5 et 5 mm.

**POUTRE BENKELMAN:** Appareil de mesure de déflexion en utilisant une charge statique.

**RÉFLEXION:** La réapparition des fissures de l'ancien pavage sur la nouvelle couche d'enrobé.

**SEMI-RIGIDE:** Chaussée ayant un revêtement composé de béton bitumineux et de béton de ciment.

**SCEALASTIC:** Un produit de scellement chargé de sable et un liant aux polymères.

**D.M.D.:** Déflexion maximum Dynaflect, mesurée avec le premier géophone.

**S.C.I.:** Indice de courbure de la surface lors de la mesure de déflexion avec Dynaflect (la différence de déflexion mesurée par le 1er et 2e géophones).

**VCB:** Vide comblé par le bitume.

**S.A.Q.:** Service de l'Assurance de la qualité.

**C.F.T.:** Coefficient de frottement transversal.

**Hs:** Hauteur de sable indiquant la macrotexture de surface du pavage en mm.

**M.I.T.:** Massachusetts Institute of Technology

**IG:** Indice de gel en °C x jours.

## LEXIQUE ET ABRÉVIATIONS (SUITE)

**F.T.:** Fissure transversale.

**F.L.:** Fissure longitudinale.

**C.F.:** Coefficient de fissuration en m lin./m<sup>2</sup>.

**C.F.<sub>t+l</sub>:** Coefficient pour l'ensemble de F.T. et les autres types de fissures.

**GW:** Gravier à granularité bien graduée.

**SP:** Sable à granularité pauvre.

**SM:** Sable à granularité moyenne.

**PT:** Tourbes, sols très organiques.

**OH:** Argile organique.

**SC:** Sable argileux.

**CP:** Capacité portante.

**FBE:** Film de bitume effectif.

**JMA:** Journalier moyen annuel (débit journalier de la circulation).

**VL:** Débit de véhicules lourds.

**$\bar{X}$ :** Moyenne des valeurs mesurées d'un paramètre.



Photo 28 bis

1990-08-29

### CHAUSSÉE FLEXIBLE

(DIRECTION EST)

COMPARAISON DE LA TEXTURE DE SURFACE D'UN ENROBÉ MB-16 CLASSIQUE (ARRIÈRE PLAN) ET CELLE DU MÉDIFLEX.

REMARQUER: LA LUISANCE, LES CONDITIONS DE DRAINAGE PAUVRES ET LA PROJECTION DE BROUILLARD DANS LE SILLAGE DES VÉHICULES DURANT LA PLUIE SUR LE MB-16

FIGURE 1 PLAN DE LOCALISATION DU SECTEUR ETUDIE

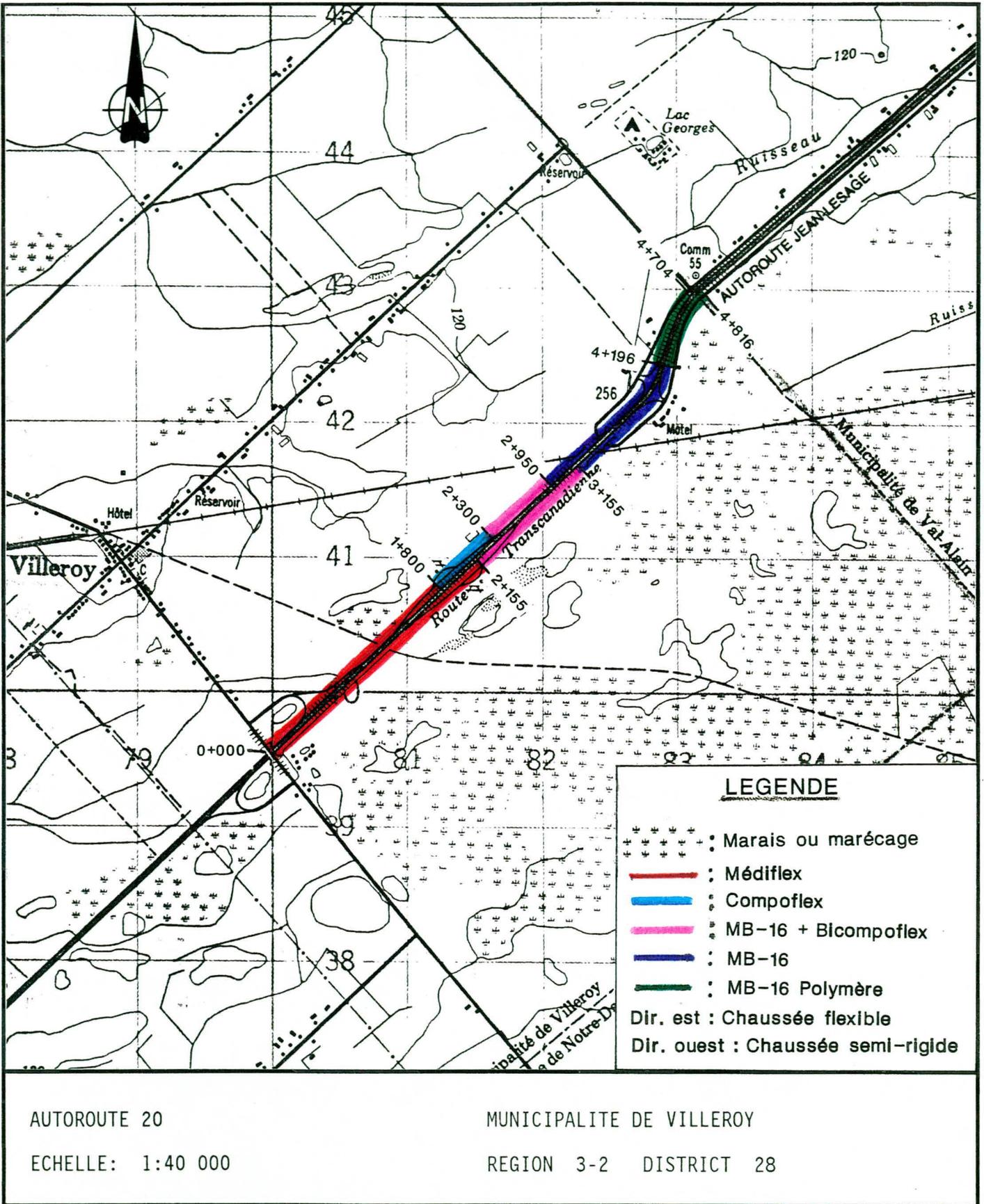
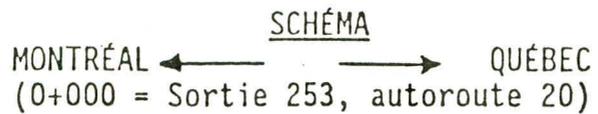
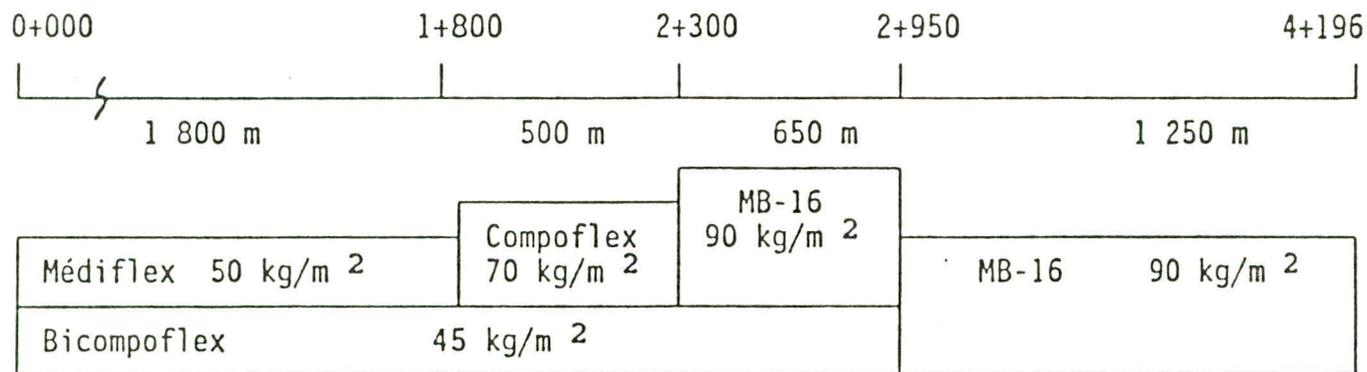


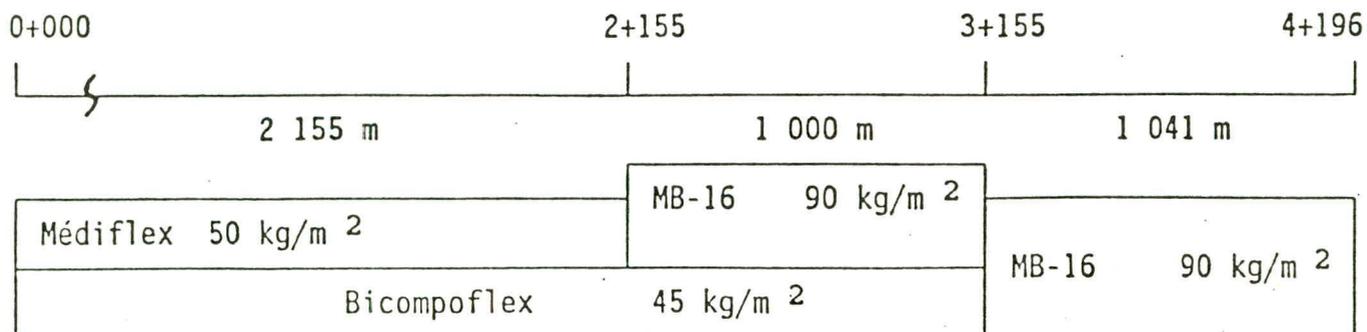
FIGURE 2 : POSITION DES PLANCHES



CHAUSSÉE NORD



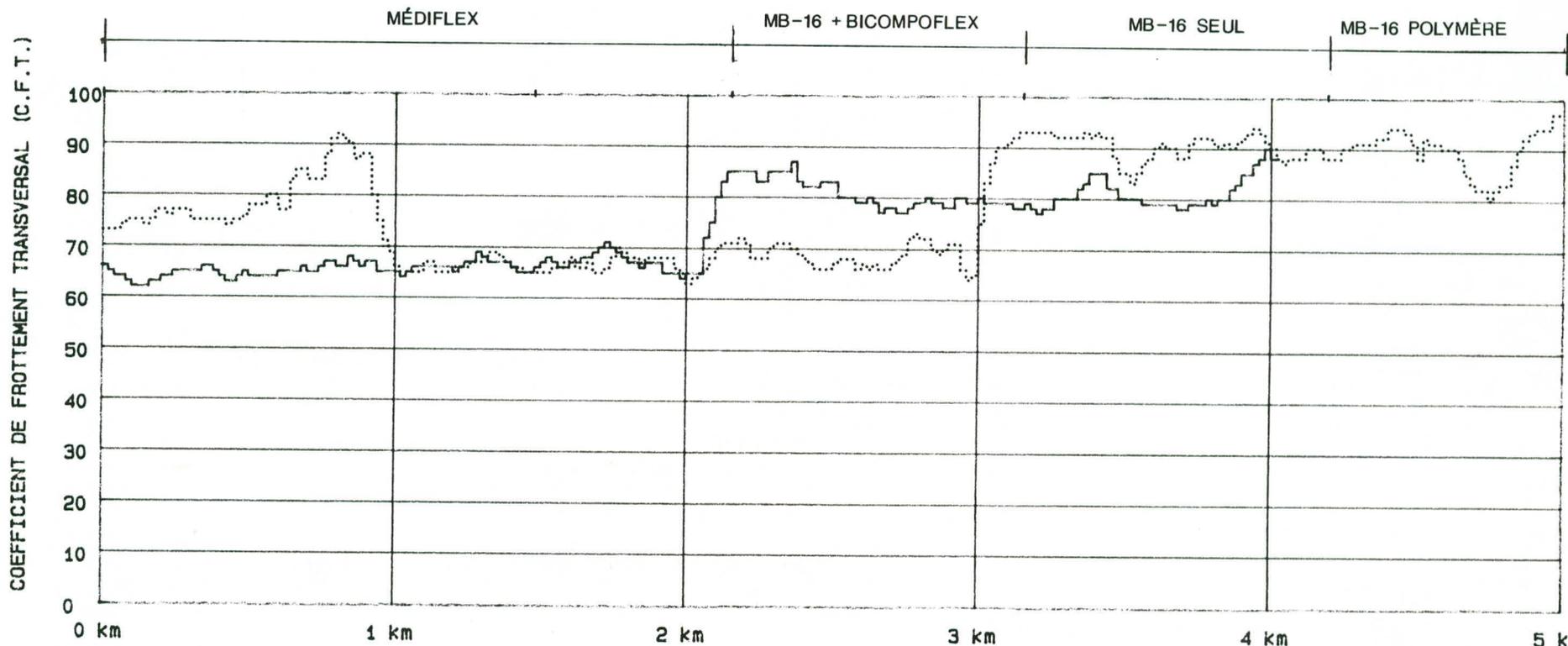
CHAUSSÉE SUD



# MESURE DE GLISSANCE 'SCRIM'

FIGURE 3

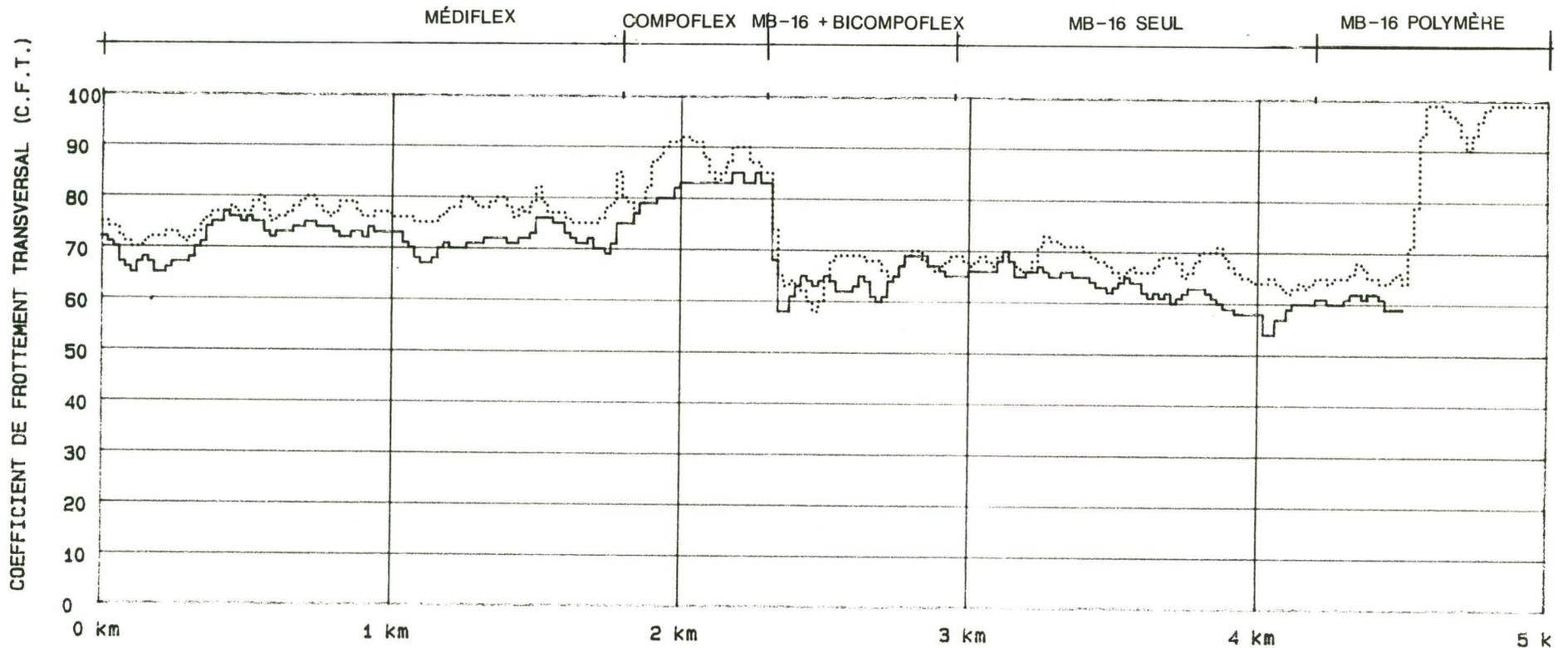
RTE-TR.-SEC. : <u>20-05-120</u>	AGE DU REVETEMENT : <u>1 MOIS</u>	GLISSANCE _____ VOIE ROUL. EST ..... VOIE DEPA. EST
MUNICIPALITE(S) : <u>VILLEROY</u>	DATE DES ESSAIS : <u>28 08 90</u>	
COMTE : <u>LOTBINIERE</u>	FREQUENCE DES ESSAIS : <u>20 m.</u>	28-08-90
NO DOSSIER : <u>020-005-120 (31) 89</u>	LONGUEUR (km) : <u>6</u>	
NO FICHER : <u>02005RGE.90A</u>	NOMBRE DE VOIES : <u>4</u>	
REACTION DU HCL : <u>NON</u>	TRAFIC (J.M.A.) : _____	
TYPE DE REVETEMENT : <u>BB</u> TEMPERATURE (°C) : <u>22</u>		



# MESURE DE GLISSANCE 'SCRIM'

FIGURE 4

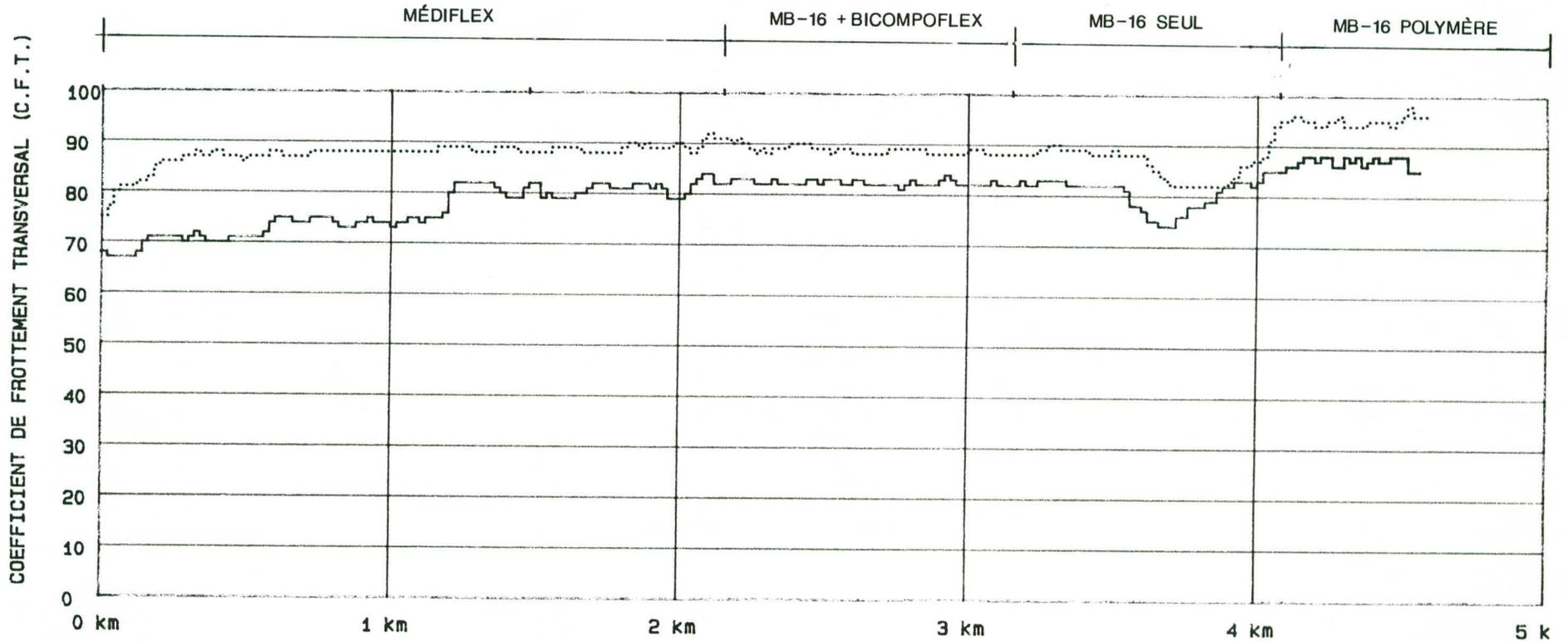
RTE-TR.-SEC. : <u>20-05-120</u>	AGE DU REVETEMENT : <u>1 MOIS</u>	GLISSANCE _____ VOIE ROUL. OUEST ..... VOIE DEPA. OUEST
MUNICIPALITE(S) : <u>VILLEROY</u>	DATE DES ESSAIS : <u>28 08 90</u>	
COMTE : <u>LOTBINIERE</u>	FREQUENCE DES ESSAIS : <u>20 m.</u>	28-08-90
NO DOSSIER : <u>020-005-120 (31) 89</u>	LONGUEUR (km) : <u>6</u>	
NO FICHIER : <u>02005RGE.90A</u>	NOMBRE DE VOIES : <u>4</u>	
REACTION DU HCL : <u>NON</u>	TRAFIC (J.M.A.) : _____	
TYPE DE REVETEMENT : <u>BB</u>	TEMPERATURE (°C) : <u>22</u>	



# MESURE DE GLISSANCE 'SCRIM'

FIGURE 5

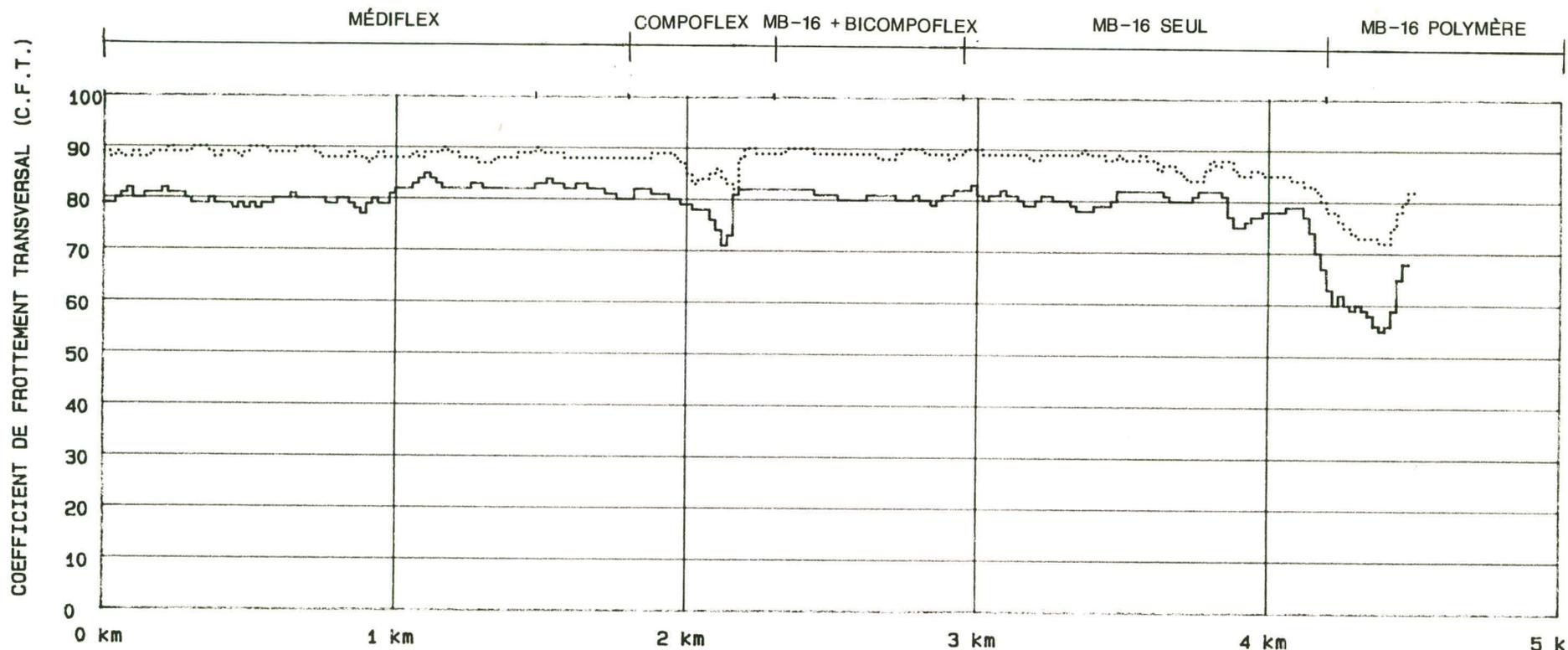
RTE-TR.-SEC. : 20 05 120	AGE DU REVETEMENT : 1 ANS	GLISSANCE _____ VOIE ROUL. EST ..... VOIE DEPA. EST
MUNICIPALITE (S) : VILLERDY	DATE DES ESSAIS : 30-05-91	
COMTE : LOTBINIERE	FREQUENCE DES ESSAIS : 20 m.	30-05-91
NO DOSSIER : 0020-005-120 (31) 89	LONGUEUR (km) : 6	
NO FICHER : 02005RGE.91B	NOMBRE DE VOIES : 4	
REACTION DU HCL : NON	TRAFIC (J.M.A.) :	
TYPE DE REVETEMENT : BB	TEMPERATURE ('C) : 18	



# MESURE DE GLISSANCE 'SCRIM'

FIGURE 6

RTE-TR.-SEC. : <u>20 05 120</u>	AGE DU REVETEMENT : <u>1 ANS</u>	GLISSANCE _____ VOIE ROUL. OUEST ..... VOIE DEPA. OUEST
MUNICIPALITE(S) : <u>VILLEROY</u>	DATE DES ESSAIS : <u>30-05-91</u>	
COMTE : <u>LOTBINIÈRE</u>	FREQUENCE DES ESSAIS : <u>20 m.</u>	30-05-91
NO DOSSIER : <u>0020-005-120 (31) 89</u>	LONGUEUR (km) : <u>6</u>	
NO FICHIER : <u>02005RGE.91B</u>	NOMBRE DE VOIES : <u>4</u>	
REACTION DU HCL : <u>NON</u>	TRAFFIC (J.M.A.) : _____	
TYPE DE REVETEMENT : <u>BB</u> TEMPERATURE ('C) : <u>18</u>		



# MESURE DE GLISSANCE 'SCRIM'

FIGURE 7

RTE-TR.-SEC. : <u>20-05-120</u>	AGE DU REVETEMENT : <u>2 ANS</u>	GLISSANCE _____ VOIE ROUL. EST ..... VOIE DEPA. EST  12-06-92
MUNICIPALITE(S) : <u>VILLEROY</u>	DATE DES ESSAIS : <u>12-06-92</u>	
COMTE : <u>LOTBINIERE</u>	FREQUENCE DES ESSAIS : <u>20 m.</u>	
NO DOSSIER : <u>002-005-120 (31) 89</u>	LONGUEUR (km) : <u>4.797</u>	
NO FICHIER : <u>02005RGE_92A</u>	NOMBRE DE VOIES : <u>4</u>	
REACTION DU HCL : _____	TRAFFIC (J.M.A.) : _____	
TYPE DE REVETEMENT : <u>BB</u> TEMPERATURE (°C) : <u>18</u>		

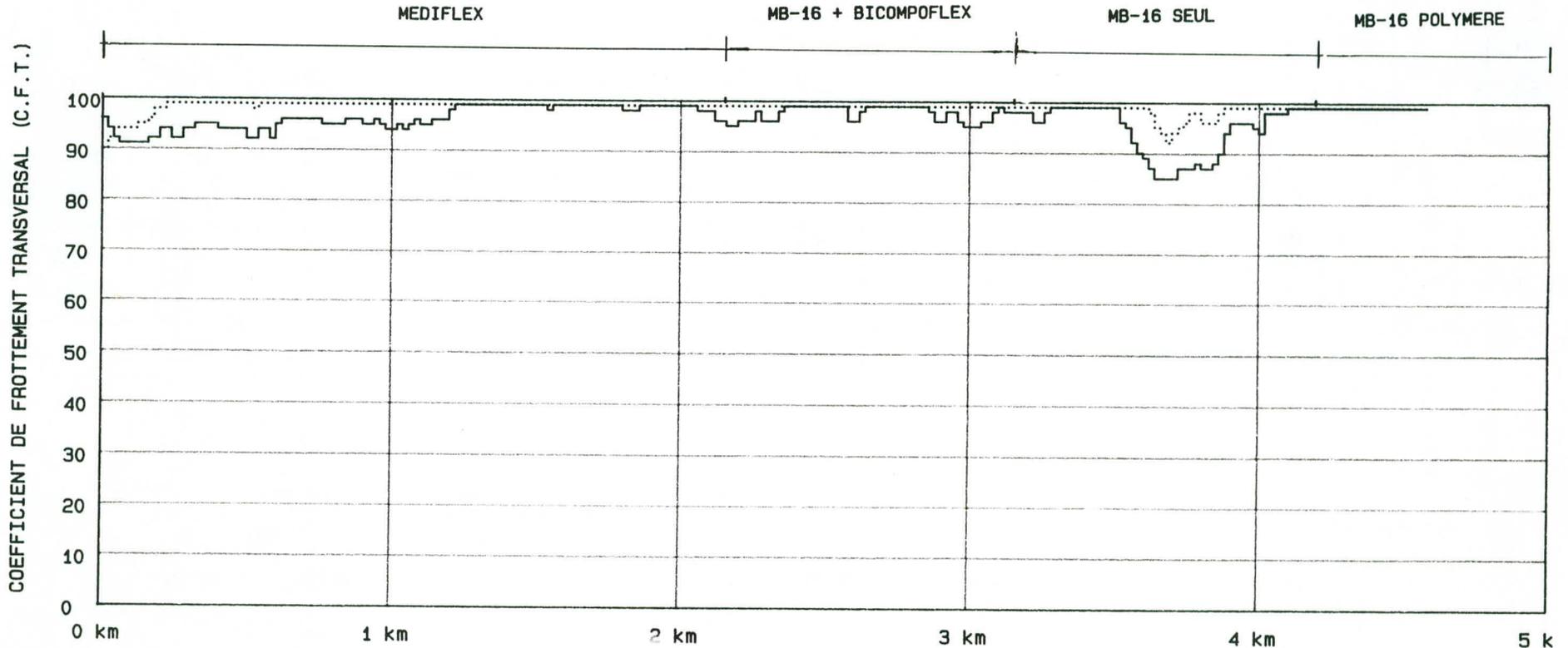


FIGURE: 9 QUALITE DE ROULEMENT 'MAYS'

RTE-TR.-SEC. : <u>020-005-120</u>		NO DOSSIER : <u>0020-05-120 (31) 90</u>	
MUNICIPALITE (S) : <u>VILLEROY</u>		NO FICHER : <u>02005RME.90B</u>	
COMTE : <u>LOTBINIERE</u>		SURFACE : <u>BETON BITUMINEUX</u>	
LONGUEUR (km) : <u>4.8</u>			
DATE DES ESSAIS : <u>1990-09-24</u>		DATE DES ESSAIS: <u>1991-02-01</u>	
TEMP ('C) : <u>10</u> VITESSE (km/hrs) : <u>90</u>		TEMP ('C) : <u>-18</u> VITESSE (km/hre) : <u>100</u>	
ROULEMENT VOIE ROUL. OUEST	DEPASSEMENT VOIE DEPA. OUEST	ROULEMENT VOIE ROUL. OUEST.....	DEPASSEMENT VOIE DEPA. OUEST.....
		DATE DES ESSAIS: 1991-02-08	
		TEMP ('C): 5 VOIE .....	

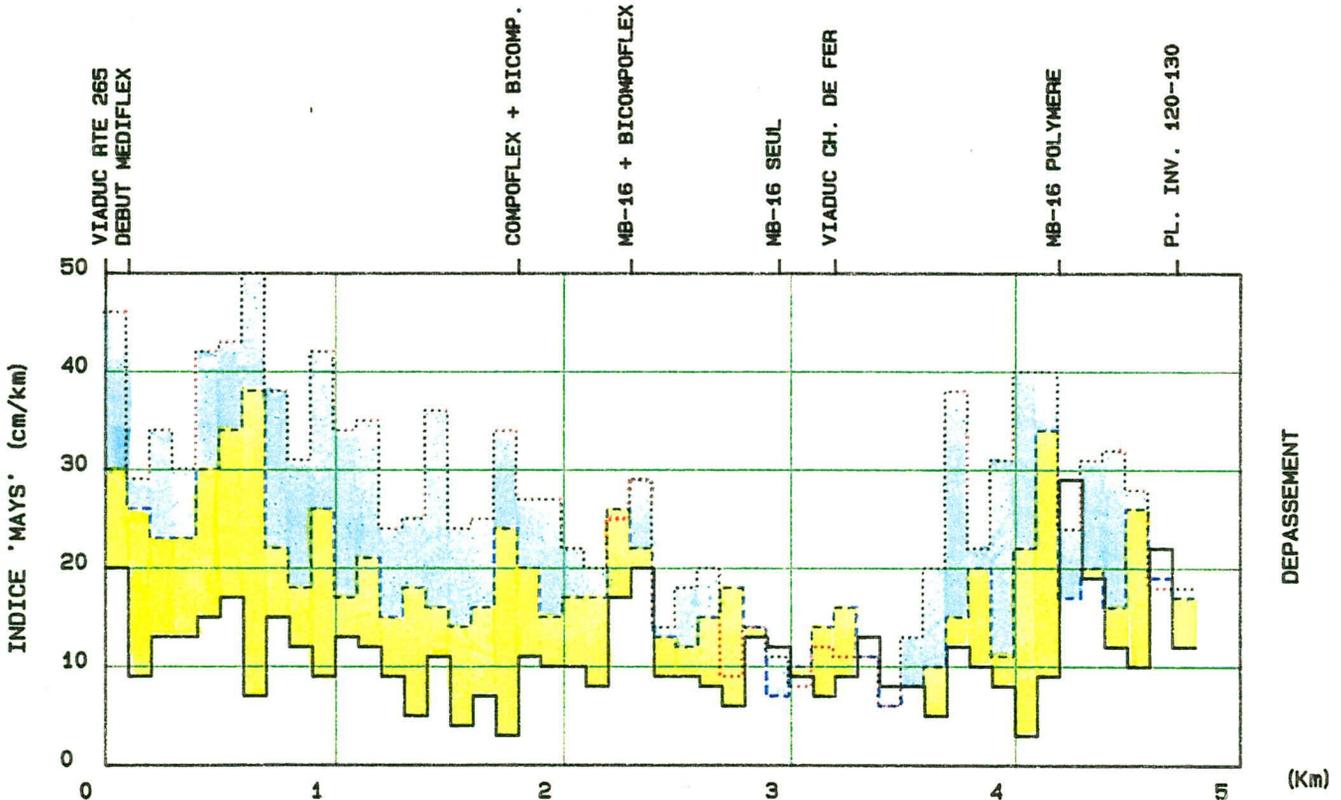
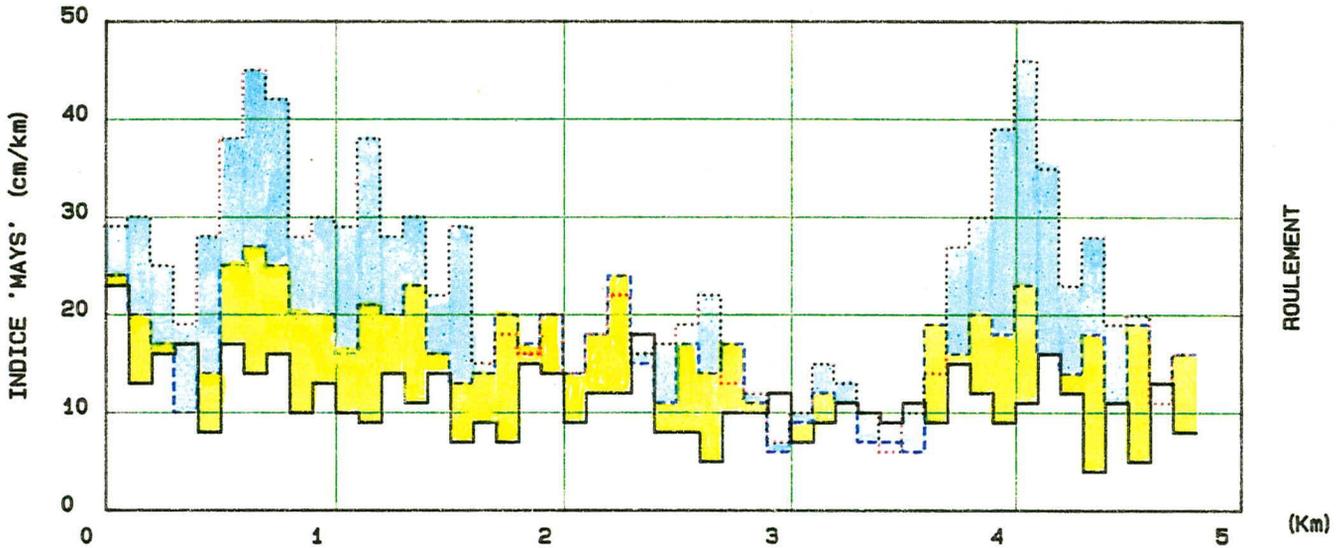
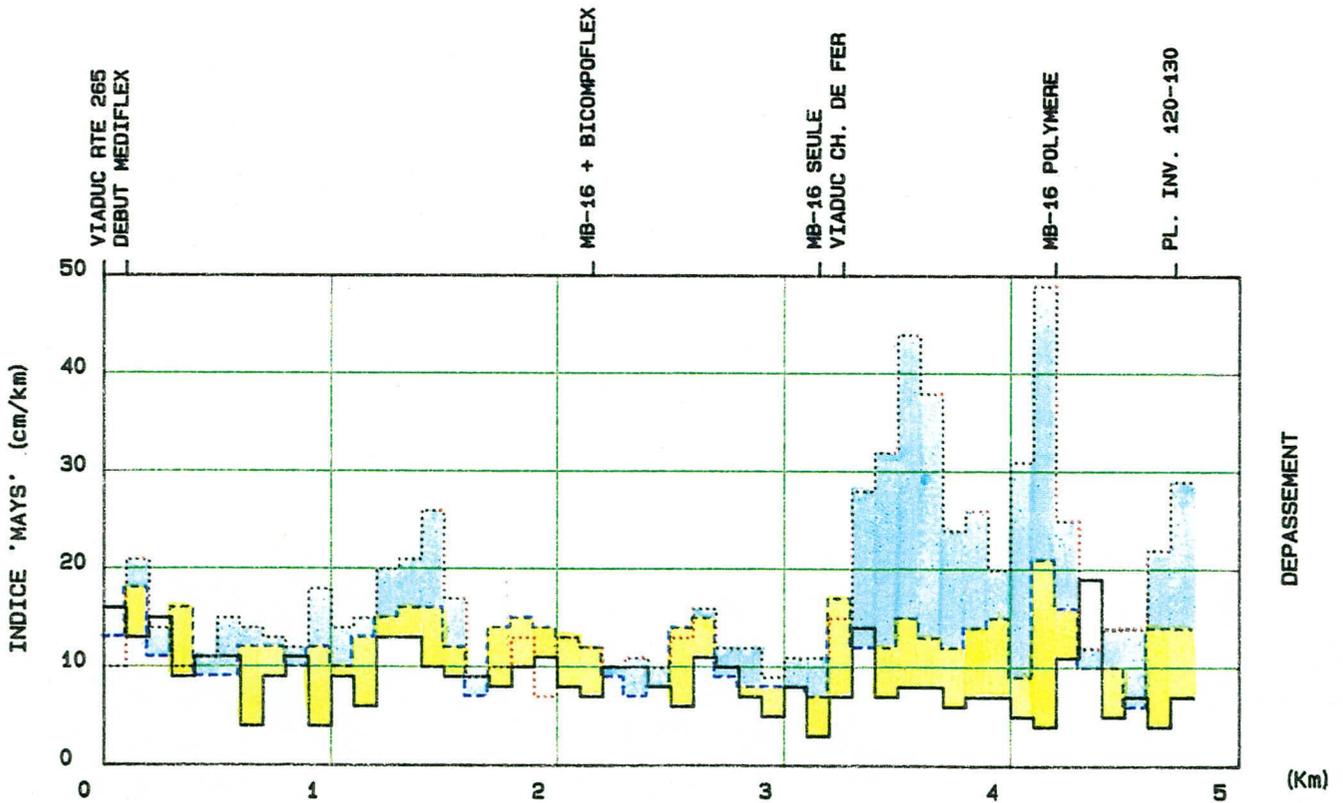
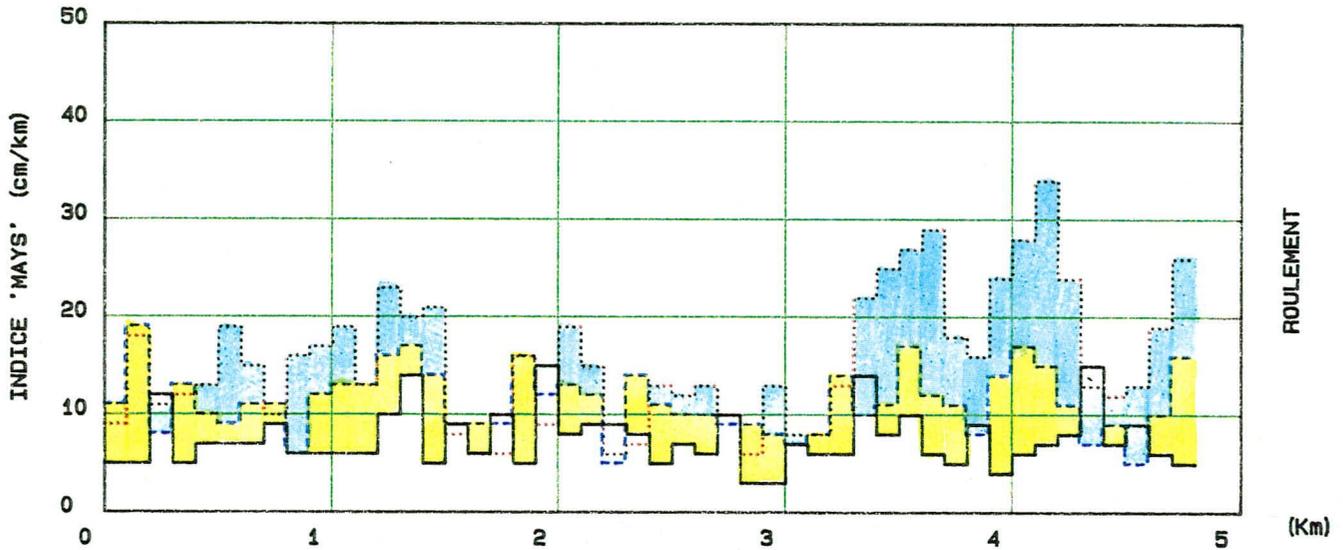


FIGURE: 10 QUALITE DE ROULEMENT 'MAYS'

RTE-TR.-SEC. : <u>020-005-120</u>		NO DOSSIER : <u>0020-05-120 (31) 90</u>	
MUNICIPALITE (S) : <u>VILLEROY</u>		NO FICHER : <u>02005RME_90A</u>	
COMTE : <u>LOTBINIERE</u>		SURFACE : <u>BETON BITUMINEUX</u>	
LONGUEUR (km) : <u>4.8</u>			
DATE DES ESSAIS : <u>1990-09-24</u>		DATE DES ESSAIS: <u>1991-02-01</u>	
TEMP ('C) : <u>10</u> VITESSE (km/hrs) : <u>90</u>		TEMP ('C) : <u>-18</u> VITESSE (km/hre) : <u>100</u>	
ROULEMENT VOIE ROUL. EST	DEPASSEMENT VOIE DEPA. EST	ROULEMENT VOIE ROUL. EST	DEPASSEMENT VOIE DEPA. EST
		DATE DES ESSAIS: 1991-02-08	
		TEMP. (C) : 5 VOIE	



VIADUC RTE 265  
DEBUT MEDIFLEX

MB-16 + BICOMPOFLEX

MB-16 SEULE  
VIADUC CH. DE FER

MB-16 POLYMERE

PL. INV. 120-130

Figure 16 : Famille des bassins de déflexion (1992-06-03)

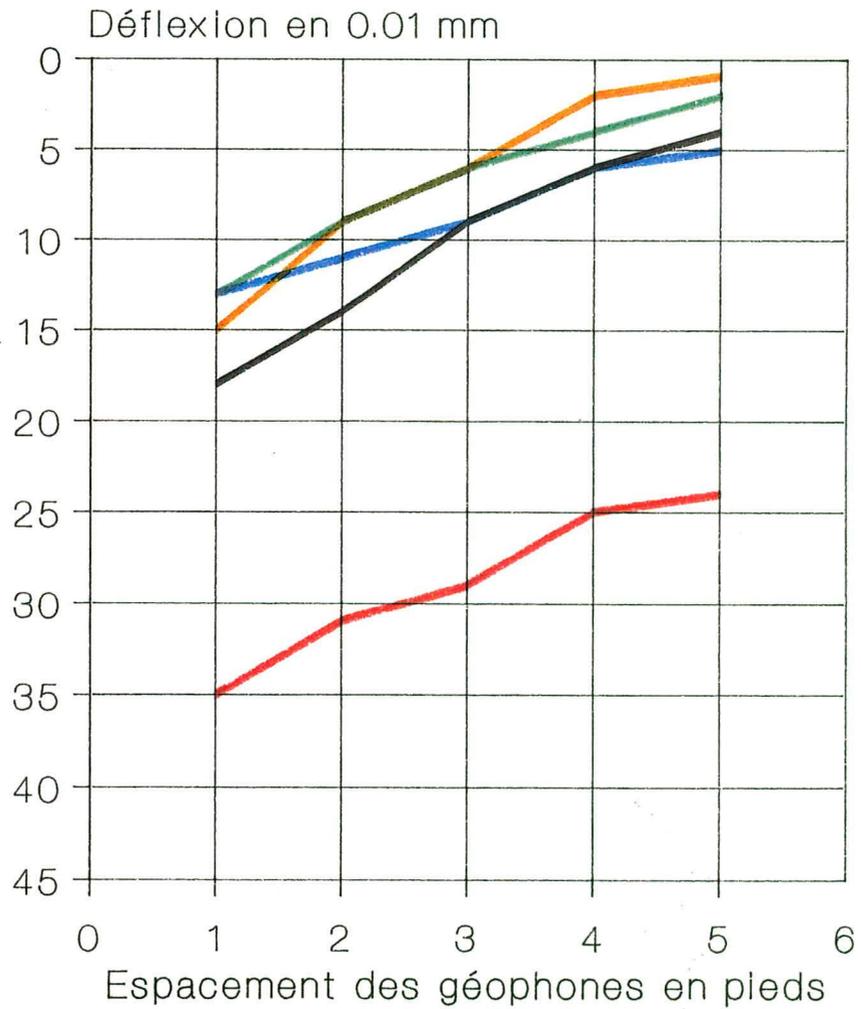
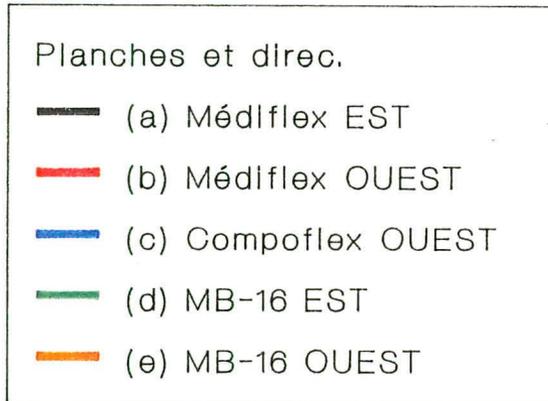


Figure 15 : Variation de la profondeur de gel et de l'indice de gel pour les sites les plus représentatifs.

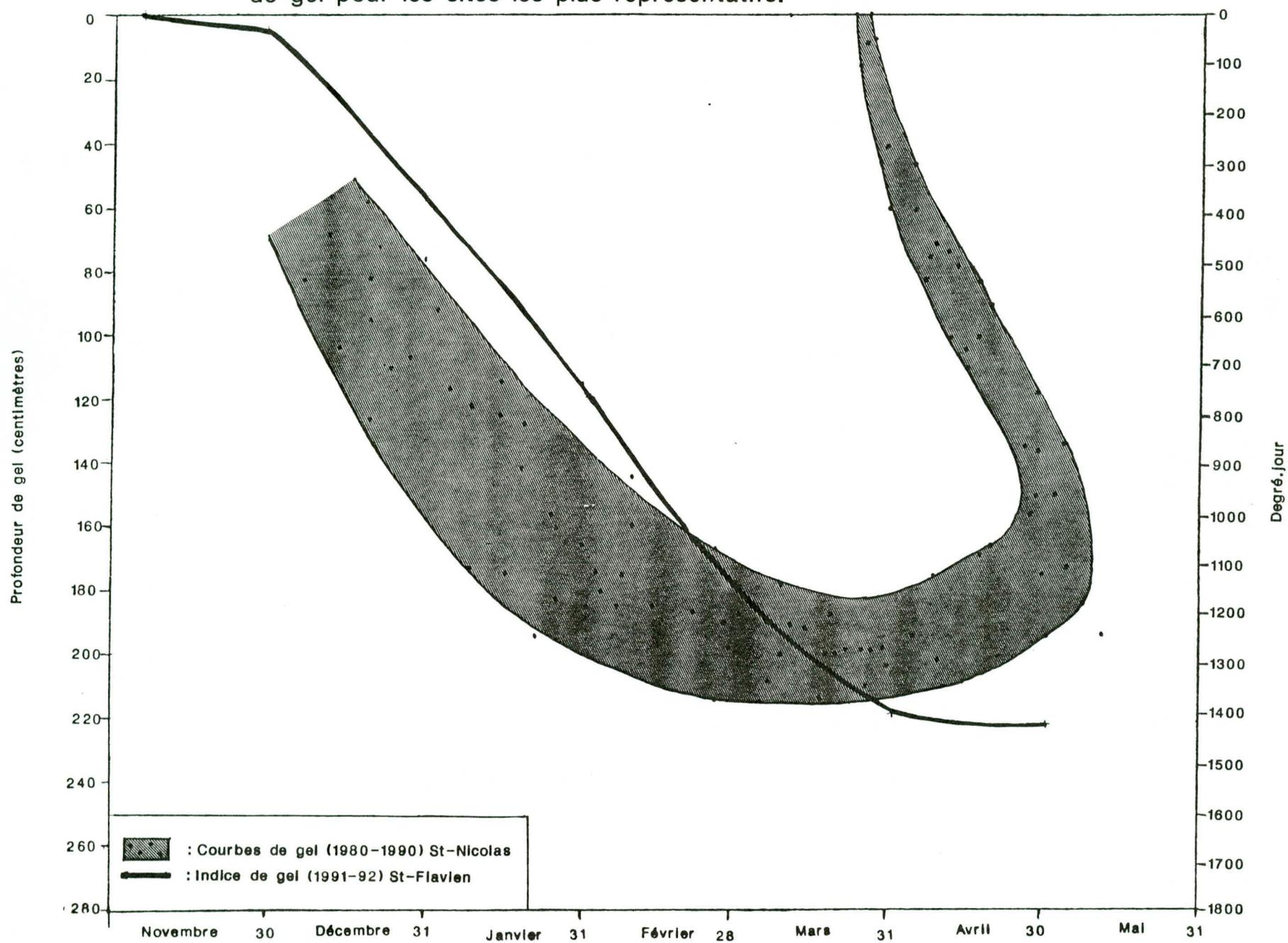


FIGURE 14 : STRATIGRAPHIE STRUCTURELLE DE LA CHAUSSÉE EN DIRECTION EST.

RTE.-TR.-SEC.: <u>AUTOROUTE 20 (DIRECTION EST)</u>	EQUIPEMENT : <u>TARIERE MECANIQUE</u>
MUNICIPALITE : <u>VILLEROY</u>	LONGUEUR DU PROJET : <u>4.900 Km.</u>
COMPTE : <u>LOTBINIERE</u>	
NO DOSSIER : <u>0020-05-120 (31) 90</u>	
NOM DU FICHER : <u>02005RSC.90A</u>	
RESPONSABLE : <u>G. CAQUETTE</u>	
DATE : <u>90-05-07</u>	

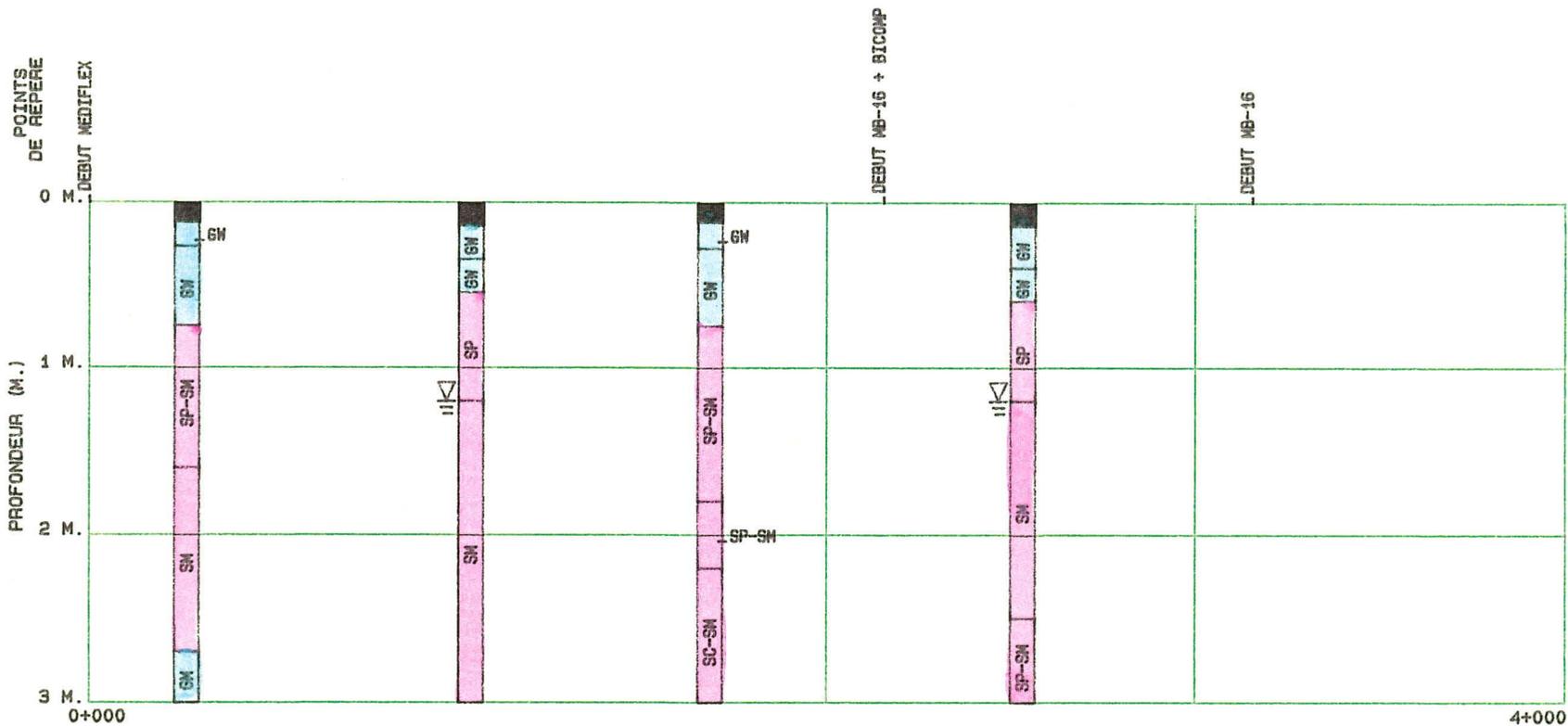


FIGURE 13 : STRATIGRAPHIE STRUCTURELLE DE LA CHAUSSÉE EN DIRECTION OUEST.

RTE.-TR.-SEC.: <u>AUTOROUTE 20 (DIRECTION OUEST)</u>	EQUIPEMENT : <u>TARIERRE MECANIQUE</u>
MUNICIPALITE : <u>VILLEROY</u>	LONGUEUR DU PROJET : <u>4.800 Km.</u>
COMPTE : <u>LOTBINIERE</u>	
NO DOSSIER : <u>0020-05-120 (31) 90</u>	
NOM DU FICHER : <u>02005RSD.90A</u>	
RESPONSABLE : <u>G.CAQUETTE</u>	
DATE : <u>90-05-07</u>	

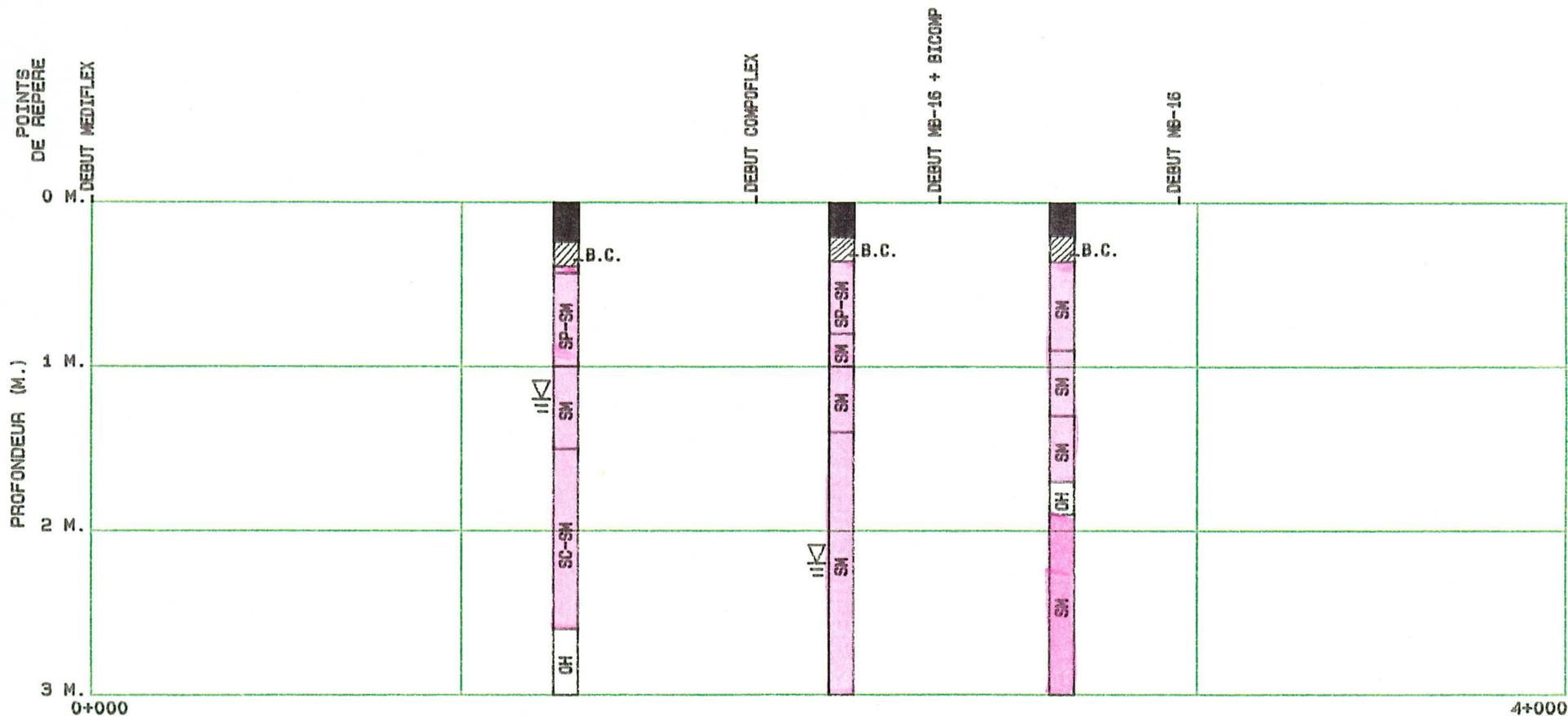
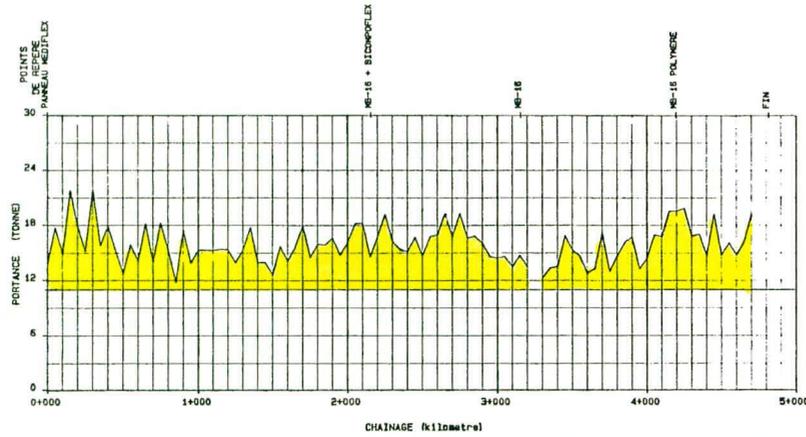


FIGURE 16A

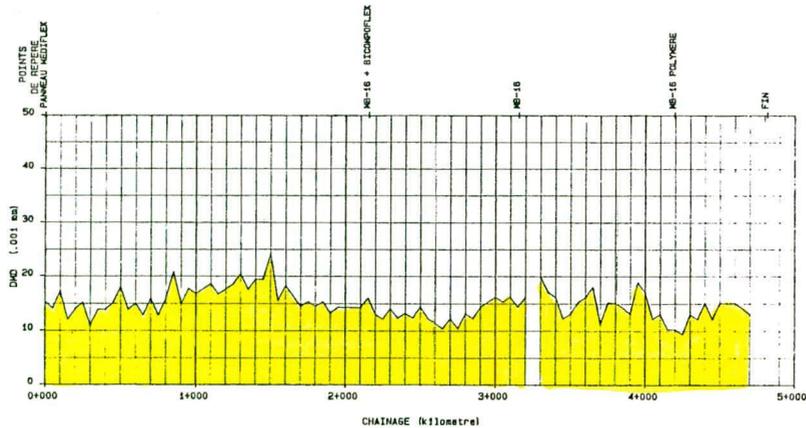
DIRECTION EST

Ministère des Transports Service des Soils et Chaussées Division des Structures de chaussées		EVALUATION DE LA CAPACITE DE SUPPORT (DYNAFLECT)	
RTE-TR.-SEC. : 020-005-120 EST MUNICIPALITE (S) : VILLERDY COMTE : LOTBINIÈRE DOSSIER : 0020-005-120 (31) 89 FICHER : 0200SRDE.89A SURFACE DE ROULEMENT : BETON BITUMINEUX LONGUEUR (km) : 4.71 FREQUENCE DES ESSAIS : 50 m CHEF D'EQUIPE : GILLES COULOMBE		DATE DES ESSAIS : 1992-06-03 VOIE ROL. EST $\bar{x} = 15.91$ $\sigma = 2.05$	



(a) CP

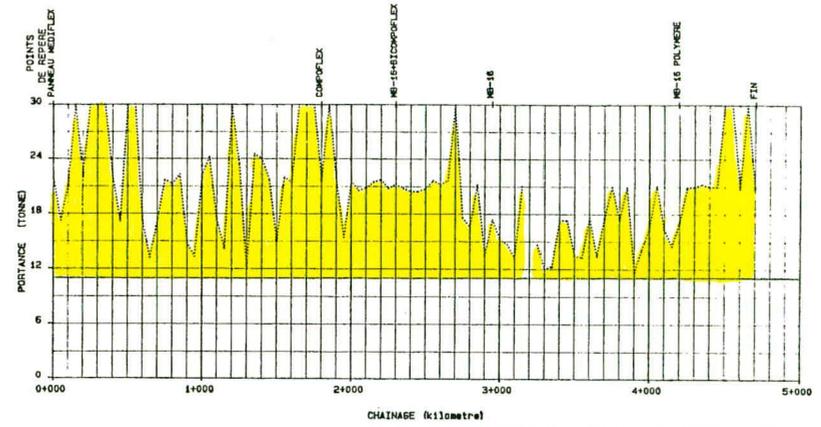
Ministère des Transports Service des Soils et Chaussées Division des Structures de chaussées		EVALUATION DE LA CAPACITE DES COUCHES INFÉRIEURES DE LA CHAUSSEE (DYNAFLECT)	
RTE-TR.-SEC. : 020-005-120 EST MUNICIPALITE (S) : VILLERDY COMTE : LOTBINIÈRE DOSSIER : 0020-005-120 (31) 89 FICHER : 0200SRDE.89A SURFACE DE ROULEMENT : BETON BITUMINEUX LONGUEUR (km) : 4.71 FREQUENCE DES ESSAIS : 50 m CHEF D'EQUIPE : GILLES COULOMBE		DATE DES ESSAIS : 1992-06-03 VOIE ROL. EST $\bar{x} = 14.07$ $\sigma = 2.63$	



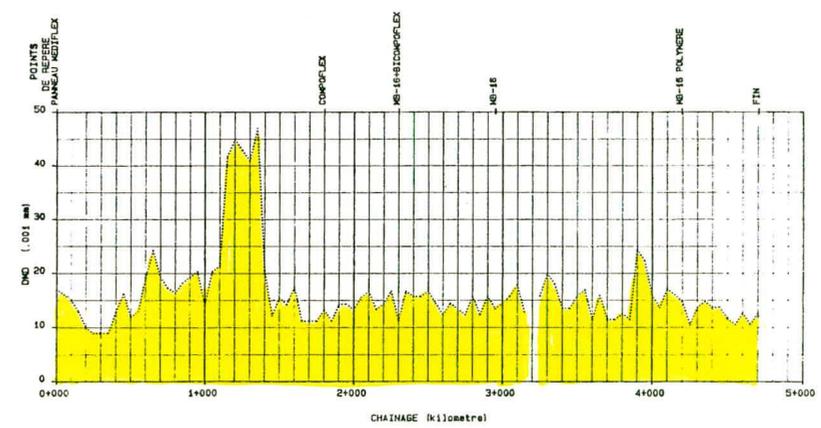
(b) DMD

DIRECTION OUEST

Ministère des Transports Service des Soils et Chaussées Division des Structures de chaussées		EVALUATION DE LA CAPACITE DE SUPPORT (DYNAFLECT)	
RTE-TR.-SEC. : 020-005-120 OUEST MUNICIPALITE (S) : VILLERDY COMTE : LOTBINIÈRE DOSSIER : 0020-005-120 (31) 89 FICHER : 0200SRDE.89B SURFACE DE ROULEMENT : BETON BITUMINEUX LONGUEUR (km) : 4.71 FREQUENCE DES ESSAIS : 50 m CHEF D'EQUIPE : GILLES COULOMBE		DATE DES ESSAIS : 1992-06-02 VOIE ROL. OUEST $\bar{x} = 22.13$ $\sigma = 9.89$	



Ministère des Transports Service des Soils et Chaussées Division des Structures de chaussées		EVALUATION DE LA CAPACITE DES COUCHES INFÉRIEURES DE LA CHAUSSEE (DYNAFLECT)	
RTE-TR.-SEC. : 020-005-120 OUEST MUNICIPALITE (S) : VILLERDY COMTE : LOTBINIÈRE DOSSIER : 0020-005-120 (31) 89 FICHER : 0200SRDE.89B SURFACE DE ROULEMENT : BETON BITUMINEUX LONGUEUR (km) : 4.71 FREQUENCE DES ESSAIS : 50 m CHEF D'EQUIPE : GILLES COULOMBE		DATE DES ESSAIS : 1992-06-03 VOIE ROL. OUEST $\bar{x} = 16.26$ $\sigma = 7.21$	

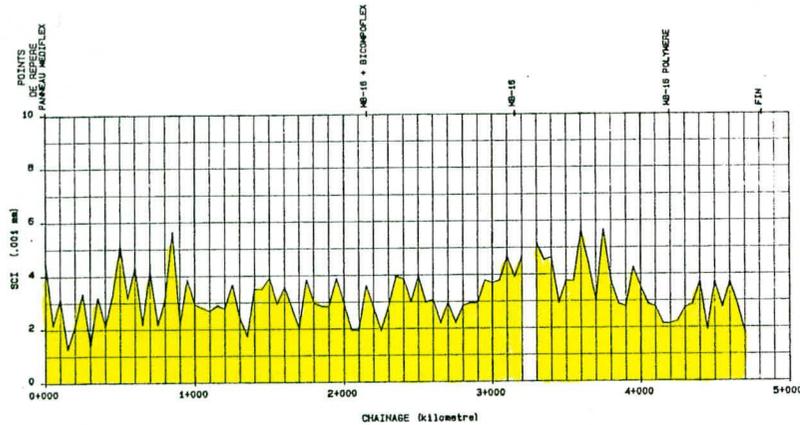


DIRECTION EST

Ministère des Transports  
Service des Sols et Chaussées  
Division des Structures de chaussées

EVALUATION DE LA CAPACITE DES COUCHES  
SUPERIEURES DE LA CHAUSSEE (DYNAFLECT)

RTE-TR.-SEC. : 020-005-120 EST	DATE DES ESSAIS : 1992-06-03
MUNICIPALITE (S) : VILLEROY	VOIE ROL. EST
COMTE : LOTBINIÈRE	$X = 3.20 \quad \sigma = 2.94$
DOSSIER : 0020-005-120 (31)89 FICHER : 02005RDE.89A	
SURFACE DE ROULEMENT : BETON BITUMEUX	
LONGUEUR (km) : 4.71 FREQUENCE DES ESSAIS : 50 m	
CHEF D'EQUIPE : GILLES COULOMBE	



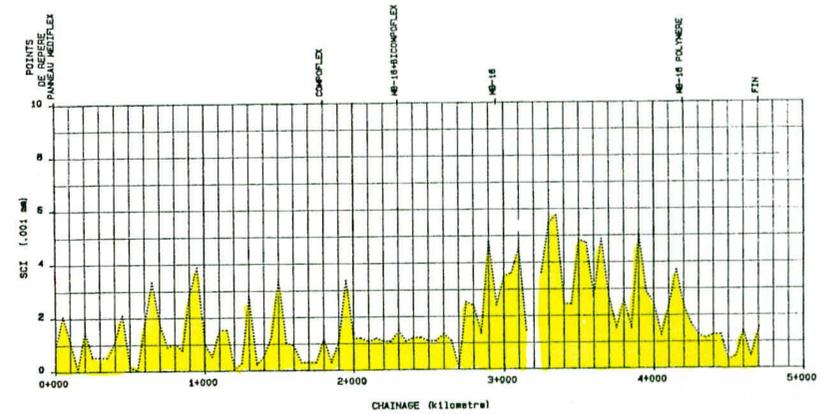
(c) SCI

DIRECTION OUEST

Ministère des Transports  
Service des Sols et Chaussées  
Division des Structures de chaussées

EVALUATION DE LA CAPACITE DES COUCHES  
SUPERIEURES DE LA CHAUSSEE (DYNAFLECT)

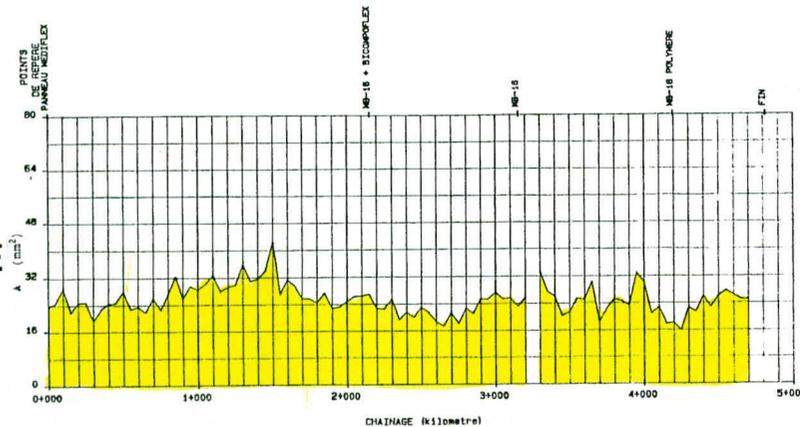
RTE-TR.-SEC. : 020-005-120 OUEST	DATE DES ESSAIS : 1992-06-03
MUNICIPALITE (S) : VILLEROY	VOIE ROL. OUEST
COMTE : LOTBINIÈRE	$X = 1.70 \quad \sigma = 1.37$
DOSSIER : 0020-005-120 (31)89 FICHER : 02005RDE.89B	
SURFACE DE ROULEMENT : BETON BITUMEUX	
LONGUEUR (km) : 4.71 FREQUENCE DES ESSAIS : 50 m	
CHEF D'EQUIPE : GILLES COULOMBE	



Ministère des Transports  
Service des Sols et Chaussées  
Division des Structures de chaussées

AIRE DU BASSIN DE DEFLEXION (DYNAFLECT)

RTE-TR.-SEC. : 020-005-120 EST	DATE DES ESSAIS : 1992-06-03
MUNICIPALITE (S) : VILLEROY	VOIE ROL. EST
COMTE : LOTBINIÈRE	$X = 25.19 \quad \sigma = 4.41$
DOSSIER : 0020-005-120 (31)89 FICHER : 02005RDE.89A	
SURFACE DE ROULEMENT : BETON BITUMEUX	
LONGUEUR (km) : 4.71 FREQUENCE DES ESSAIS : 50 m	
CHEF D'EQUIPE : GILLES COULOMBE	



(d) AIRE

Ministère des Transports  
Service des Sols et Chaussées  
Division des Structures de chaussées

AIRE DU BASSIN DE DEFLEXION (DYNAFLECT)

RTE-TR.-SEC. : 020-005-120 OUEST	DATE DES ESSAIS : 1992-06-03
MUNICIPALITE (S) : VILLEROY	VOIE ROL. OUEST
COMTE : LOTBINIÈRE	$X = 25.78 \quad \sigma = 11.00$
DOSSIER : 0020-005-120 (31)89 FICHER : 02005RDE.89B	
SURFACE DE ROULEMENT : BETON BITUMEUX	
LONGUEUR (km) : 4.71 FREQUENCE DES ESSAIS : 50 m	
CHEF D'EQUIPE : GILLES COULOMBE	

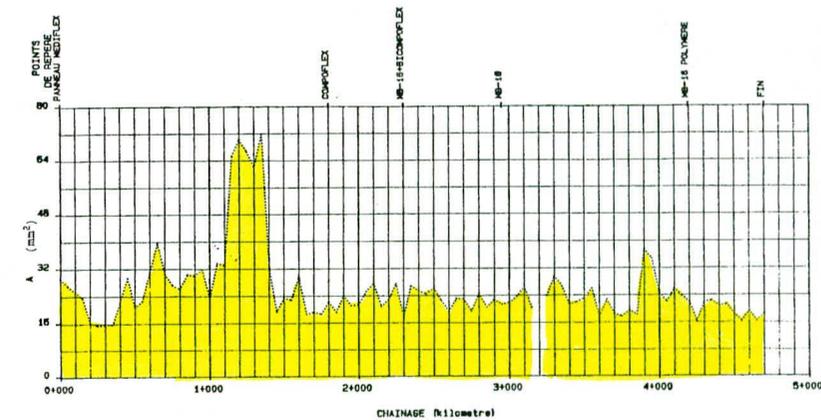
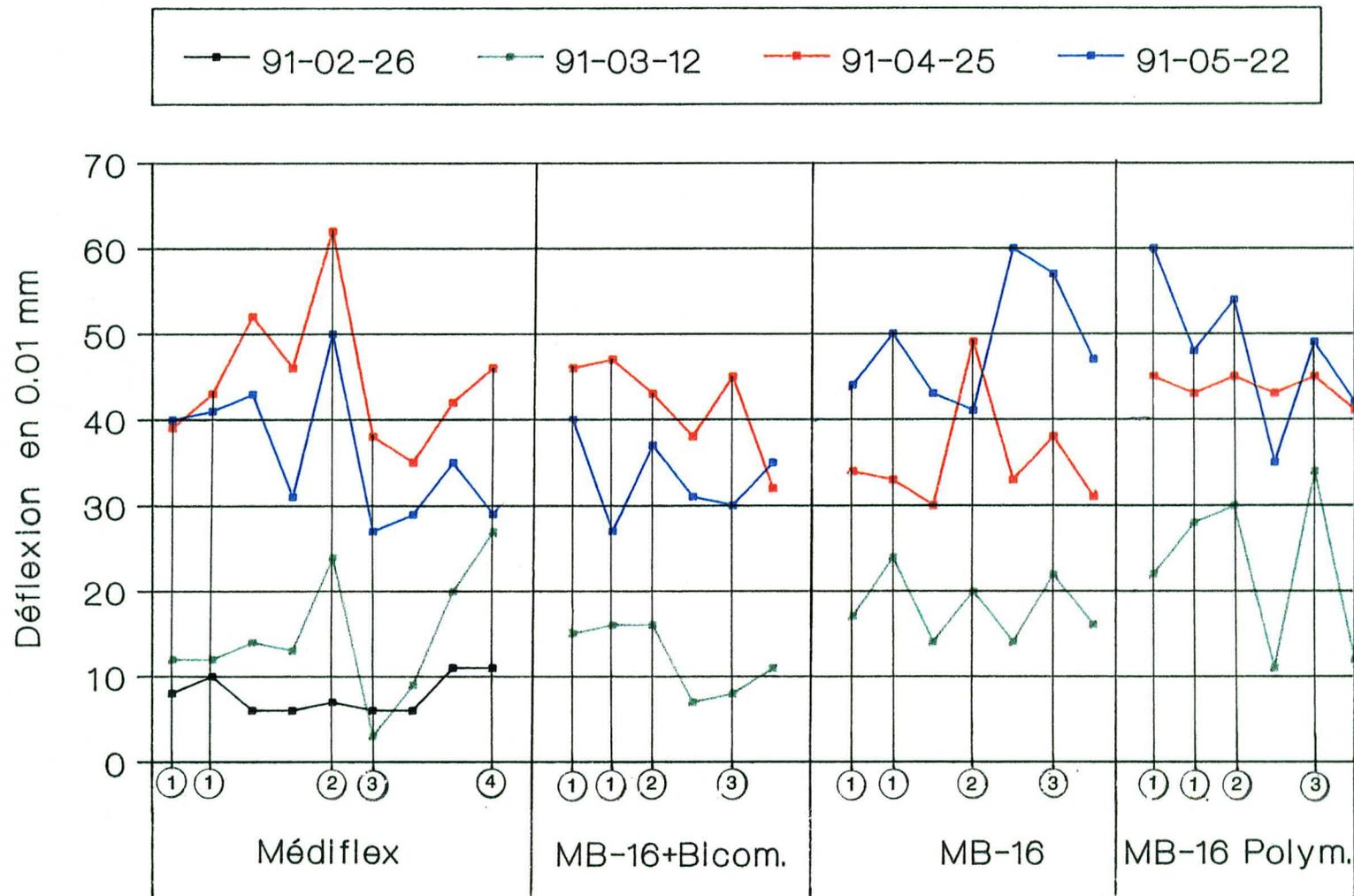


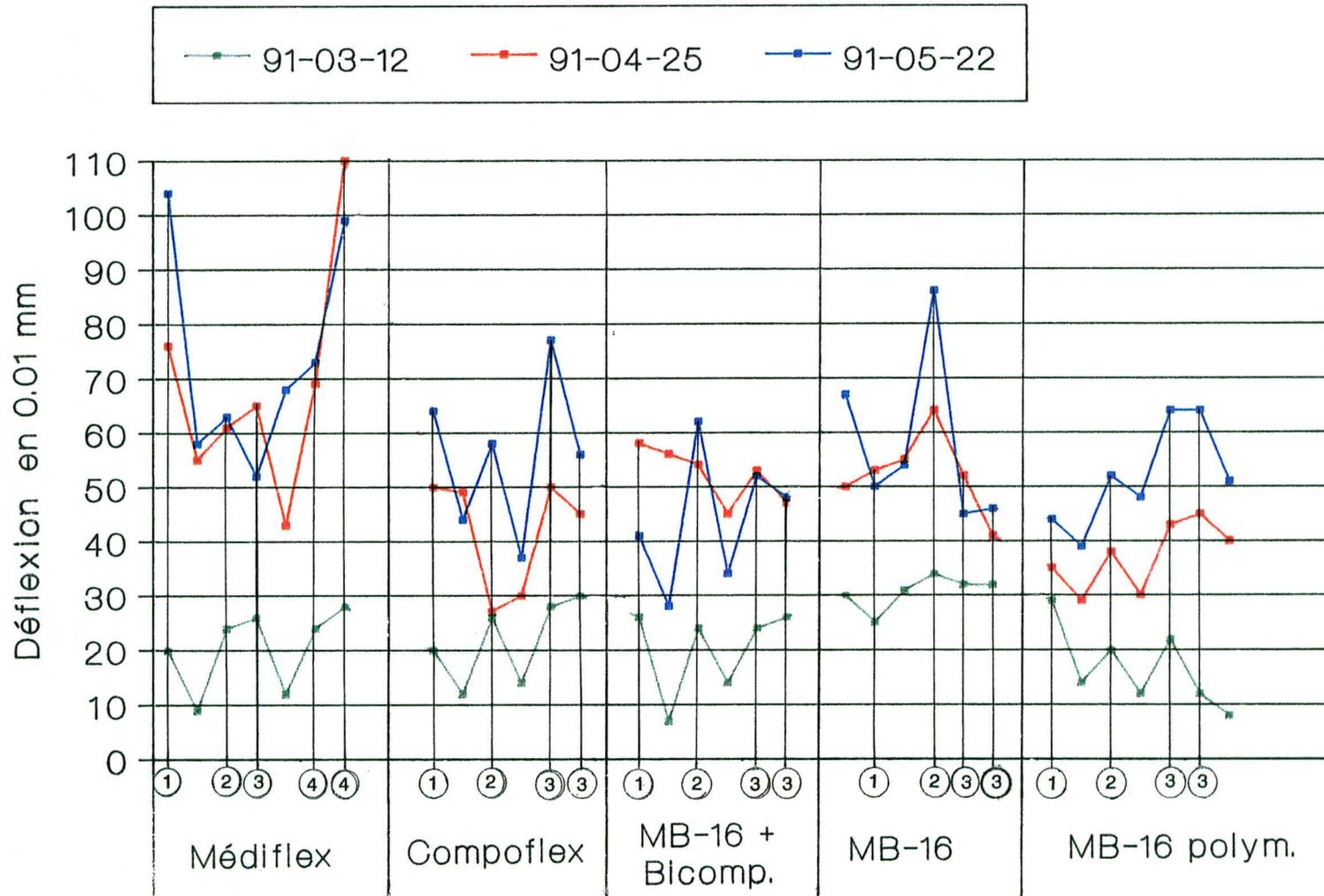
Figure 17 : Evolution de la déflexion  
 Autoroute 20 (Villeroy)  
 Direction est



①: Essai effectué au droit d'une fissure transversale.

Service des Sols et Chaussées  
 A. Amiri - P. Lefrançois

Figure 18 : Evolution de la déflexion  
 Autoroute 20 (Villeroy)  
 Direction ouest

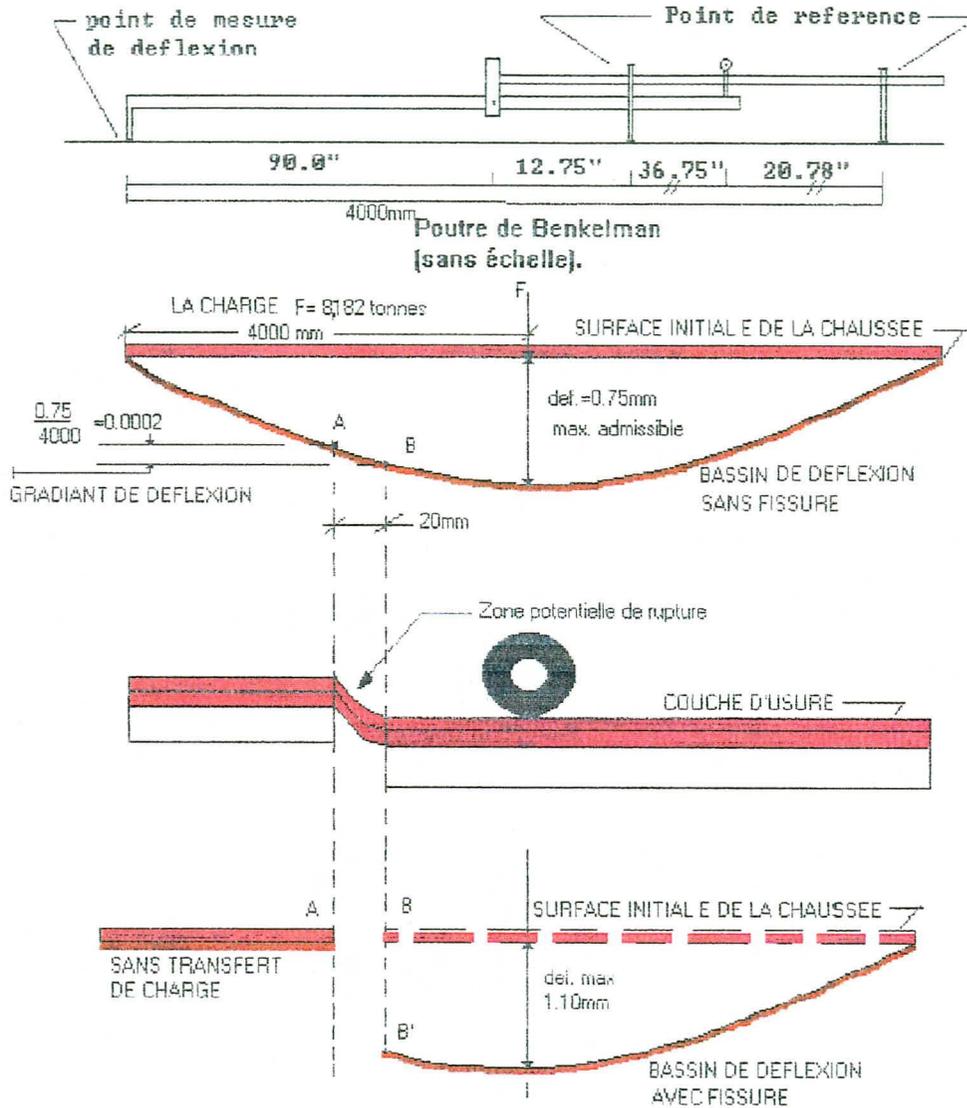


①: Essai effectué au droit d'une fissure transversale.

Figure 19

**MECANISME DE REFLEXION PAR FATIGUE  
DES FISSURES A BASSE TEMPERATURE**

Les enrobés amiantés  
Autoroute 20 - phase 1 Villeroy



Déflexion maximum mesurée à la poutre Benkelman

Le 25 avril 1991 sur l'autoroute 20 à l'endroit d'une fissure transversale.

$$\frac{\text{Déflexion après fissure}}{\text{Déflexion max théor. sans fissure}} = \frac{1.10}{0.0002} = 5500 \text{ Effort tranchant à l'endroit d'une fissure.}$$

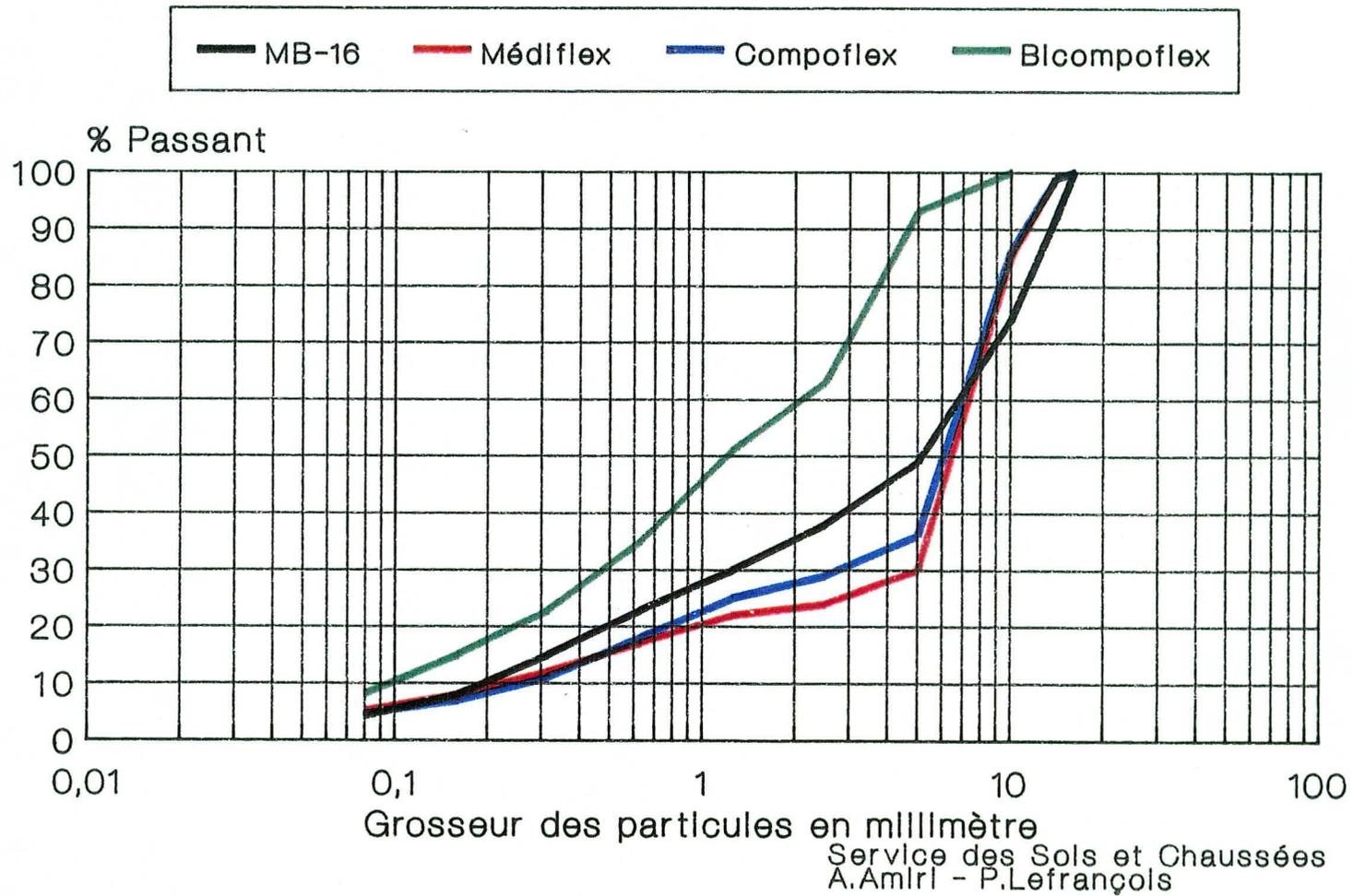
**DEMONSTRATION DES EFFORTS TRANCHANTS DU TRANSPORT LOURD  
SOLICITANT UNE COUCHE D'USURE AVEC OU SANS FISSURE TRANSVERSALE**

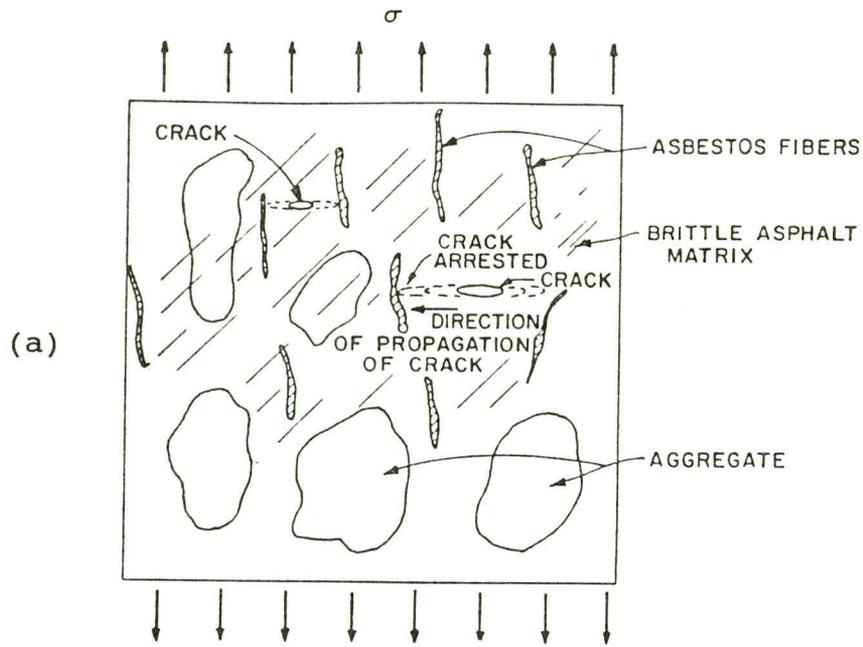
CAS 1: Contexte visco-élastique  
température supérieure à  
la transition vitreuse.

CAS 2: Contexte élastique température  
inférieure à la température vitreuse.

**SOLS ET CHAUSSEES  
A. AMIRI - D. YERRET**

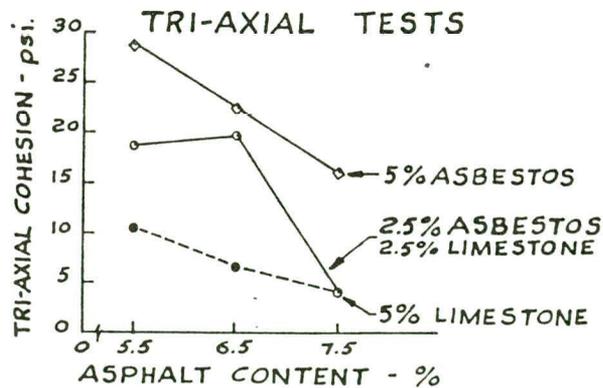
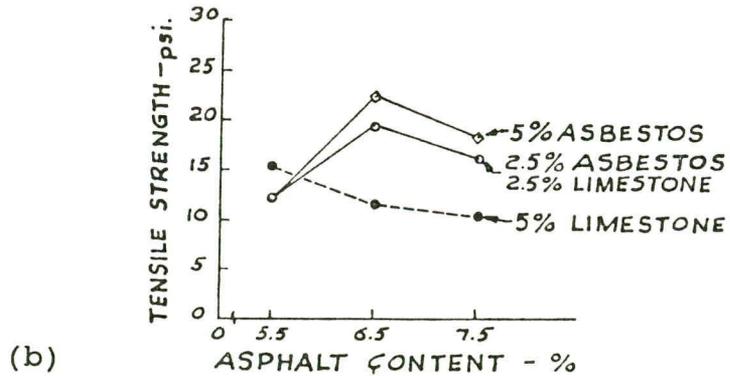
Figure 22 : Courbes granulométriques  
des divers enrobés expérimentés  
selon les résultats du S.A.Q.





At Low Temperatures the Asbestos Restricts Crack Propagation.

#### MIXTURE TENSILE PROPERTIES

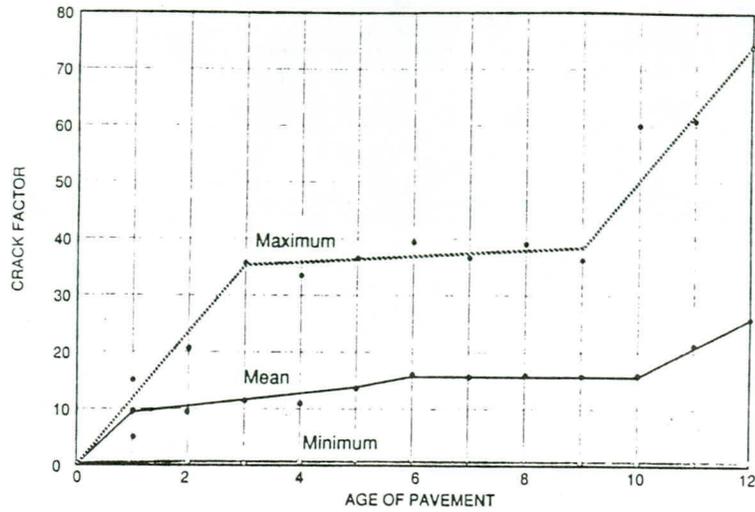


Tensile Tests at 77°F.  
.004 In./In./Min.

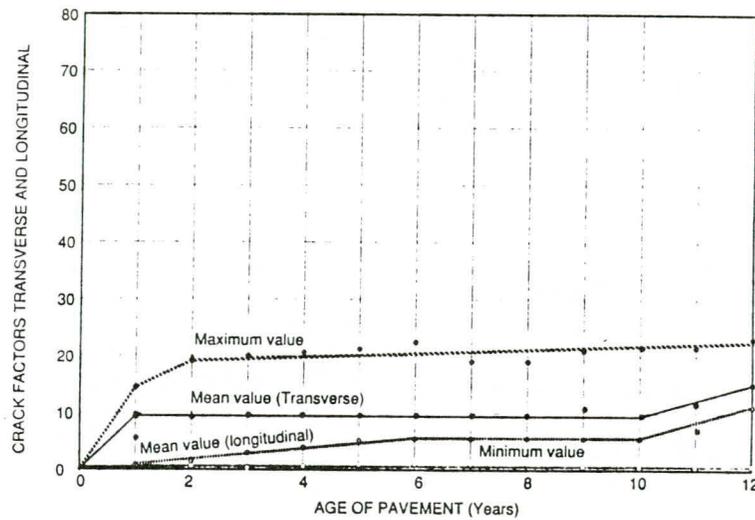
Figure 23 - (a) Résistance des fibres d'amiante contre l'élargissement des fissures de retrait thermique.  
(b) Accroissement de la cohésion et de la résistance à la traction des enrobés amiantés.

# PERIODE OPTIMUMD'INTERVENTION

$$C_f (\max) = \frac{F.T. (m) + F.L. (m)}{A (m^2)} \times 100$$



A Crack factor for Transverse and Longitudinal Crackings Combined



B Crack factors for Transverse and Longitudinal Crackings Only

FIGURE 24- L'intensité d'apparition des fissures en fonction de l'âge d'enrobé.

A) Fissures longitudinales et transversales ensemble.

B) Fissures transversales et fissures longitudinales séparément.

- $C_f (\max)$  = coefficient de fissuration maximum
- F.T. (m) = longueur totale des fissures transversales (en mètres)
- F.L. (m) = longueur totale des fissures longitudinales (en mètres)
- A ( $m^2$ ) = surface totale du scellement

Figure 25

**EVOLUTION DU NOMBRE DE FISSURES TRANSVERSALES/Km VS L'INDICE DE GEL  
AUTOROUTE 20- VILLEROY 1990-1992  
CHAUSSEE FLEXIBLE (BB)**

N.B. La performance structurelle des planches et la largeur des autres types de fissures par m<sup>2</sup> ne sont pas incluses dans ce graphique (Voir le tableau 11)

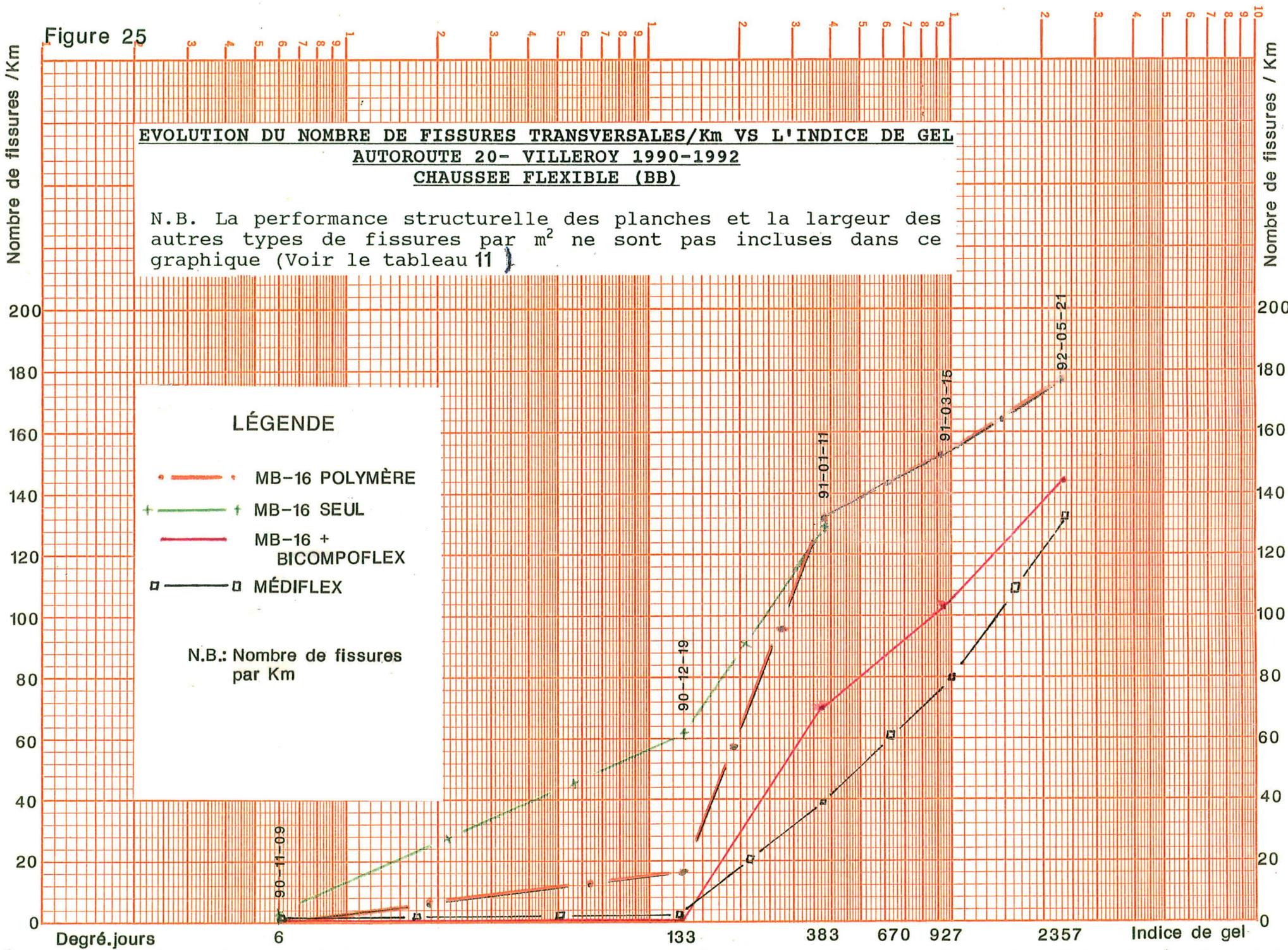


Figure 26

**EVOLUTION DU NOMBRE DE FISSURES TRANSVERSALES/Km VS L'INDICE DE GEL  
 AUTOROUTE 20- VILLEROY 1990-1992  
 CHAUSSEE SEMI-RIGIDE (BB+BC)**

N.B. La performance structurale des planches et la largeur des autres types de fissures par m<sup>2</sup> ne sont pas incluses dans ce graphique (Voir le tableau 11)

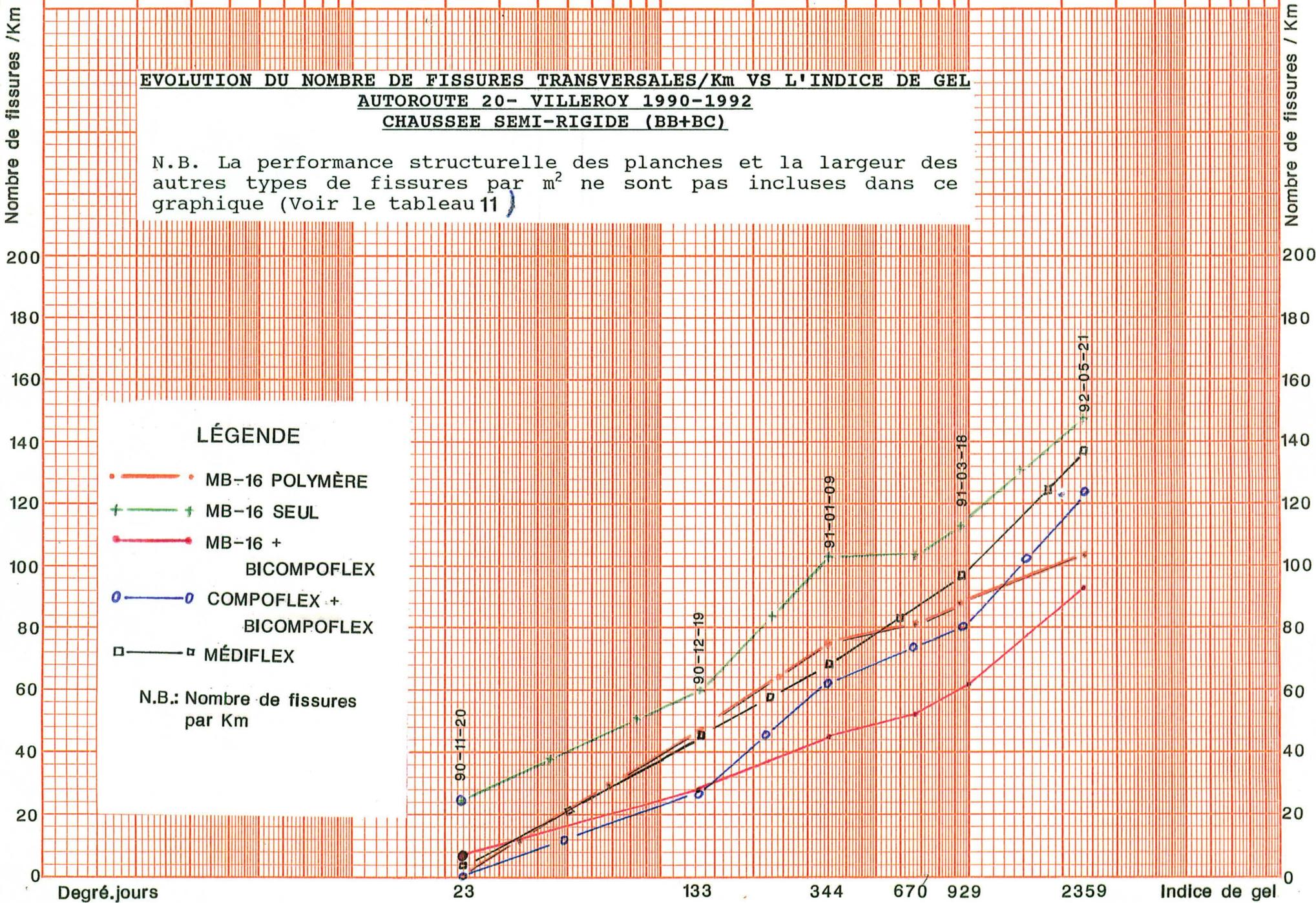


Tableau 1

TABLEAU COMPARATIF  
DES MOYENNES DE RÉSULTATS

	<u>MB-12,5</u> (1N)	<u>MB-16</u> (1F)	<u>BICOMPOFLEX</u>	<u>COMPOFLEX</u>	<u>MÉDIFLEX</u>
16 mm	-	100	-	100	100
12,5	100	92	-	99	99
10	92	74	100	86	85
5	64	49	93	36	30
2,5	49	38	63	29	24
1,25	39	30	51	25	22
630 um	30	23	35	18	17
315	20	15	23	11	12
160	10	8	15	7	8
80	5,0	4,3	8,2	4,6	5,2
T.G.	509	433	588	417	402
% bitume	5,23	4,64	8,09	6,89	6,02
FBE	7,76	7,80	8,98	14,3	12,1
% vides	3,2	3,7	1,5	1,9	3,4
VCB	79,8	72,9	91,8	89,2	79,7
Stabilité	14997	15796	9812	9933	7952
Déformation	3,3	3,3	9,0	8,6	3,6
% compacité	93,6	92,1	-	-	93,7
Nbre échant.	8	9	10	5	9
Tonnage app.	2237	4496	3437	406	2540
Taux	70	90	45	70	50
Amiante	-	-	1,6	1,6	1,0

**ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE DES ENROBÉS CLASSIQUES ET MODIFIÉS**

**QUALITÉ DE ROULEMENT (MAYS)  
VILLEROY**

**TABEAU 2**

MÉLANGES EXPÉRIMENTALS  Dans chacune des colonnes on retrouve la moyenne X et l'écart type en dessous $\sigma$	VOIE DE ROULEMENT						VOIE DE DÉPASSEMENT					
	ÉTÉ cm/kmk (40)			HIVER cm/km (56)			ÉTÉ cm/km (40)			HIVER cm/km (56)		
	90	91	92	90	91	92	90	91	92	90	91	92
<b>OUEST</b>												
MÉDIFLEX + BICOMPOFLEX	12.6		14.7		27*	20	10.6		13.94		33**	40.6**
	3.92		1.41		8.65	3.45	4.16		2.32		8.95	9.14
COMPOFLEX + BICOMPOFLEX	12.4		13.33		9.80	18.80	11.2		14.67		9.40	15.8
	2.30		2.47		1.30	6.83	3.42		2.02		2.97	5.45
MB-16 + BICOMPOFLEX	10.0		11.17		15	19.8	11.4		10.50		16	25.1
	3.77		1.04		5.24	2.84	4.56		2.29		7.20	10.8
MB-16 SEUL	11.1		14.42		22	19.6	8.36		15.33		22	22.3
	2.43		4.01		13.6	2.33	2.84		6.44		12.9	9.22
MB-16 + POLYMÈRE	9		11.33		20	19.33	18.4		17.5		27*	38.1**
	4.18		3.55		6.22	2.52	7.7		2.50		5.73	8.6
<b>EST</b>												
MÉDIFLEX + BICOMPOFLEX	7.8		9.86		14.3	34**	9.82		10.09		14.3	17.1
	2.92		1.87		4.97	7.04	3.10		3.04		4.60	3.56
MB-16 + BICOMPOFLEX	6.4		7.10		9.7	21	8.3		10.70		11.5	19
	2.46		1.88		3.07	8.55	2.06		1.79		2.17	1.52
MB-16 SEUL	7.4		11.90		22	22	6.9		11.80		29*	21.6
	2.80		4.89		7.78	9.55	2.84		2.59		11.6	6.17
MB-16 + POLYMÈRE	9.0		10.17		16.2	25.5*	9.2		10.67		17	19
	3.54		2.08		5.17	8.72	6.10		1.04		5.73	3.91

REMARQUES: Dans chaque colonnes on retrouve la moyenne (X) et dessous l'écart type ( $\sigma$ ).

Un roulement maximum de 40 et 56 cm/km est considéré satisfaisant pour une autoroute en été et en hiver respectivement.

\* Secteur considérés cahoteux (pour une chaussée neuve) causé par les fondations instables ou une surface affectées par des dégradations et de l'infiltrations d'eau par les dites dégradations.

**LA DÉTÉRIORATION DE LA QUALITÉ DE ROULEMENT MAYS APRÈS DEUX ANS DE SERVICE.**

**TABEAU: 2A**

TYPES D'ENROBÉS		COMPOFLEX+ BICOMPOFLEX	MÉDIFLEX + BICOMPOFLEX	MB-16 POLYMÈRE	MB-16	MB-16 + BICOMPOFLEX
CHAUSSÉES FLEXIBLE	MAYS 92/MAYS 90 %	-	+47	+49	+48	+47
CHAUSSÉE SEMI-ROGIDE	MAYS 92/MAYS 90 %	+19	+36	+27.5	+51	+63
REMARQUES						

REMARQUES: Selon les relevés de MAYS effectués entre l'automne 90 et l'été 92 des détériorations considérables de la qualité de roulement ont affecté la surface des différentes planches. Sur la chaussée flexible cette détérioration est presque identique pour tous les enrobés (environ 47%). Tandis que sur la chaussée semi-rigide le compoflex affiche la meilleure performance avec 19% de détérioration et le MB-16 avec 63% se classe dernier. Ces dégradations ont été provoquées par les F.T., les dégradations des lèvres de ces dernières de même que les déformations saisonnières irréversibles des fondations.

**EVALUATION DE LA PERFORMANCE DES ENROBES AUX LIANT CLASSIQUES ET MODIFIES**

**RELEVES DE LA GLISSANCE (SCRIM)**  
**VILLEROY**

TABLEAU:3

SECTEUR EVALUES	DIRECTION OUEST						DIRECTION EST					
	ROULEMENT			DEPASSEMENT			ROULEMENT			DEPASSEMENT		
	90-08	91-05	92-06	90-08	91-05	92-06	90-08	91-05	92-06	90-08	91-05	92-06
MB-16 + POLYMERE	71.41	80.16	72.80	75.59	88.78	85.73	64.91	72.12	99.00	76.95	86.29	99.00
	3.39	1.60	7.72	2.63	0.75	3.73	1.33	2.51	0.00	7.03	2.88	0.00
MB-16 SEUL	71.97	82.12	92.48	77.88	88.31	97.87	66.78	80.51	94.54	66.56	88.71	98.21
	1.96	0.83	3.33	2.21	0.74	2.05	1.55	1.63	5.09	1.53	0.66	1.65
MB-16 + BICOMPOFLEX	81.48	79.52	93.30	86.68	86.96	99.00	80.30	82.43	97.64	74.11	88.94	99.00
	2.84	3.10	2.01	4.47	2.46	0.00	2.91	0.61	1.52	9.91	1.00	0.00
COMPOFLEX +BICOMPOFLEX	64.79	80.88	92.32	67.03	89.15	98.72						
	4.41	0.86	3.08	4.65	0.62	0.84						
MEDIFLEX + BICOMPOFLEX	62.23	75.83	94.51	73.66	84.84	98.84	81.66	82.81	96.25	89.79	89.73	98.54
	3.22	8.13	2.21	12.78	5.24	0.52	3.24	4.24	2.55	3.46	5.14	1.53

REMARQUES: Dans chacune des colonnes on retrouve la moyenne (X) du C.F.T. et l'écart type ( $\sigma$ ) juste en dessous.

Un C.F.T. moyen de 60 est considéré satisfaisant sur une route de cette catégorie après un ans de mise en service de l'enrobé.

A.AMIRI D.VERRET  
 Sols et Chaussées.

**ÉVOLUTION CHRONOLOGIQUE DE LA FISSURATION AVEC  
L'INDICE ET LA PROFONDEUR DE PÉNÉTRATION DU GEL\*\*\*  
Autoroute 20 - VILLEROY 1990-1992**

**TABLEAU: 4**

TYPE DE PLANCHE	CHAUSSÉE SEMI-RIGIDE						CHAUSSEE FLEXIBLE					
	DATES FT/Km					TAUX Kg/M2	DATES FT/Km					TAUX Kg/m2
	90-11-20	90-12-19	91-05-17	92-01-28	92-05-21		90-11-20**	90-12-19	91-05-17	92-01-28	92-05-21	
COMPOFLEX + BICOMPOFLEX	0	28	92	82	122	115	*	*	*	*	*	*
MB-16 + BICOMPOFLEX	0	28	62	74	92	135	0	2	118	143	144	135
MB-16 + POLYMÈRE	6	48	88	112	114	90	8	16	168	163	178	90
MEDIFLEX + BICOMPOFLEX	4	48	112	121	138	95	2	2	110	137	132	95
MB-16 SEUL	24	60	112	137	149	90	29	62	130			90

\* Ce type d'enrobé n'a pas été posé dans cette direction.

\*\* Résultats extrapolés du tableau F.T. versus degré\*jour.

\*\*\* Voir les figures 25 et 26

FT/Km: Nombre de fissures transversales par Km de chaussée.

**SOULÈVEMENT HIVERNAL ET OUVERTURE DES FISSURES**  
**AUTOROUTE 20 - VILLEROY**  
**DIRECTION OUEST- CHAUSSÉE SEMI-RIGIDE**

TABLEAU: 5

TYPE DE PLANCHE  Kg/m <sup>2</sup>	OUVERTURE DES FISSURES PAR Km.				EN SOULEVE- -MENT	REMARQUES ET CONSIDÉRATIONS
	PEU OUVERTE < 5mm	OUVERTE 5 à 10mm	TRÈS OUVERTES > 10mm	TOTALE OUVERTES		
MÉDIFLEX 90 BICOMPOFLEX 45	29 24%	28 23%	64 53%	92(*)	93(*) 77%	Chape (mastic) Planage Scellement(*)
COMPOFLEX 70 BICOMPOFLEX 45	18 22%	24 34%	36 44%	60	66 81%	Taux de pose Chape (mastic) Planage Scellement
MB-16 90 BICOMPOFLEX 45	15 21%	22 29%	37 50%	59	45 60%	Taux de pose Chape (mastic) Planage Scellement
MB-16 SEUL 90	60 41%	41 30%	39 29%	80	49 36%	Taux de pose Planage Scellement
MB-16 POLYMÈRE (secteur témoin)	16 14%	20 18%	77 68%	97	57 51%	Taux de pose

N.B. (\*): Secteur à mauvaise condition de drainage et un scellement déficient  
(voir photo # ) et les graphiques sur la qualité de roulement (MAYS).

**SOULÈVEMENT HIVERNAL ET OUEVERTURE DES FISSURES**  
**AUTOROUTE 20 - VILLEROY**  
**DIRECTION EST- CHAUSSÉE FLEXIBLE**

TABLEAU: 6

TYPE DE PLANCHE	OUVERTURE DES FISSURES PAR Km.				EN SOULEVE -MENT PAR km	REMARQUES ET CONSIDÉRATIONS
	PEU OUVERTE < 5mm	OUVERTE 5 à 10mm	TRÈS OUVERTES > 10mm	TOTALES OUVERTES		
MÉDIFLEX 50 BICOMPOFLEX 45 (**)	47 37%	68 53%	12 10%	80	75 59%	Chape (mastic) Planage Scellement
MB-16 90 BICOMPOFLEX 45	93 65%	47 33%	3 2%	50	128 90%	Taux de pose chape (mastic) Planage Scellement
MB-16 SEUL 90	111 79%	28 20%	20 1%	30	131 92%	Taux de pose Planage
MB-16 POLYMÈRE (secteur témoin)	157 96%	7 4%	0 0%	7	163 100%	Couche de correction 45kg/m <sup>2</sup> -Liant RS1

N.B. Une corrélation nette entre l'intensité des fissures en général, taux de pose, scellement et surtout les propriétés des sols et leurs conditions de drainage.

(\*\*): La qualité de roulement hivernal est relativement moins bonne selon les relevés MAYS (TABLEAU ).

**IDENTIFICATION DES FISSURES DE RETRAIT THERMIQUE  
ET DE RÉFLEXION PAR LES CONTRAINTES MÉCANIQUES**

AUTOROUTE 20 - VILLEROY  
DIRECTION EST - CHAUSSÉES FLEXIBLES

TABLEAU 7

TYPE DE FISSURE Kg/m <sup>2</sup>	NOMBRE FT/km	FT SUR LES ACCOTEMENTS ET VOIES (%)	REMARQUE
MÉDIFLEX 50 BICOMPOFLEX 45	102	36	Le plus performant
MB-16 90 BICOMPOFLEX 45	125	53	
MB-16 SEUL 90	120	64	Le moins performant
MB-16 POLYMERE 90 (Secteur témoin)	139	70	Pas de traitement de fissure avant pose

PERFORMANCE COMPARATIVE DES ENROBÉS AUX FISSURES THERMIQUES.

N.B. Nous avons supposé que toutes les fissures transversales qui se limitent aux voies de circulations seulement sont les fissures de réflexion provoquées par la sollicitation mécanique du transport lourd, et celles traversant les accotements sont d'origine thermique.

**ÉPAUFRURES DES FISSURES SUR CHAUSSÉES FLEXIBLES ET SEMI-RIGIDES  
DEUX DIRECTIONS**

TABLEAU:8

TYPE DE PLANCHE	CHAUSSÉE SEMI-RIGIDE % fis. affecté	CHAUSSÉES FLEXIBLES % fis. affecté	REMARQUES
MÉDIFLEX + BICOMPOFLEX	52(*)	14	
COMPOFLEX + BICOMPOFLEX	10	-	
MB-16 + BICOMPOFLEX	54	52	
MB-16 SEUL	37	45	
MB-16 + POLYMERE	61	45	

(\*) Secteur aux fondations instables, flottantes et en soulèvement.  
(voir relevés Mays).

**RÉSISTANCE A LA FISSURATION TRANSVERSALE**  
**AUTOROUTE 20 - VILLEROY**  
**DIRECTION OUEST- CHAUSSÉES SEMI-RIGIDE**

TABLEAU: 9

TYPE DE PLANCHE	DEMI-FISSURE		DOUBLE FIS- SURE DE POIN CONNEMENT PAR Km	F.T. TOUTE LARGEUR PAR Km	F.T. GLOBALE PAR Km	REMARQUES ET CONSIDÉRATIONS
	VOIE DROITE	VOIE GAUCHE				
MEDIFLEX BICOMPOFLEX	11	18	33	92	121(*)	Chape (mastic) Planage Scellement
COMPOFLEX BICOMPOFLEX	10	2	8	70	82	Taux de pose Chape (mastic) Planage Scellement
MB-16 BICOMPOFLEX	9	2	12	63	74	Taux de pose Chape(mastic) Planage Scellement
MB-16 SEUL	19	19	50	100	137(*)	Taux de pose Planage Scellement
MB-16 POLYMERE	14	16	51	83	112(*)	Taux de pose

fig: Bilan comparatif de l'impact du taux de pose et du mastic sur la fissuration de différent type d'enrobé (28-01-92).

N.B. \* Ces secteurs étant affectés par d'autre type de fissures que transversales, peuvent afficher un bilan moins bon que celui apparaissant sur lce tableau (voir le CF ,tableau ).

SOLS ET CHAUSSÉES  
A.AMIRI - D.VERRET

**RÉSISTANCE A LA FISSURATION TRANSVERSALE**  
**AUTOROUTE 20 - VILLEROY**  
**DIRECTION EST- CHAUSSÉES FLEXIBLE**

TABLEAU: 10

TYPE DE PLANCHE	DEMI-FISSURE		DOUBLE FIS- SURE DE POIN CONNEMENT PAR Km	F.T. TOUTE LARGEUR PAR Km	F.T. GLOBALE PAR Km	REMARQUES ET CONSIDÉRATIONS
	VOIE DROITE	VOIE GAUCHE				
MEDIFLEX BICOMPOFLEX	17	8	39	102	127	Chape (mastic) Planage Scellement
MB-16 BICOMPOFLEX	10	8	23	125	143	Taux de pose Chape(mastic) Planage Scellement
MB-16 SEUL	11.5	9.6	67	120	141(*)	Taux de pose Planage Scellement
MB-16 POLYMERE	11	13	15	139	163(*)	Taux de pose

FIG: Bilan comparatif de l'impact du taux de pose et du mastic sur la fissuration de différent type d'enrobé (28-01-92).

N.B. \* Ces secteurs étant affectés par d'autre type de fissures que les transversales, peuvent afficher un bilan moins bon que celui apparaissant sur ce tableau (voir CF tableau )

SOLS ET CHAUSSÉES  
A.AMIRI - D.VERRET

**LE RENDEMENT ET LE COEFFICIENT DE FISSURATION(CF) EN m lin./m<sup>2</sup>.  
DANS LES DEUX DIRECTIONS  
Autoroute 20 - Villeroy**

**TABLEAU: 11**

TYPES DE MÉLANGE  Kg/m <sup>2</sup> TAUX	CHAUSSÉE SEMI-RIGIDE			CHAUSSÉE FLEXIBLE			REMARQUES
	NOMBRE DE FT/Km  (TOTAL)	LONGUEUR COMPLÈTE % (**)	CF mlin/m <sup>2</sup>	FT/Km (TAUX)	LONGUEUR COMPLÈTE %	CF mlin/m <sup>2</sup>	
MÉDIFLEX 50 + BICOMPOFLEX 45	136  (121)	-	0.14 à 0.42	132  (172)	36	0.11 à 0.37(*)	
COMPOFLEX 70 + BICOMPOFLEX 45	122  (82)	-	0.12	-	-	-	
MB-16 + BICOMPOFLEX 45	92  (74)	-	0.09	144  (143)	53	0.12 à 0.14(*)	
MB-16 SEUL	148  (137)	-	0.15 à 0.52(*)	127  (141)	70	0.13 <sup>+</sup>	*Sans compter les autres types.
MB-16 + POLYMÈRE	116  (113)	-	0.16	178  (163)	64	0.19	

N.B.: Pour toutes les planches le CF est calculé à partir des fissures transversales.

- \* Pour les planches affectées par d'autres types de fissures que les FT le CF maximum a été calculé à partir des secteurs échantillonnés (350m<sup>2</sup>) dans les zones fortement dégradées.
- \*\* Sur la chaussée semi-rigide, la réflexion des fissures transversales existantes affecte la pleine largeur du pavage.

**RESULTAS DES ESSAIS DE PERFORMANCE DES GRANULATS**  
**Autoroute 20 - Villeroy (PHASE I)**

**TABEAU 12: carrière: SINTRA (St-Cyrille de wendover)**

Types d'essai	RESULTATS			Remarques
	minimum	maximum	moyen	
Nombre petrographique	106	113	108	n=12
Mg so <sup>4</sup> > 5mm	1.9	8.8	3.70	n=14
Absorption en eau ϕ > 5 mm	0.91	1.27	1.06	n=12
Micro Deval (E)	9.1	18.7	11.8	n=14
Los Angeles	15.5	17.9	16.8	n=3
Friabilité			26.1	n=1
coefficient de polissage accéléré C.P.A.				

Nature de la pierre: 70% Andésite  
30% Andésite amygdaloïdale

**ÉVOLUTION DE LA PROFONDEUR D'ORNIÈRE DE FLUAGE\***  
Autoroute 20 - Villeroy 1990-1992

**TABLEAU: 13**

TYPE DE PLANCHE  TAUX Kg/m <sup>2</sup>	DIRECTION OUEST Profondeur d'ornière en mm					DIRECTION EST Profondeur d'ornière en mm								
	Km	RELEVÉS 1990-11-09				Km	RELEVÉS 1992-06-03							
		voie1 D G		voie2 D G			voie1 D G		voie2 D G		voie1 D G			
MEDIFLEX 50 +	1 + 199	2.5	3	3	2.5	1	4	0+463 à	2	3	2	1	2	1
BICOMPOFLEX 45	1 + 734	2.5	3	3	2	3	2	1+800	6	4	2.5	3	3	5
COMPOFLEX 70 +	2 + 000	2	2	2.5	2.5	0	2							
BICOMPOFLEX 45														
MB-16 90 +	2 + 503 à	2	2.5	2	2.5	0	0	2+236			2.5	1.5	2	3
BICOMPOFLEX 45	2 + 734	2.5	3	2.5	3	1	3		3					
MB-16 seul 90	4 + 084	3	3	2		2	3	3+580	4	2.5	3	2.5	0	1
MB-16 POLYMÉRISÉ (témoin) 90		3	3	2	2	4	2	4+525	3	3	2.5	1.5	1	2

N.B: Les relevés d'ornière ont été effectués avec une poutre de 120 cm.

\* : Nous avons supposé que les ornières affichées sont de type fluage. A certains endroits il peut y avoir la contribution d'ornière de structure et/ou d'usure en même temps. Cette contribution peut s'accroître avec le temps.

**SUIVI D'ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE DES ENROBÉS AMIANTÉS VS LES ENROBÉS CLASSIQUES ET MODIFIÉS AU POLYMÈRE  
AUTOROUTE 20 - VILLEROY  
PHASE 1**

**TABEAU: 14 COMPARAISONS DU RENDEMENT GLOBAL DES DIVERS PROCÉDÉS**

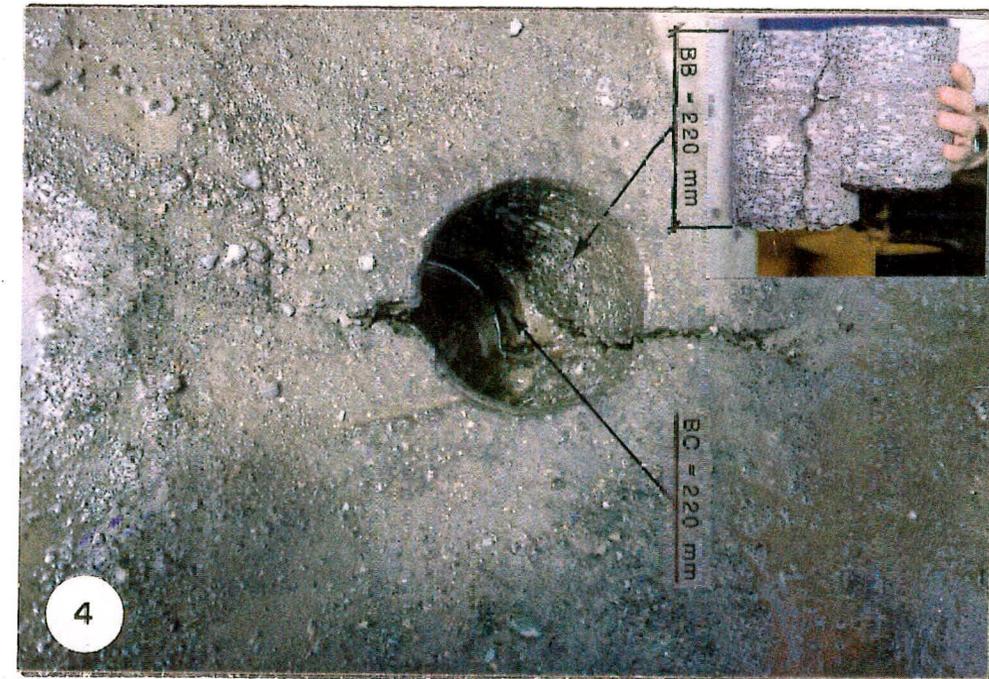
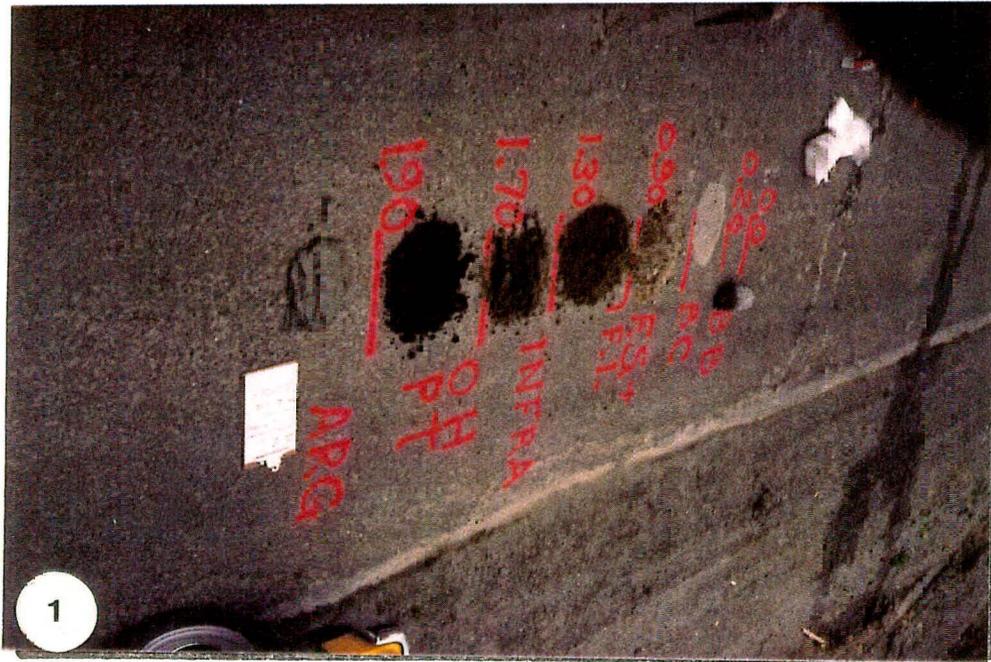
TYPE D'ENROBÉ	COTE DU RENDEMENT GLOBAL**	CHAUSSÉE	FISSURATION, COTE DE PERFORMANCE*					texture - glissance						ORNIÈRES mm	REMARQUES
			FT PAR Km	CF	FT THERMIQUE	BOULÈVEMENT	ÉPAUFURE	C.F.T.				Hs mm			
								MIN.	MAX.	$\bar{X}$	$\sigma$	MAX	MIN		
MEDIFLEX + BICOMPOFLEX	I	FLEXIBLE	2	1	1	1	1	91	99	96.3	2.55	1.51	1.41	1 à 6	
B16 MASTIC	II		3	2	2	2	4	95	99	97.6	1.52	0.75	0.68	2 à 3	
M6	III		1	3	3	3	3	85	99	94.5	3.08	0.75	0.68	1 à 4	
B16 POLYMERE	IV		4	4	4	4	3	99	99	99.0	7.72	0.75	0.72	1 à 3	
MB 16 MASTIC	I	SEMI-RIGIDE	1	1	-	3	4	89	96	93.3	2.01	0.75	0.68	0 à 3	
COMPOFLEX	II		3	2	-	5	1	85	96	92.3	5.09	0.75	0.80	0 à 2.5	
MB16 POLYM	III		2	5	-	2	5	64	86	72.8	0.00	0.75	0.72	2 à 4	
MEDIFLEX	IV		4	3	-	4	3	88	99	94.5	2.21	1.51	1.41	1 à 4	
MB16	V		5	4	-	1	4	87	95	92.5	3.33	0.75	0.68	2 à 3	

\* A remarquer que dans cette évaluation, ni l'état structural de la plate-forme ne sont pondérés.

Le médiflex est défavorisé de ces deux points de vue et ce sur la chaussée semi-rigide en particulier.

\*\* Les cotes de classement du rendement global ont été établies sur chaque type de chaussée selon le type d'enrobé expérimenté. Ainsi la cote I est allouée au Médiflex comme le plus performant parmi les 4 enrobés posés en direction Est. La cote V est allouée au MB-16, c'est lui qui affiche la plus pauvre performance parmi les cinq posés en direction ouest.

PHOTOS



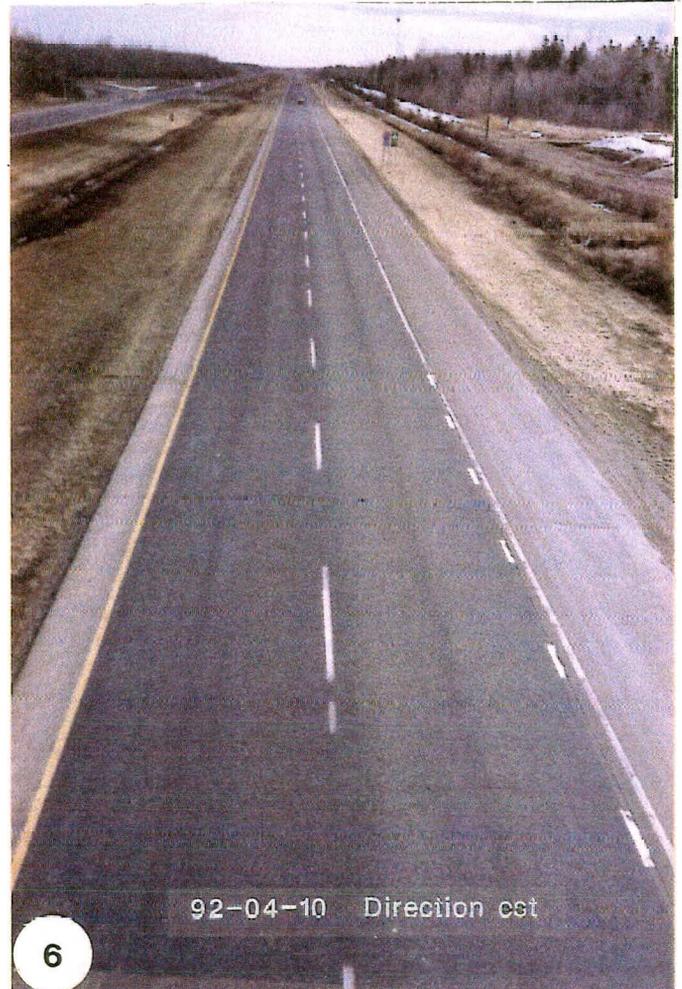
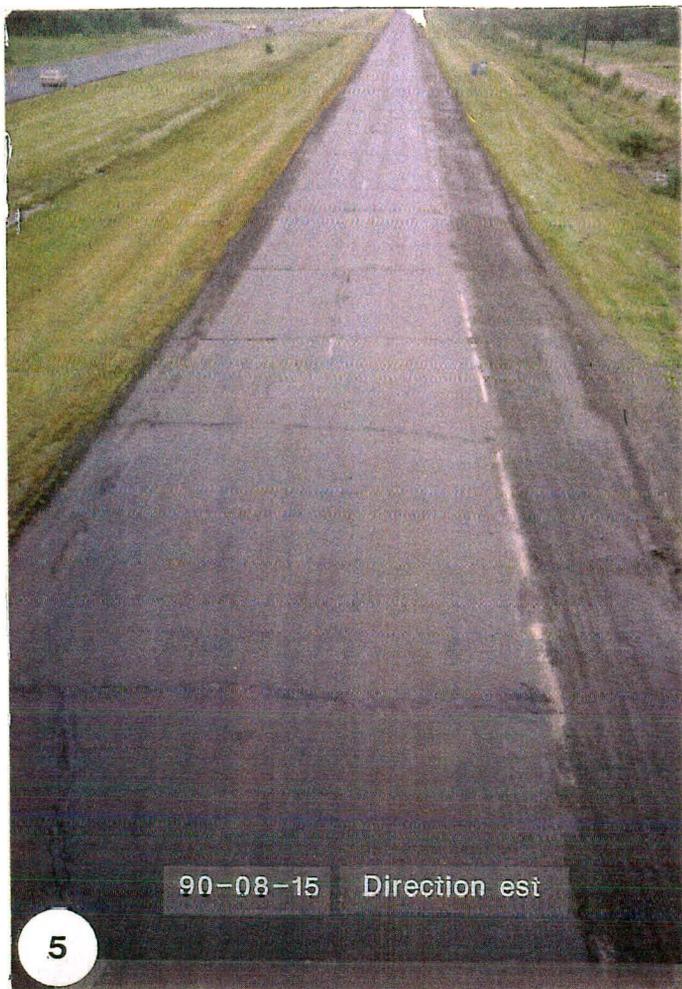
## LES ENROBÉS AMIANTÉS

### AUTOROUTE 20 - VILLEROY

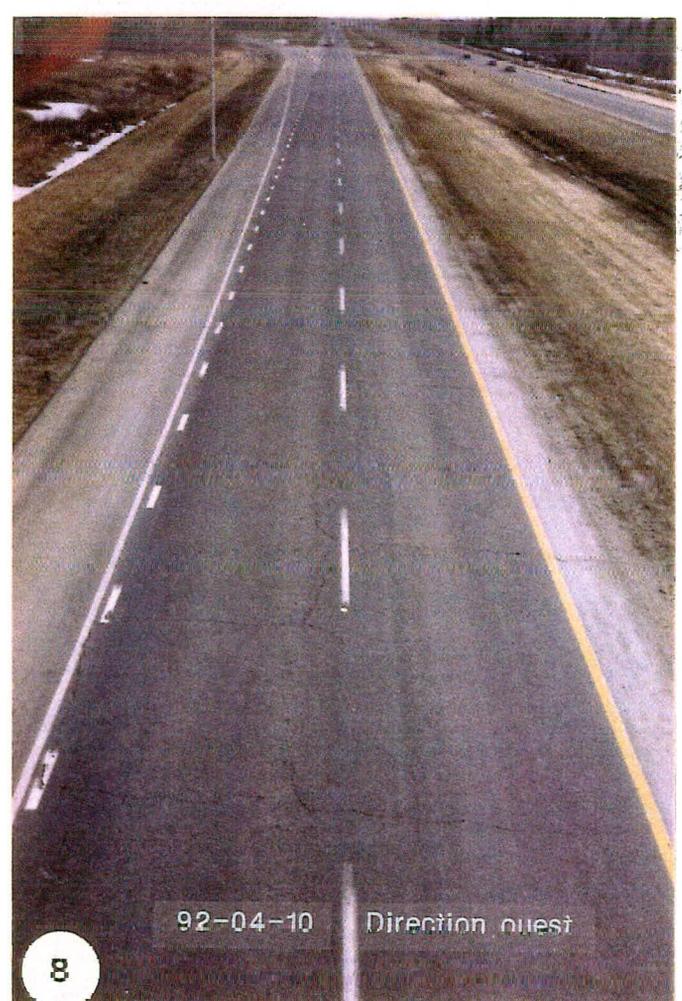
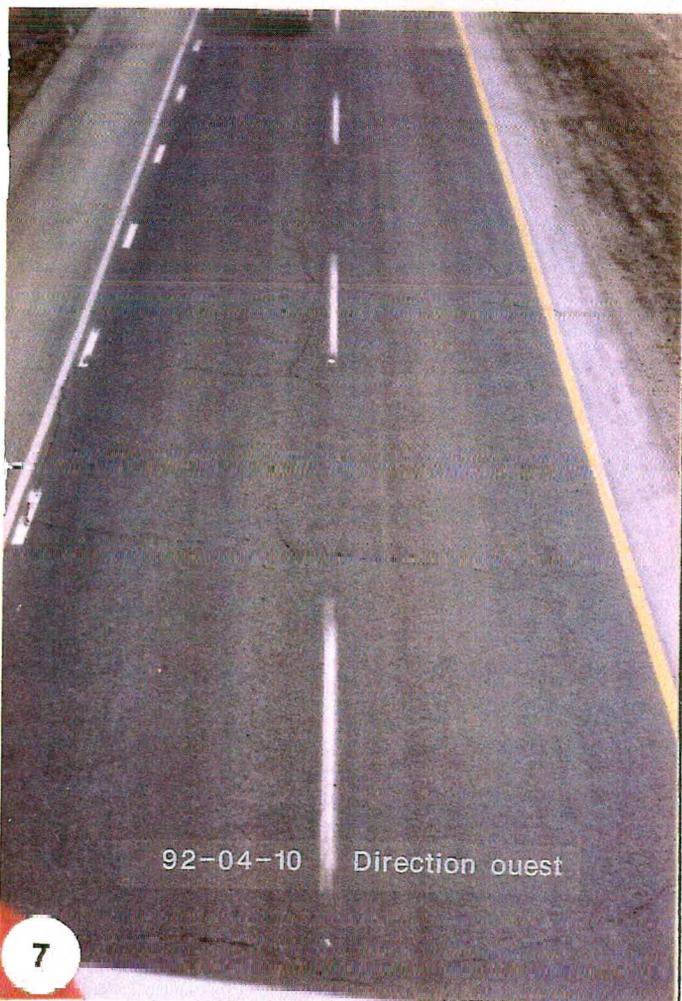
#### INFRASTRUCTURE - SUPERSTRUCTURE ET LES REVETEMENTS EN PLACE

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
1	1+592 Ouest	Démontre la stratigraphie des éléments de structure de la chaussée semi-rigide (B.B.+BC). Noter la présence du sable argileux à granularité pauvre, sous la dalle en béton de ciment. Il s'agit de l'ancienne route #9. Les sols en place sont compressibles et organiques (OH, PT).
2	1+592 Ouest	Démontre une infrastructure organique et saturée d'eau. Les granulaires gris à droite (en haut) et beige (en bas) sont le B.B. et B.C. mouliné avec le sol.
3	0+230 Est	Décrit les éléments structurels de la chaussée flexible construite dans les années 1964-65.
4	1+446 Ouest	Présente les carottes de B.B. prélevées à l'endroit d'une fissure transversale (F.T.). Au fond du trou on peut voir le béton de ciment (B.C.) avec le joint de dalles aligné sur l'axe de la F.T..

N.B.: Ces sondages ont été effectués sur la planche recouverte avec MÉDIFLEX dans les deux directions. La capacité de support à cet endroit est variable et les fondations sont gélives et les fissures travaillent au gel (voir aussi les fissures, stratigraphie, portance, etc...).



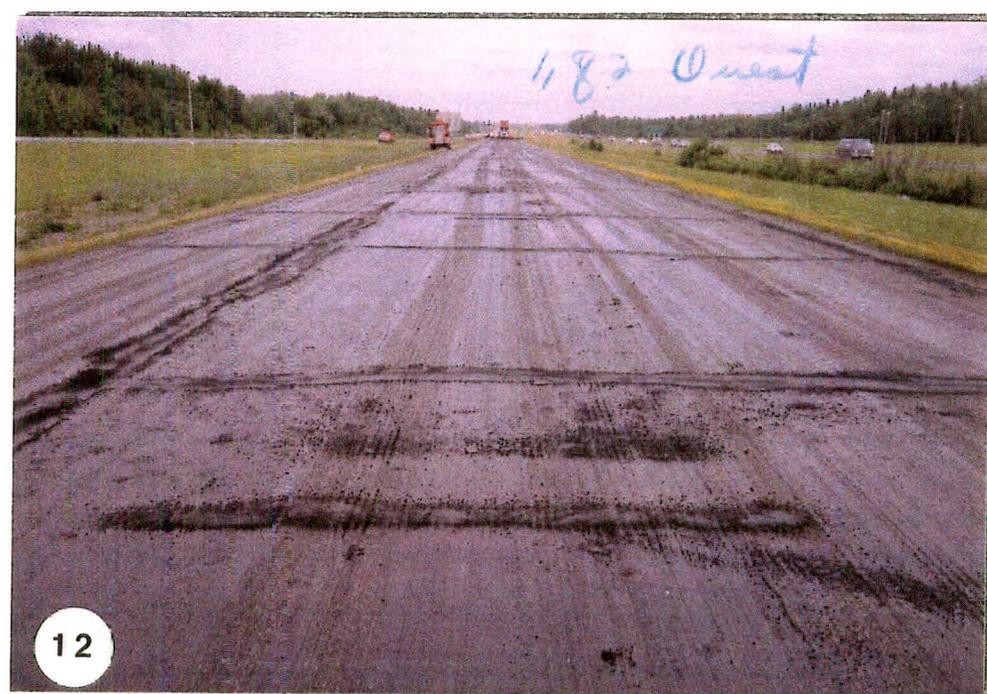
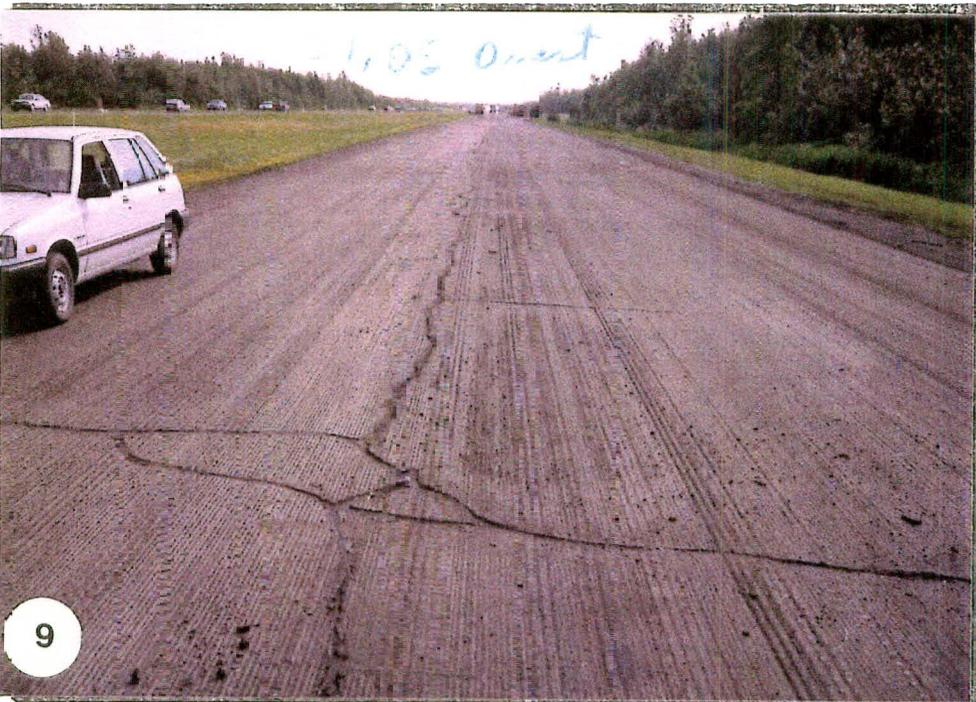
Autoroute 20 Villeroy MEdiflex + Bicomplex



**LES ENROBÉS AMIANTÉS**  
**AUTOROUTE 20 - VILLEROY**  
**VUE GÉNÉRALE**

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
5	0+000	État de surface de la chaussée flexible (dir. est) après planage. Remarquer les fissures transversales après scellement. Lors du relevé visuel nous avons noté un intervalle de 3 à 5 m sur ce tronçon.
6	0+000	Idem photo #5. Noter la réflexion des fissures sur le "MÉDIFLEX" deux ans après la mise en service. A remarquer que la voie droite est plus sollicitée par le trafic comparée à celle de gauche (granulats dénudés du bitume).
7	0+000	Présente le patron des fissures en réflexion sur la chaussée semi-rigide recouverte du "MÉDIFLEX" deux ans après la mise en service.
8	0+000	Idem photo #7. A remarquer le patron des fissures polygonales à grandes mailles spécifiques aux chaussées sur dalles de béton de ciment.

N.B.: Ces photos ont été prises en regardans vers l'Est.



LES ENROBÉS AMIANTÉS

AUTOROUTE 20 - VILLEROY

PRÉPARATION ET ÉTAT DE LA PLATE-FORME APRES PLANAGE

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
9	1+050 Ouest	Démontre la réduction de l'ouverture des fissures après planage. L'hétérogénéité des stries de planage; patron des fissures sur la chaussée semi-rigide.
10	Passage CN Ouest	Pelades après planage et état du liant d'accrochage.
11	1+820 Ouest	Obturation des fissures avec BI-COMPOFLEX après planage et application du liant d'accrochage avant la pose de la couche de liaison (BI-COMPOFLEX).
12	1+820	Idem à la photo #11.





13 16

14 17

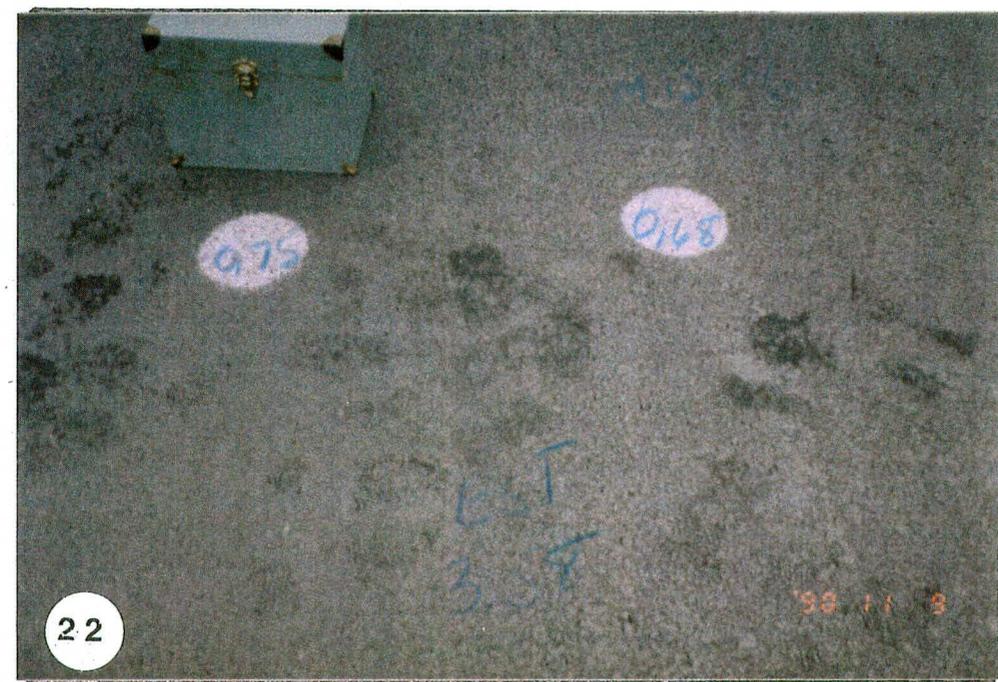
15 18

## LES ENROBÉS AMIANTÉS

### AUTOROUTE 20 - VILLEROY

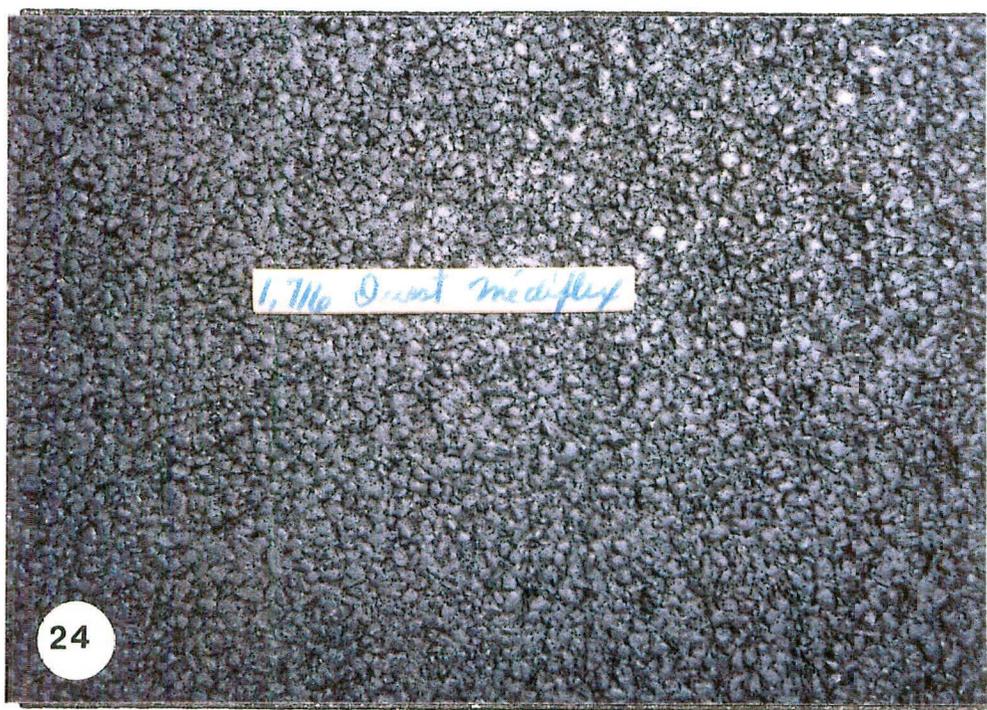
#### L'ÉTANCHÉITÉ DU SCELLEMENT ET SOULÈVEMENT DES FISSURES

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
13 et 14	0+650 Ouest	Absence d'adhésion du scellant sur les parois des fissures, causée par un nettoyage déficient des fissures et les pavés refroidis lors de l'application du scellant.
15	1+250 Ouest	Point du carottage sur une fissure transversale de réflexion ouverte par le gel (MÉDIFLEX).
16 et 17	3+986 1+250 Ouest	Démontrent le manque d'étanchéité dû à la réflexion de F.T. par cisaillement et décollement du scellant de la parois.
18	Ouest	Démontre le soulèvement de F.T. sur MÉDIFLEX affectant le roulement (voir fig.9 à 12).



LES ENROBÉS AMIANTÉS  
AUTOROUTE 20 - VILLEROY  
LA TEXTURE DE SURFACE

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
19	1+716 Ouest	Démontre la macrotecture vive, poreuse et drainante du "MÉDIFLEX". Elle varie entre Hs=1.32 à 1.51 mm, mesurée à la tache de sable après trois (3) mois de mise en service.
20	4+800 Est	Le MB-16 polymère affiche une macrotecture Hs= 0,72 à 0,75 mm, donc satisfaisante mais beaucoup plus faible que celle du MÉDIFLEX (50%).
21	2+126 Ouest	Le "COMPOFLEX", un enrobé plus riche à granulométrie moins discontinue que le "MÉDIFLEX", affiche Hs= 0,75 à 0,80 mm. A remarquer l'hétérogénéité de la macrotecture provoquée par le colmatage ponctuel fréquent de cette dernière par le bitume.
22	3+580 Ouest	L'enrobé classique MB-16 affiche une macrotecture satisfaisante de Hs= 0,68 à 0,75 mm, moins forte que les enrobés amiantés, ceci en raison de sa granularité étalée.





23 24

25 26

27 28

### LES ENROBÉS AMIANTÉS

#### AUTOROUTE 20 - VILLEROY

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
23	2+140 Ouest	Colmatage de la macro-texture et micro-texture par le liant sur le «COMPOFLEX». Malgré ces déficiences localisées, cet enrobé n'a jamais affiché une antidérapance critique dès les premières semaines suivant la pose (voir les figures 9 à 12). Ceci en raison de la haute performance des granulats (tableau 12).
24	1+716 Ouest	Idem photo #23
25	2+300 Ouest	Démontre l'aspect luisant du «COMPOFLEX» dès les premières semaines suivant la pose.
26	1+710 Ouest	MEDIFLEX avec une texture poreuse mais avec une micro-structure très solide (grâce aux fibres d'amiante autour des granulats).
27	1+800 à 2+300 Ouest	Amélioration de la texture de surface du «COMPOFLEX» après un an de mise en service. La glissance est uniformisée et améliorée dans la voie de roulement en particulier.
28	Est	MEDIFLEX; Amélioration de la texture et c.f.t., après un an, causée par le trafic.



7



29 30

31 32

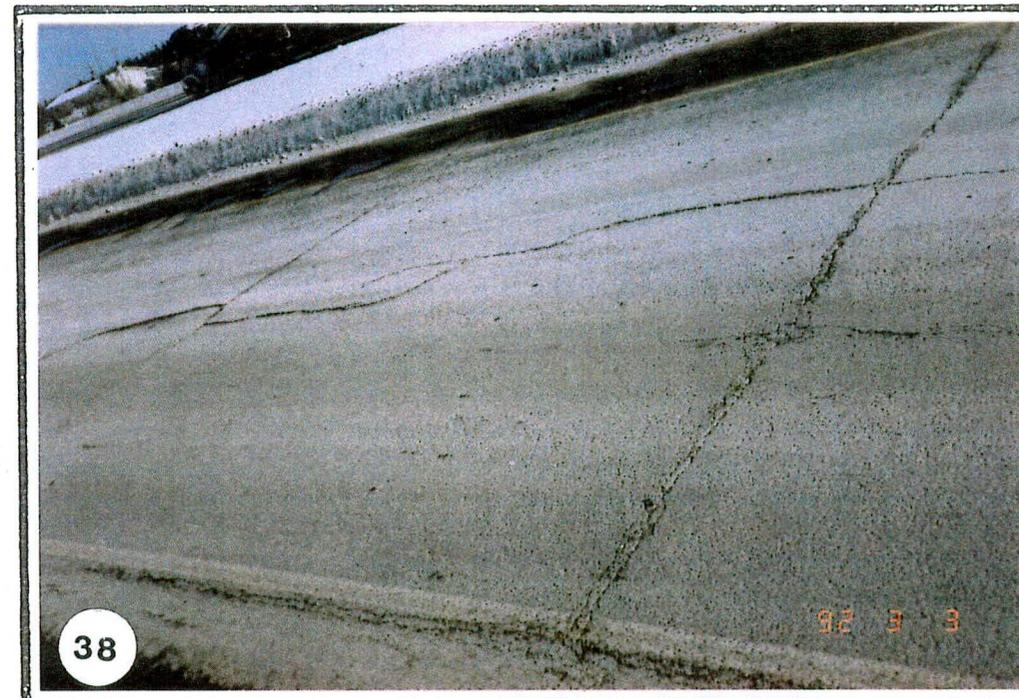
33 34

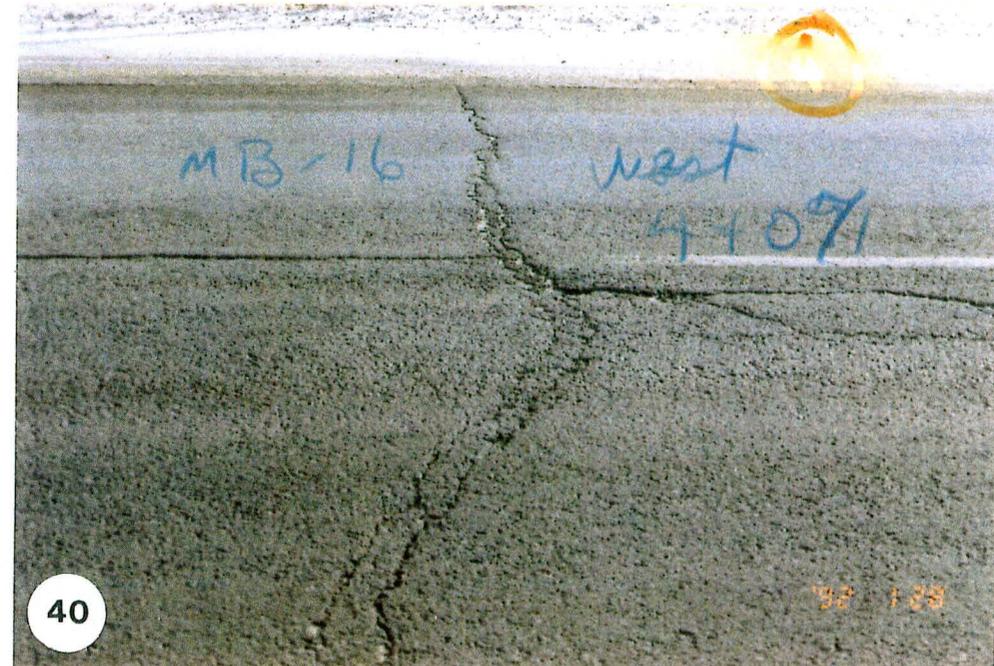
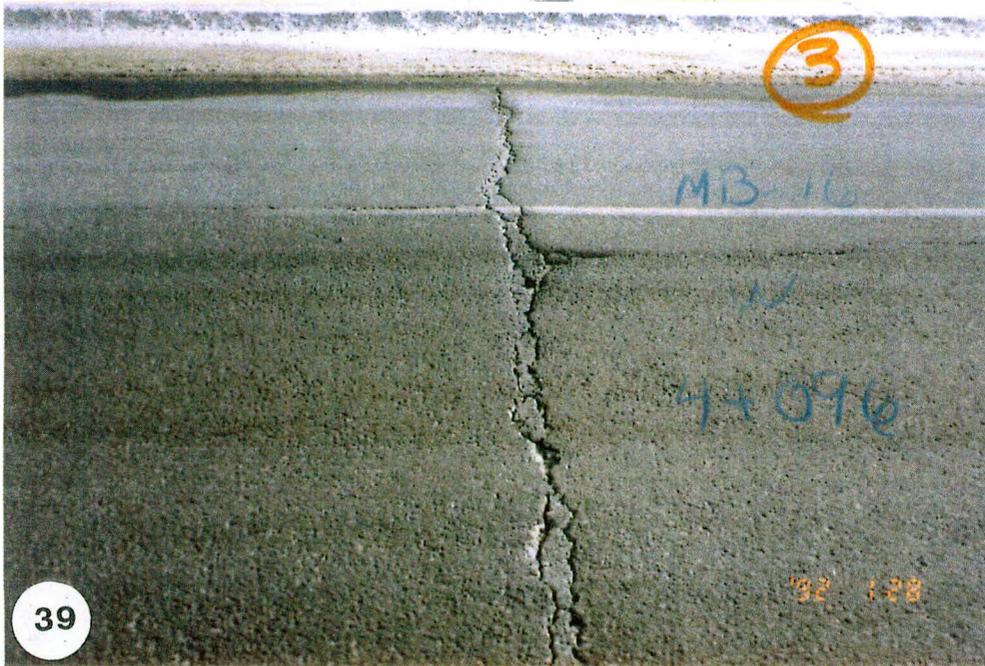
**LES ENROBÉS AMIANTÉS**

**AUTOROUTE 20 - VILLEROY**

**POINÇONNEMENT DE LA COUCHE DE ROULEMENT SELON LE TYPE DE RESURFAÇAGE**

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
29	2+422 Ouest	Démontre l'ouverture et la profondeur d'une fissure transversale (F.T.) après planage.
30	2+250 à 4+190 Ouest	Démontre une double F.T. provoquée par poinçonnement sur MB-16 sans mastic.
31 et 32	_____	Double fissure de poinçonnement sur MB-16 avec polymère sans mastic.
33	0+000 à 2+155 Est	Poinçonnement limité aux roulières sur «MÉDIFLEX» avec mastic (BicompoFlex).
34	2+758 Est	Poinçonnement très peu prononcé sur MB-16 avec mastic.





35 36

37 38

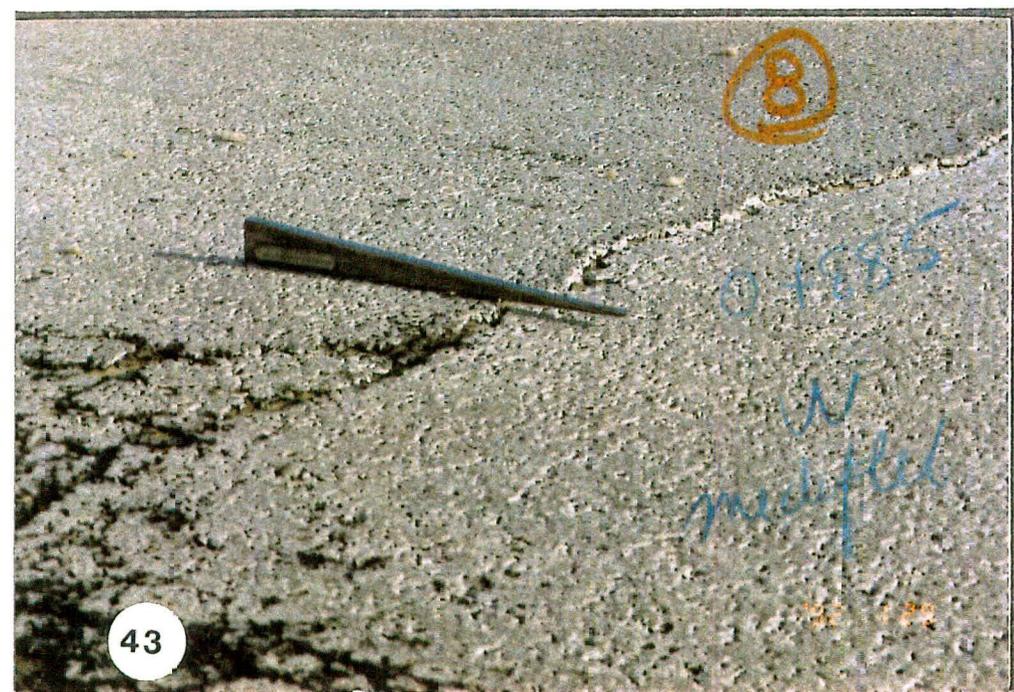
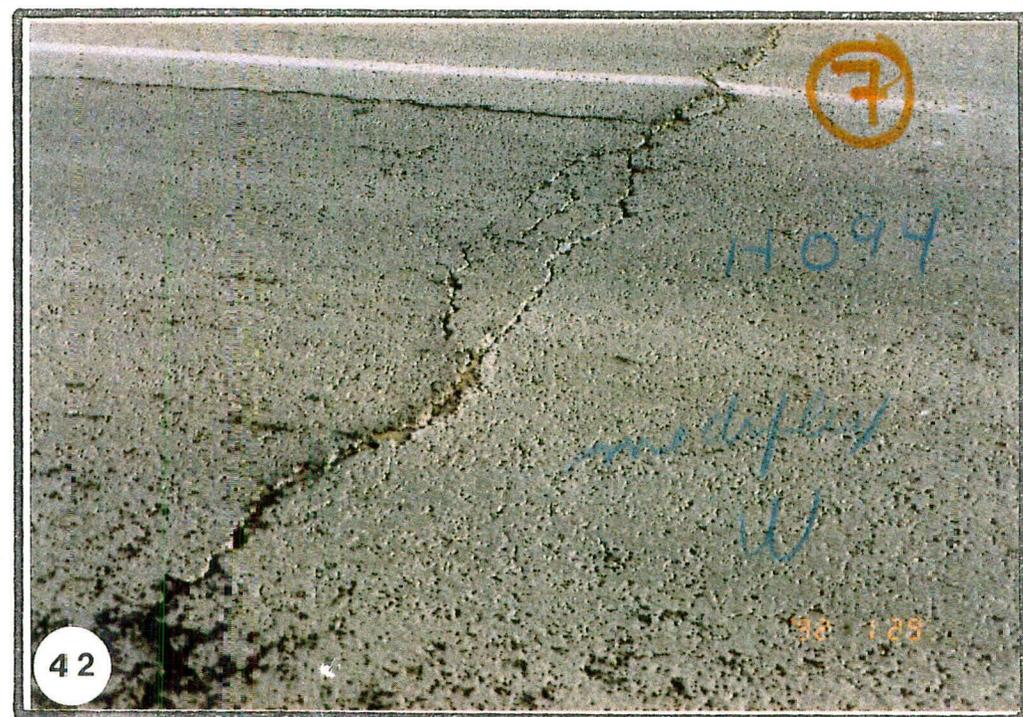
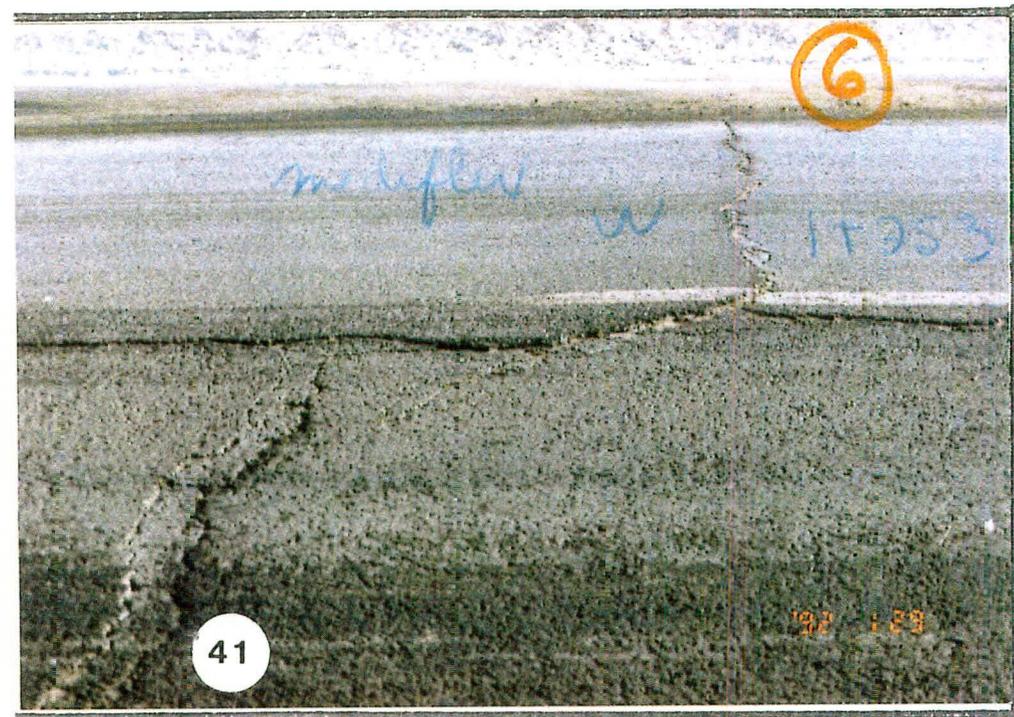
39 40

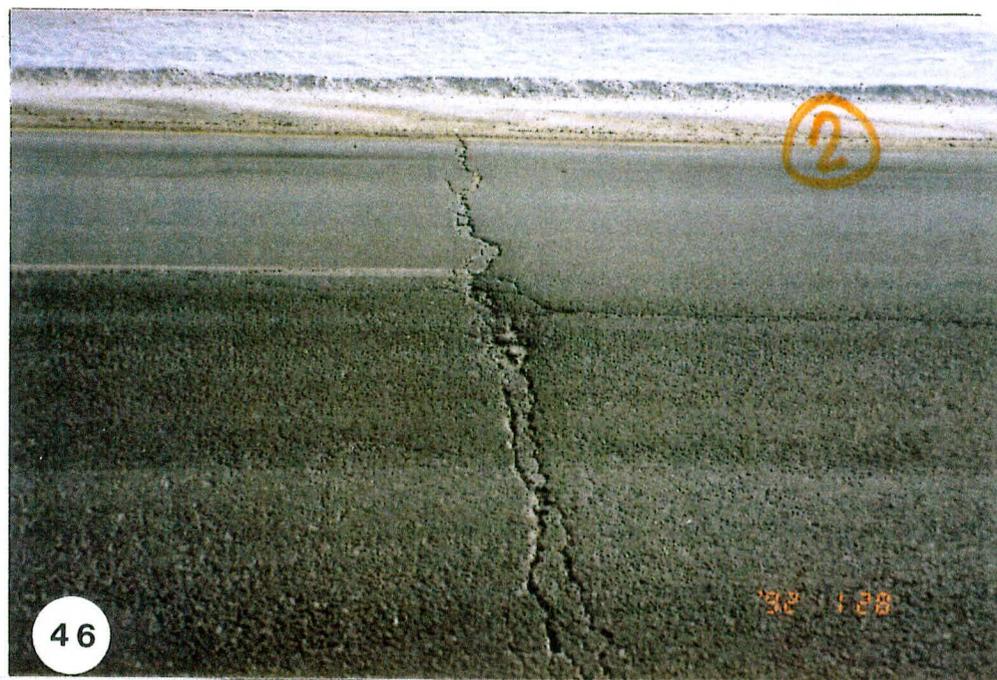
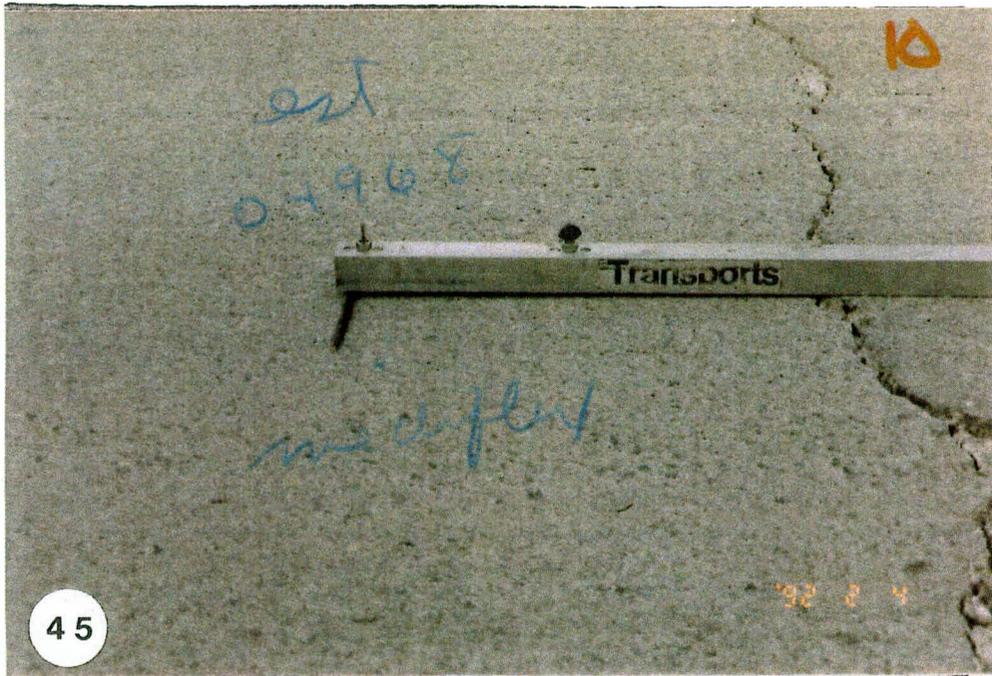
## LES ENROBÉS AMIANTÉS

### AUTOROUTE 20 - VILLEROY

#### COMPORTEMENT HIVERNAL DES ENROBÉS CLASSIQUES SANS MASTIC (CAS EXTRÊME)

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
35	3+984 Ouest	Une fissure transversale ouverte sur MB-16 sans Bicompollex. Noter la dénivellation (mouvement différentiel provoqué par le gel) affectant le roulement.
36	3+996 Ouest	Dégradation polygonale aux mailles variables sur MB-16 sans mastic.
37	3+996 Ouest	Fissures polygonales à grande maille. Noter l'épaufrure des lèvres des fissures. Ce type de fissuration est spécifique aux chaussées ayant des dalles de B.C.
38	3+946 Ouest	Idem photo # 37.
39	4+096 Ouest	MB-16 classique en poinçonnement.
40	4+071 Ouest	Idem photo # 39.





41 42

43 44

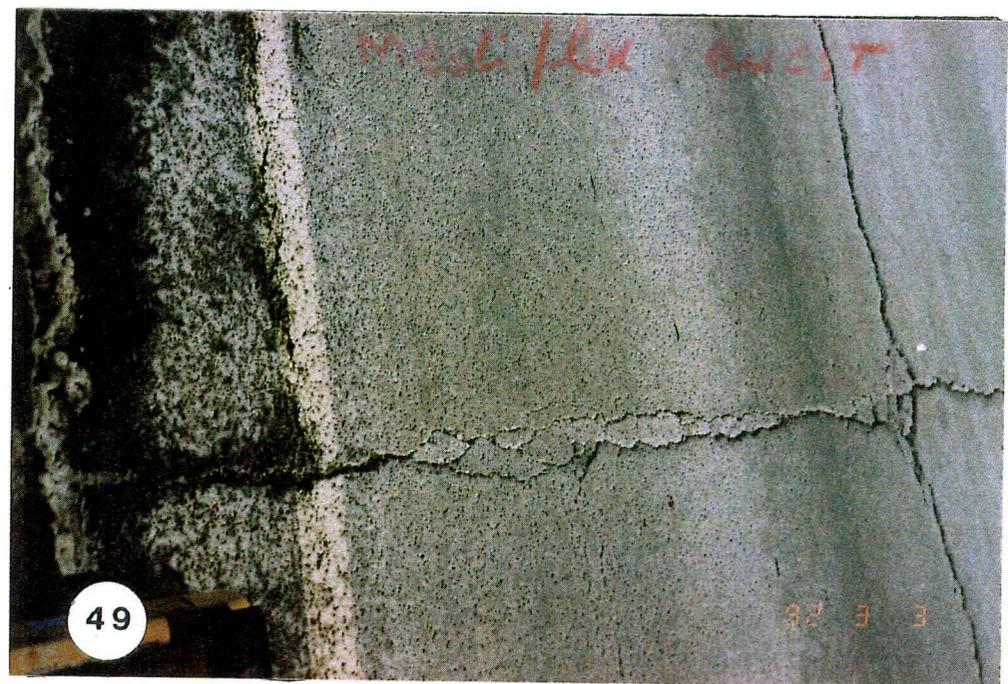
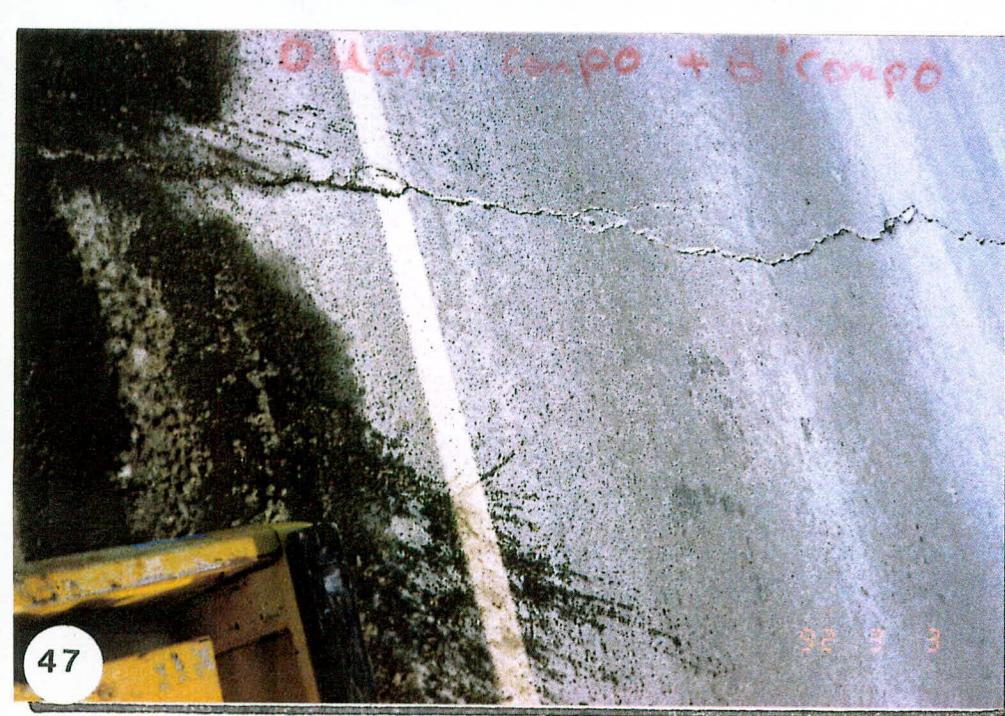
45 46

## LES ENROBÉS AMIANTÉS

### AUTOROUTE 20 - VILLEROY

#### DÉGRADATION EXTRÊME DU MÉDIFLEX AVEC MASTIC (BICOMPOFLEX)

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
41	1+ 253 Ouest	MÉDIFLEX + mastic posé sur la chaussée semi-rigide (B.B.+ B.C.) avec F. polygonale et poinçonnement.
42	1+ 044 Ouest	Fissure transversale ramifiée, affectée par le gel.
43-44	0+ 885 Ouest	Idem photo # 42.
45	0+ 968 Est	MÉDIFLEX avec fissure transversale. Remarquer la dénivellation provoquée par le gel.
46	-----	La F.T. en poinçonnement.





47 48

50 49

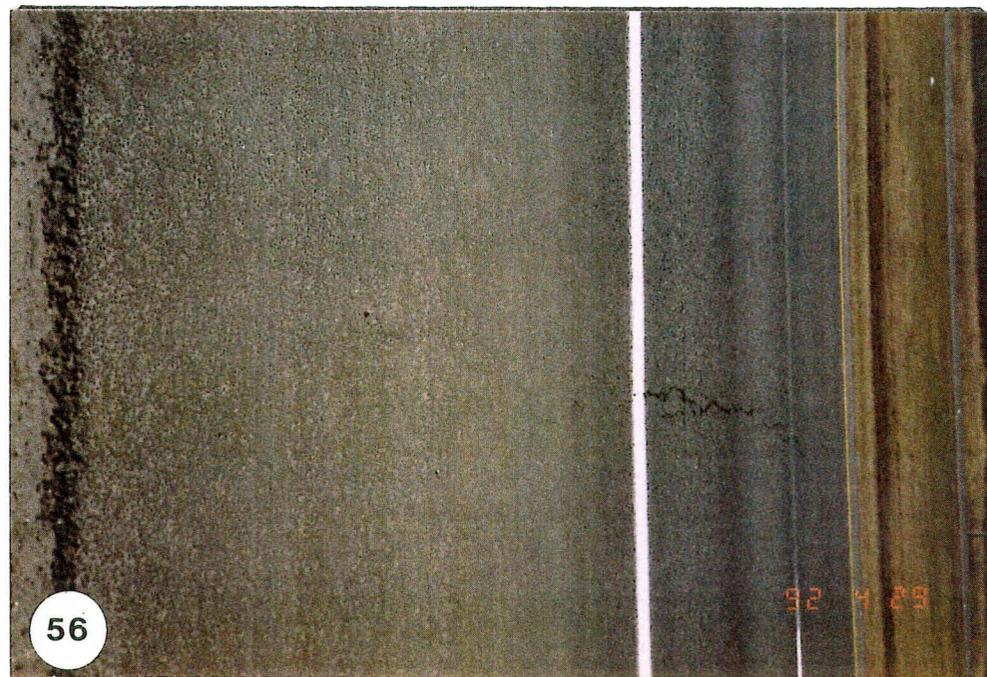
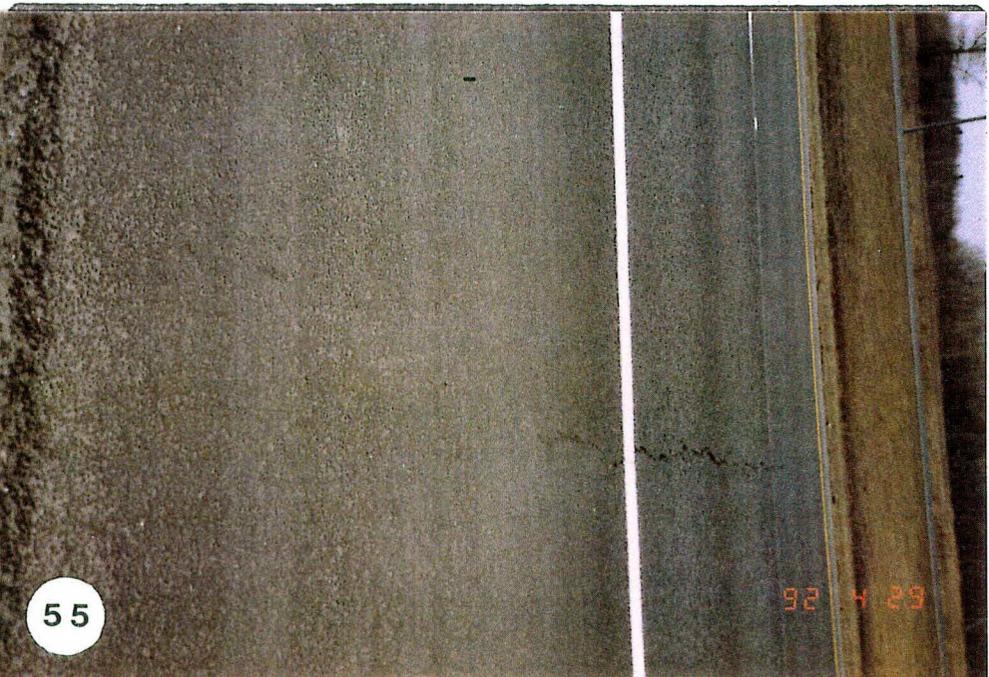
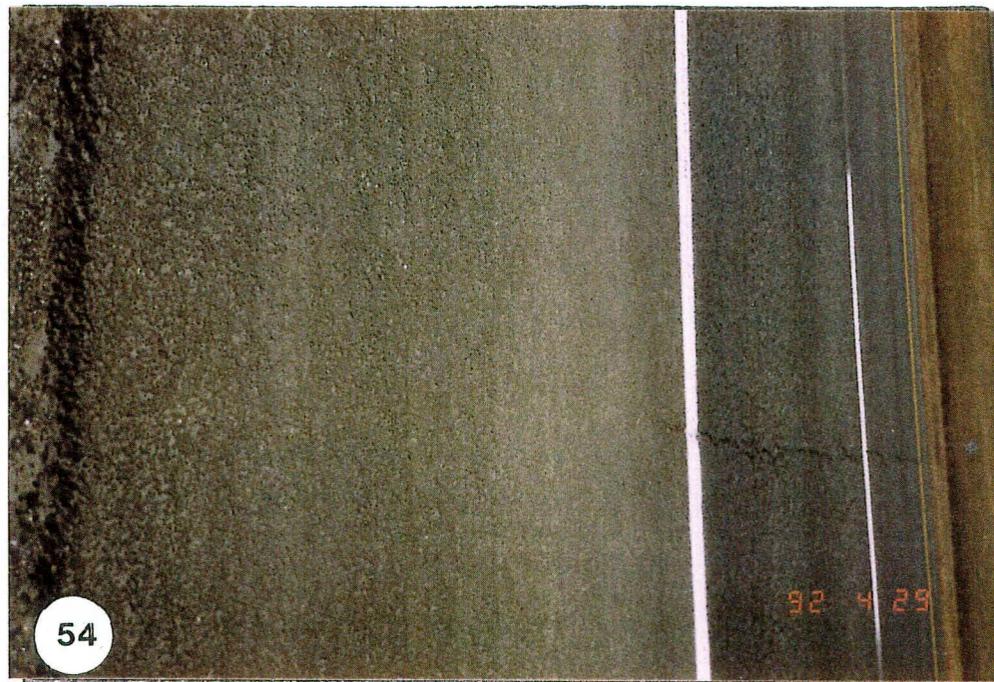
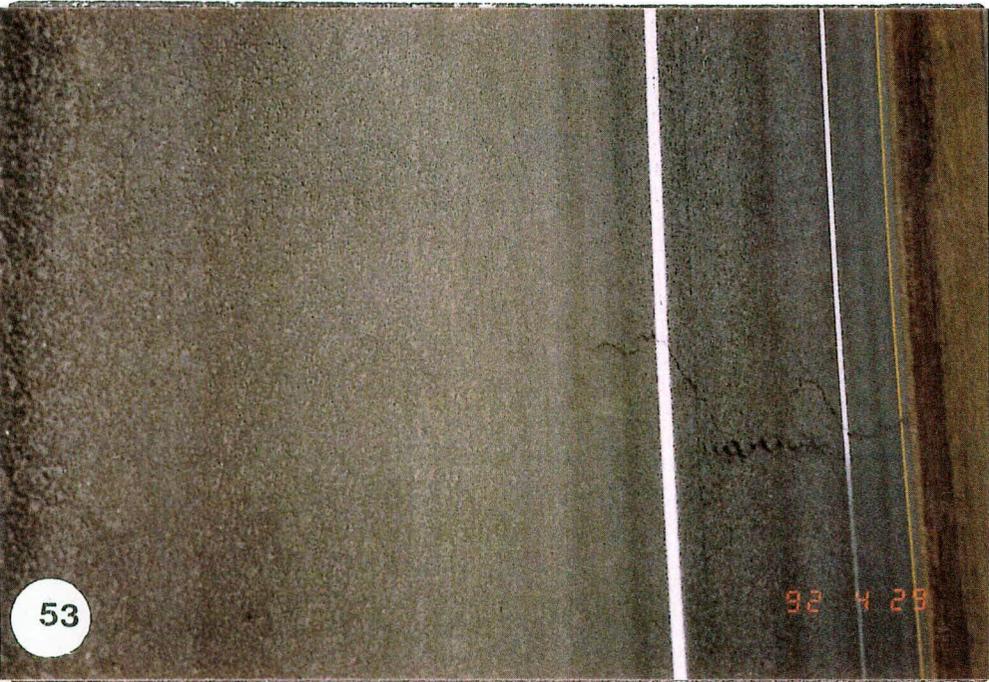
51 52

### LES ENROBÉS AMIANTÉS

### AUTOROUTE 20 - VILLEROY

### COMPARAISON DES DÉGRADATIONS ENTRE LES ENROBÉS CLASSIQUES ET AMIANTÉS

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
47	1+800 à 2+300 Ouest	Compoflex + Bicomproflex; fissure transversale pendant le dégel (B.B.+B.C.)
48	0+000 à 1+800 Ouest	Médiflex + Bicomproflex; fissure longitudinale affectée par le gel-dégel.
49	0+000 à 1+800 Ouest	Médiflex + Bicomproflex; F.T. en poinçonnement.
50	4+000 Ouest	MB-16 sans mastic (sur chaussées semi-rigide) avec polygonales intenses.
51	3+946 Ouest	Idem photo # 50.
52	3+310 Est	MB-16 avec F.T. ramifiée par la fatigue (à basse température).





53 54

55 56

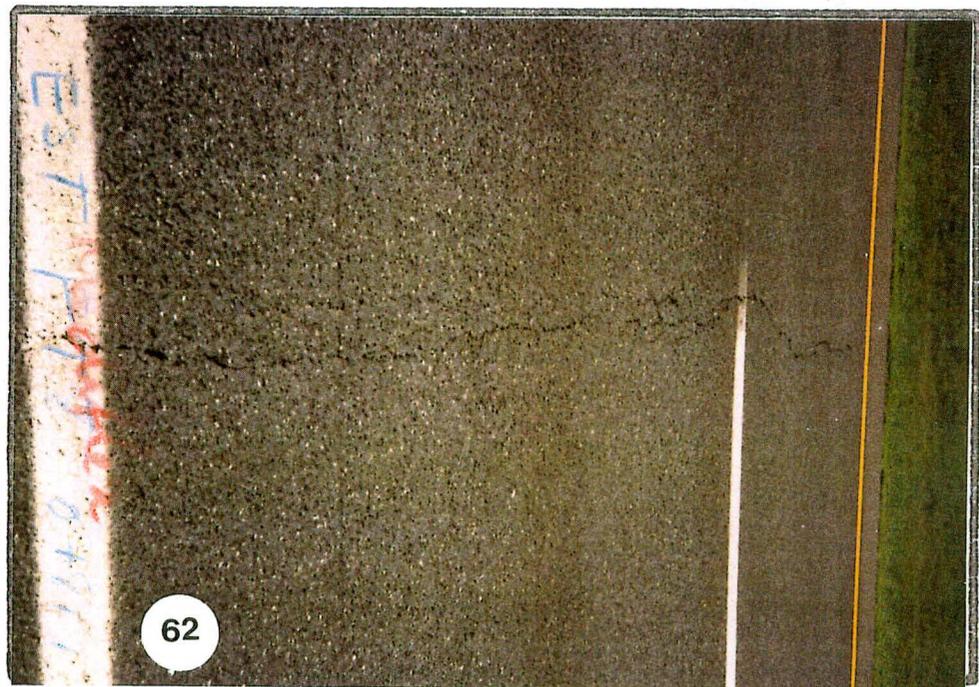
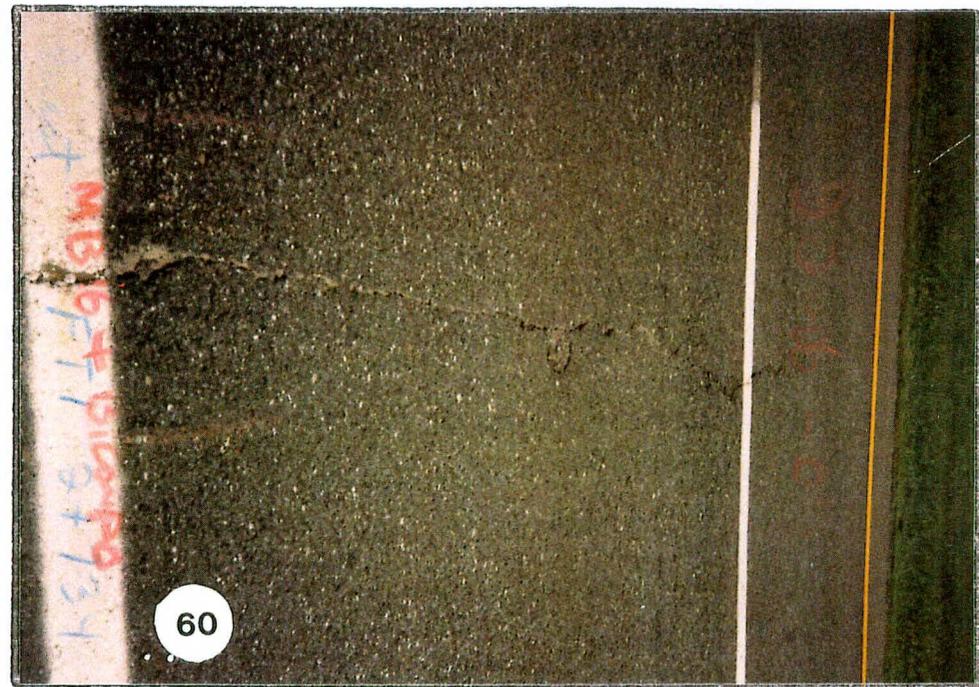
57 58

### LES ENROBÉS AMIANTÉS

### AUTOROUTE 20 - VILLEROY

### RÉSISTANCE DU MÉDIFLEX AVEC MASTIC À LA FISSURATION DE RETRAIT THERMIQUE

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
53-54 55-56	0+ 000 à 2+ 151 Est	Les F.T. sur Médiflex (avec mastic) limitées aux deux voies de circulation. L'absence de ces fissures sur les accotements confirme la haute résistance de ce procédé aux fissures de retrait thermique selon nous.
57-58	1+ 199 à 0+ 665 Ouest	La transmission des F.T. sur la <u>largeur complète</u> de la chaussée par les dalles de béton avec battements (voir figure 19).





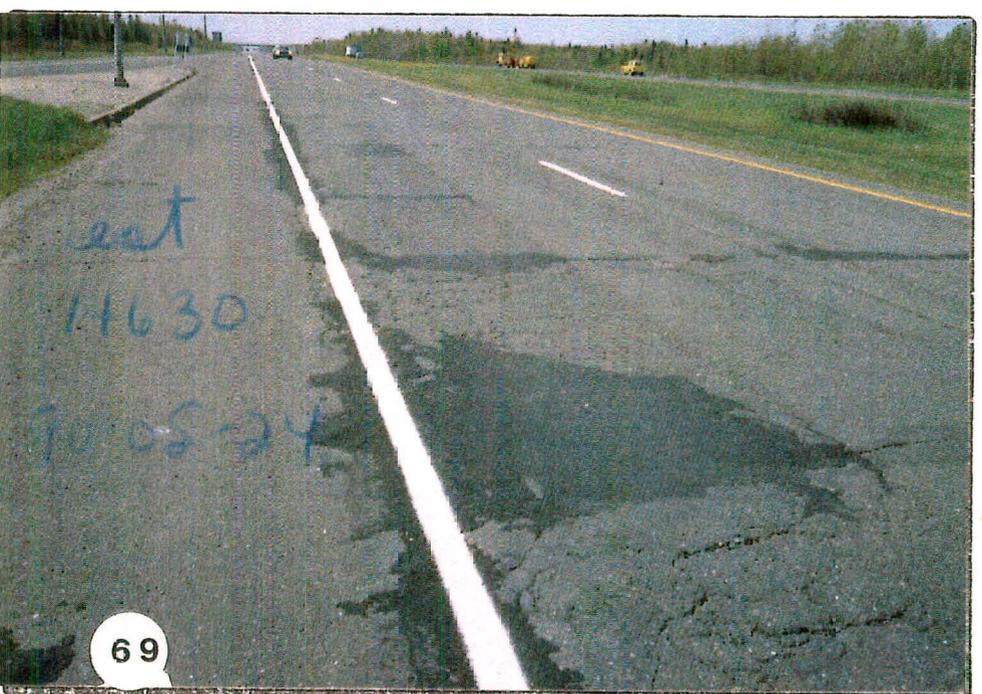
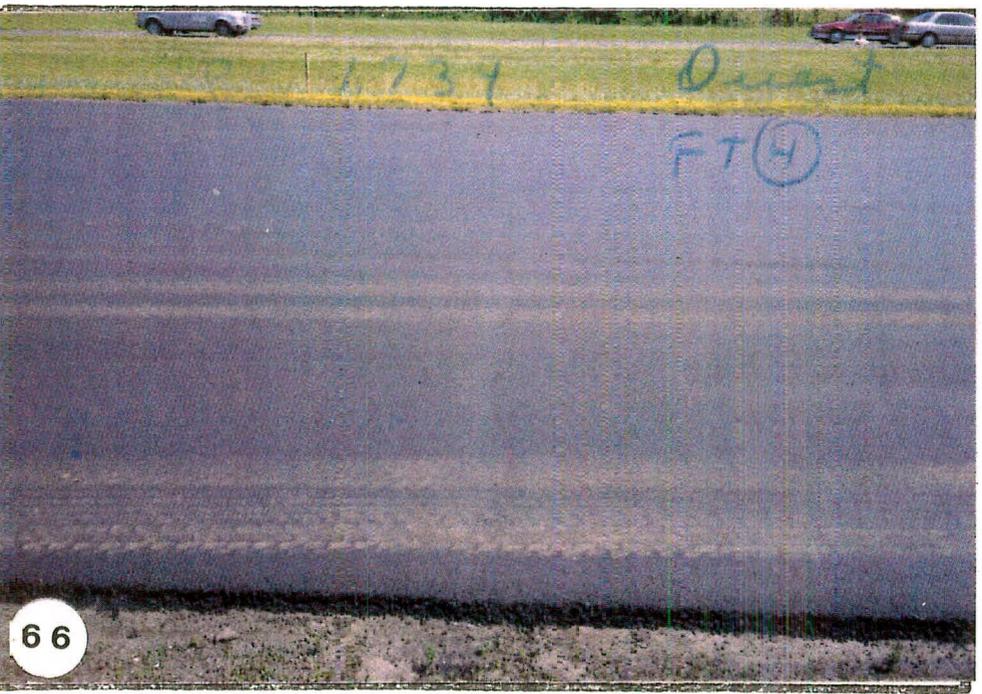
59 60  
61 62  
63 64

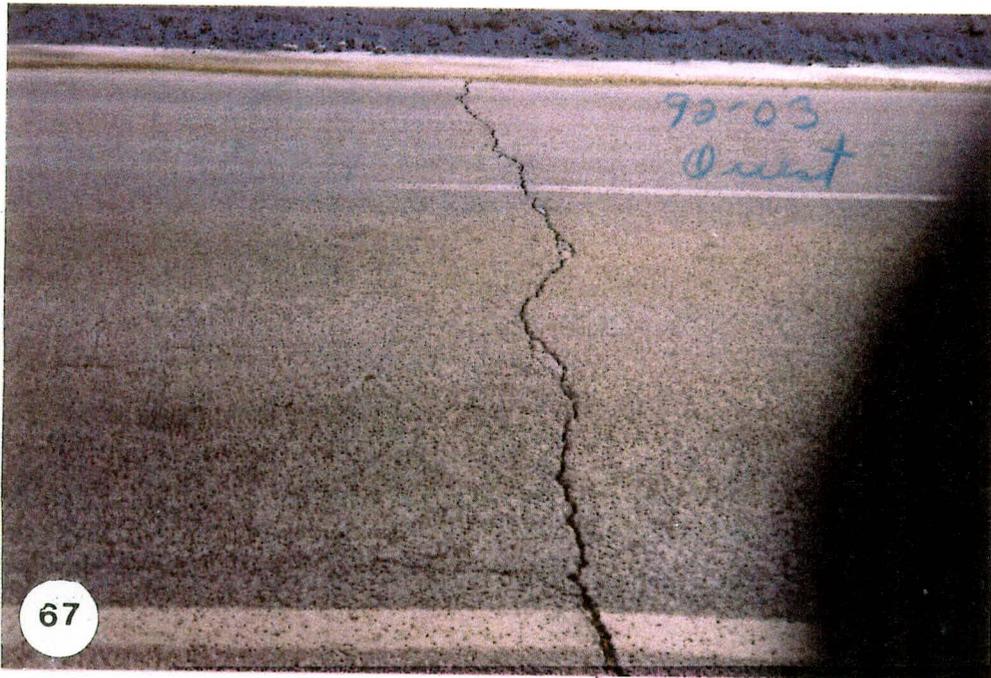
**LES ENROBÉS AMIANTÉS**

**AUTOROUTE 20 - VILLEROY**

**COMPARAISON DE LA RÉFLEXION ET DES PROCÉDÉS SUR CHAUSSÉE  
FLEXIBLE ET SEMI-RIGIDE (B.B. + B.C.)**

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
59-60	2+734 Ouest	MB-16 + Bicompoflex; réflexion de F.T. sur (B.B. + B.C.) après deux ans de service, juin 1992.
61-62	0+817 Est	Médiflex + Bicompoflex; réflexion de F.T. sur chaussée flexible (B.B.), juin 1992.
63-64	1+160 Ouest	Médiflex + Bicompoflex; réflexion des F.T., polygonales sur la chaussée semi-rigide, mars 1992.





65 68

66 69

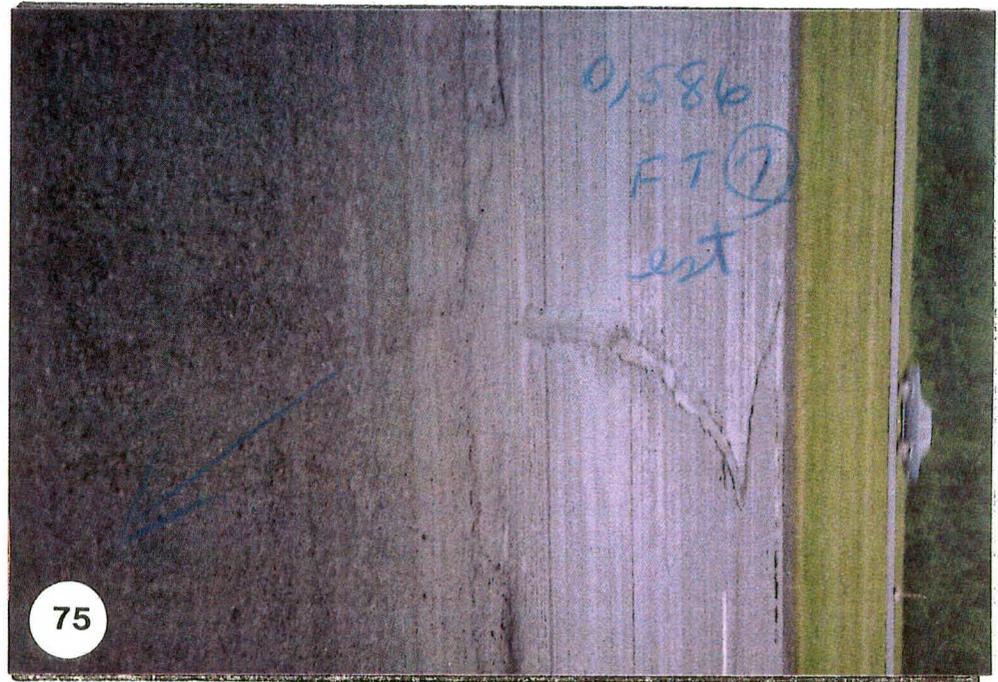
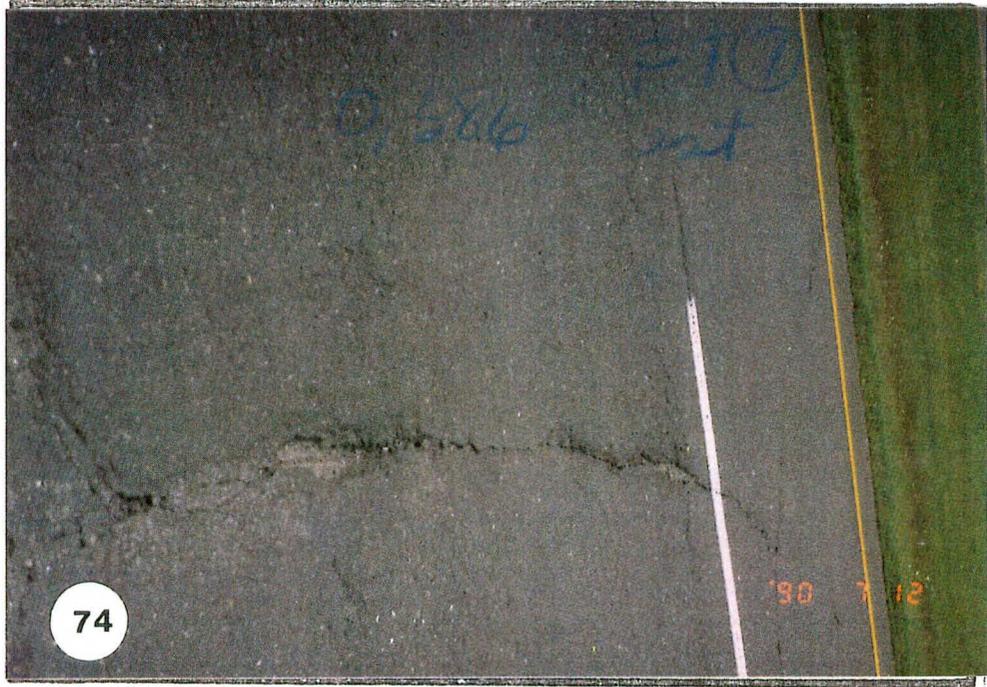
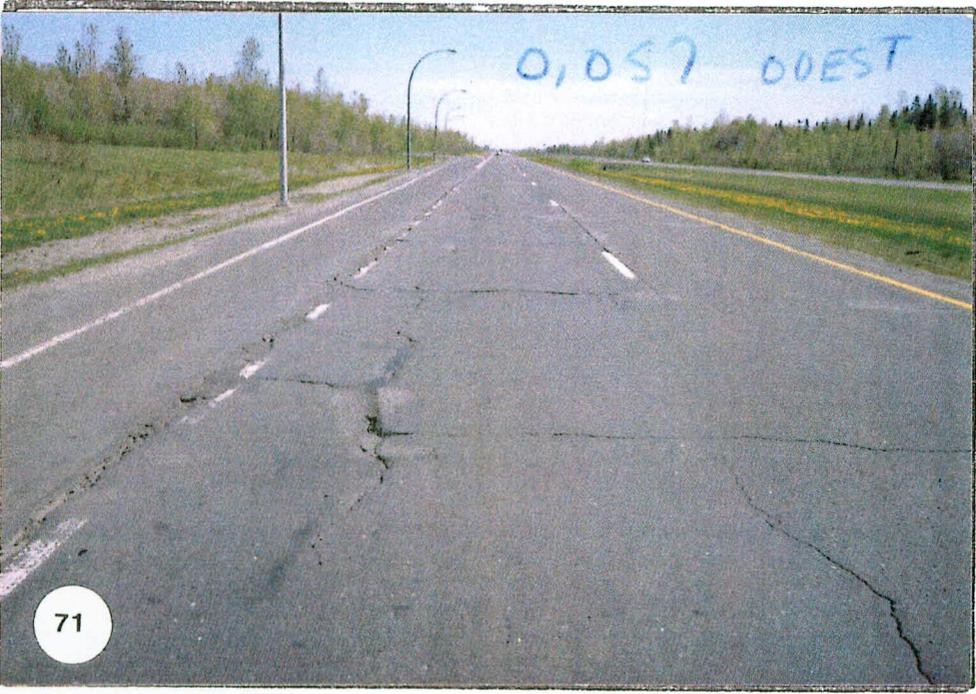
67 70

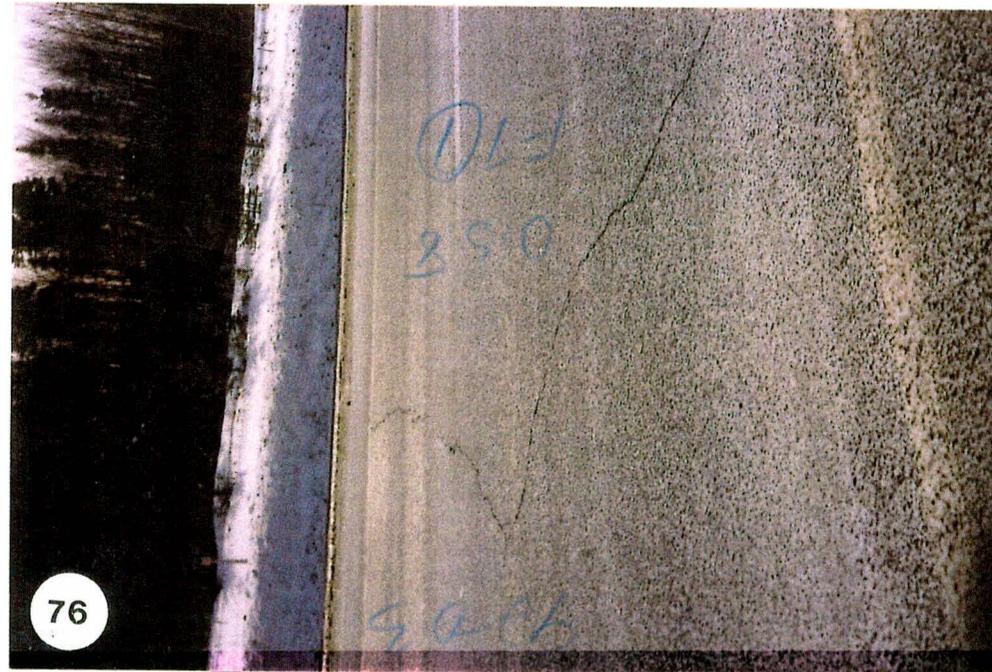
### LES ENROBÉS AMIANTÉS

#### AUTOROUTE 20 - VILLEROY

#### «MÉDIFLEX»; RÉFLEXION COMPARATIVE SUR CHAUSSÉE SEMI-RIGIDE ET FLEXIBLE

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
65-66-77	1+734 Ouest	La photo #65 démontre l'état initial de F.T. La photo #66 indique la fissure après planage et la pose du mastic (Bicompoflex). La photo #67 démontre la réflexion sur Médiflex pendant le mois de mars 1992 sur la chaussée semi-rigide.
68-69-70	1+630 Est	Les photos #68 et 69 indiquent la dégradation accompagnée de la fatigue généralisée sur la chaussée flexible. Sur la photo #70, on peut noter un comportement très satisfaisant du Médiflex + Mastic après deux ans de service.





71 74

72 75

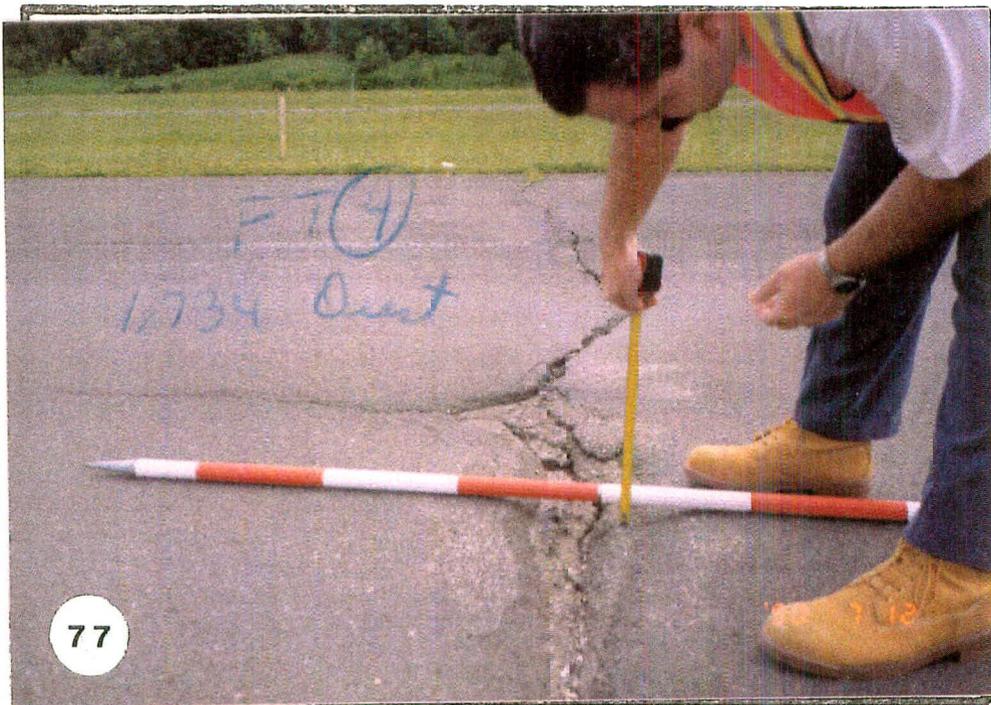
73 76

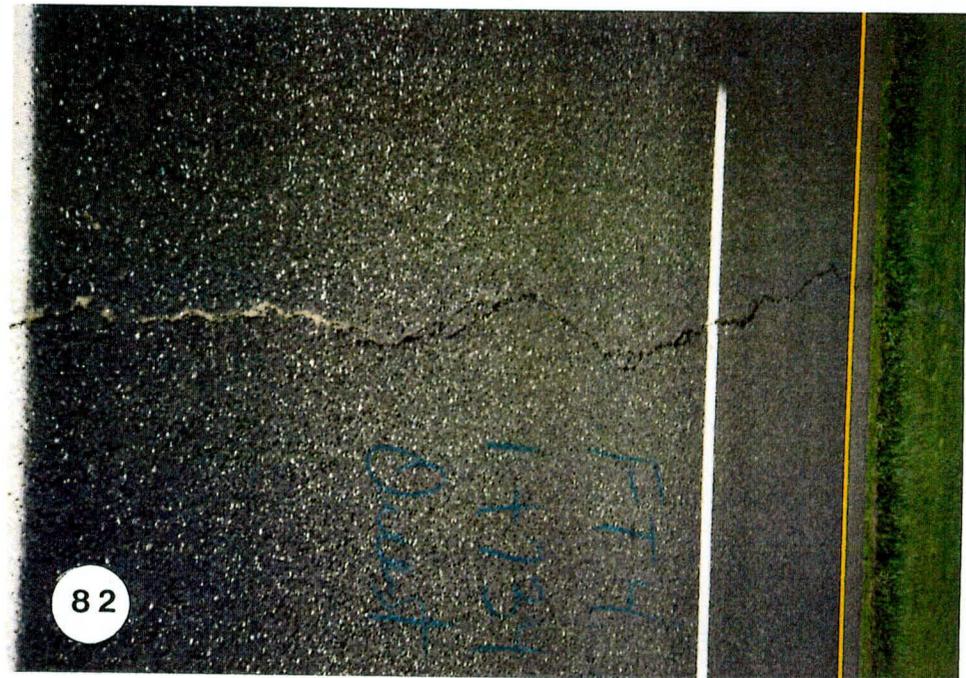
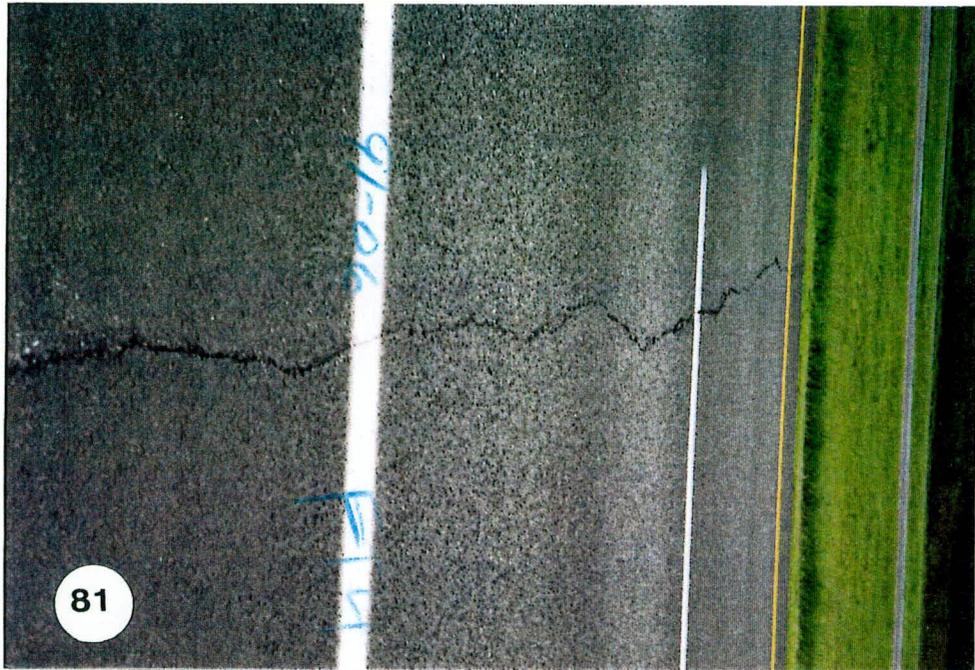
### LES ENROBÉS AMIANTÉS

#### AUTOROUTE 20 - VILLEROY

#### PERFORMANCE DU MÉDIFLEX + MASTIC SUR CHAUSSÉE SEMI-RIGIDE ET FLEXIBLE

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
71-72	0+057 Ouest	Chaussée semi-rigide; fissuration polygonale à grande maille avant et après planage.
73	0+057 Ouest	Réflexion des fissures après deux ans de service. Noter le soulèvement des F.T. apparaissant en arrière-plan de la photo. Ces soulèvements sont provoqués en grande partie par l'absence d'étanchéité (décollement du scellant et déchirures du Mastic à basse température) et ont affecté considérablement les résultats de profilométrie Mays (figures 9 à 10).
74-75-76	0+587 Est	Patron de fissure avant et après planage et scellement. Sur la photo #76 on notera le très bon état des fissures pendant le mois de mars 1992 sur la chaussée flexible. Ce comportement est relié aussi à la stabilité relative et une bonne étanchéité dans cette direction.





77 78

80 79

81 82

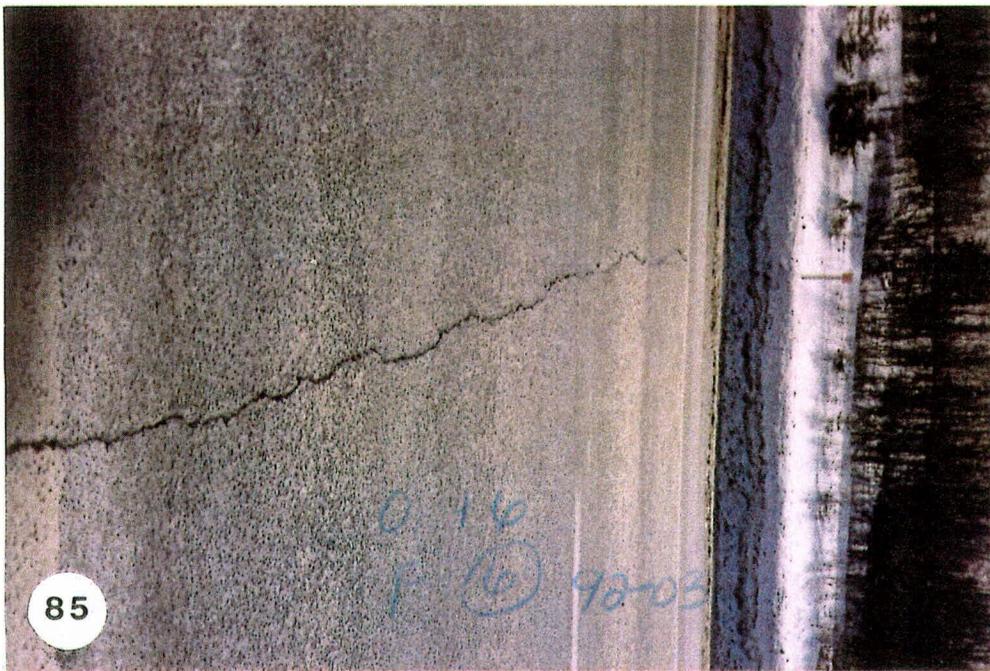
## LES ENROBÉS AMIANTÉS

### AUTOROUTE 20 - VILLEROY

#### CHRONOLOGIE DU COMPORTEMENT DE F.T. SUR MÉDIFLEX + MASTIC, CHAUSSÉE SEMI-RIGIDE

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
77-78	1+734 Ouest	F.T. avec dégradation sévère en «V» avant et après planage. Noter le liant d'accrochage colmaté avec le passage des camions du chantier. Le scellement est effectué avec un BicompoFlex.
79-80	1+734 Ouest	Fissure ouverte par le gel. Noter l'effritement et l'épaufrure des lèvres de F.T. vers le «C» en date du 1991-02-10. La photo #80 démontre l'aspect général de la même fissure le 1991-02-18.
81-82	1+734 Ouest	Noter la fermeture de la même fissure après le dégel et par autoréparation en juin 1991 et en juin 1992 respectivement.





83 86

84 87

85 88

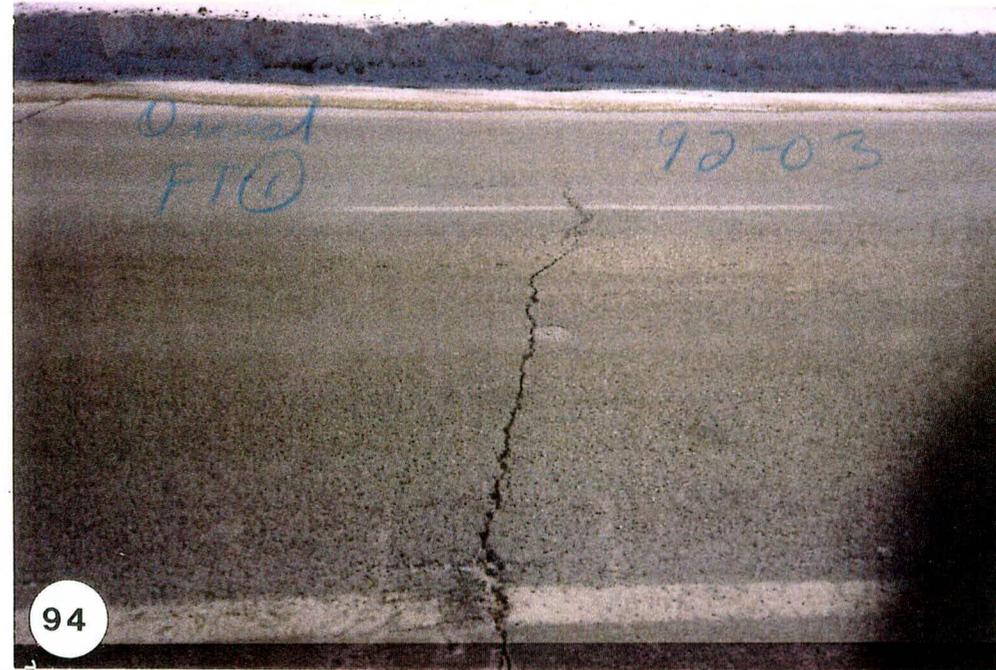
## LES ENROBÉS AMIANTÉS

### AUTOROUTE 20 - VILLEROY

#### COMPORTEMENT «MÉDIFLEX» + BICOMPOFLEX SUR LA CHAUSSÉE FLEXIBLE ET SEMI-RIGIDE APRÈS DEUX ANS

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
83	0+463 Est	État de la fissure sur la chaussée flexible avant planage.
84	0+463 Est	État de la fissure un an après recouvrement avec Médiflex. Noter la fermeture de la fissure après le dégel.
85	0+463 Est	La fissure affectée par le gel en mars 1992. À noter le bon état des lèvres de la fissure (absence d'effritement et d'épaufrure).
86-87	1+160 Ouest	État et patron de la fissure sur la chaussée semi-rigide, avant et après planage.
88	1+160 Ouest	Comportement de la fissure sur Médiflex en mars 1992 pendant le dégel. Noter l'ouverture et le dénivèlement provoqués par le gel.





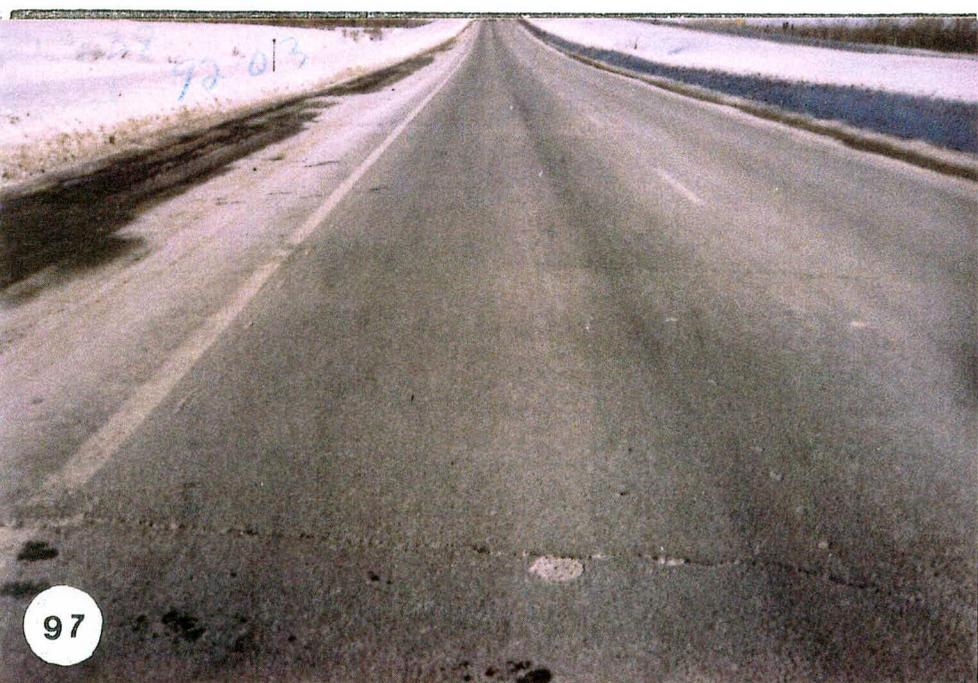
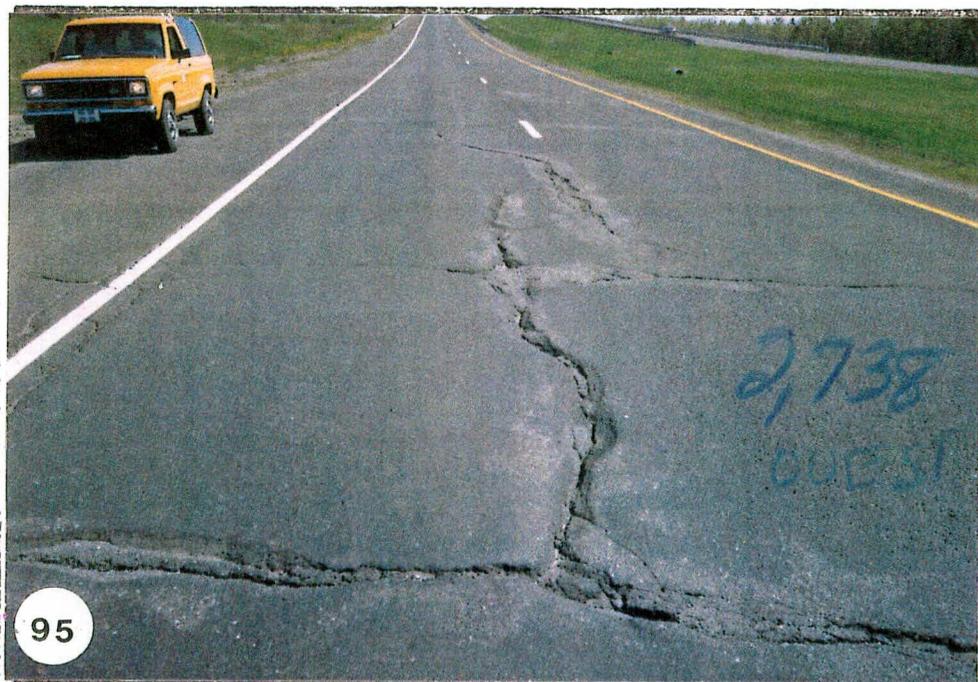
- |    |    |
|----|----|
| 89 | 90 |
| 91 | 92 |
| 93 | 94 |

### LES ENROBÉS AMIANTÉS

#### AUTOROUTE 20 - VILLEROY

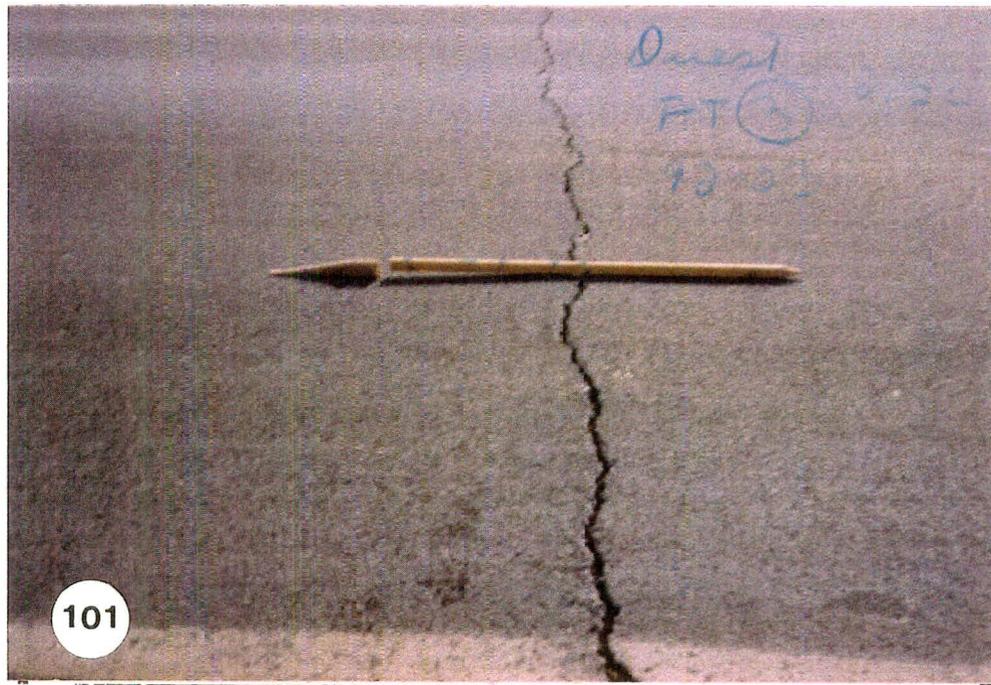
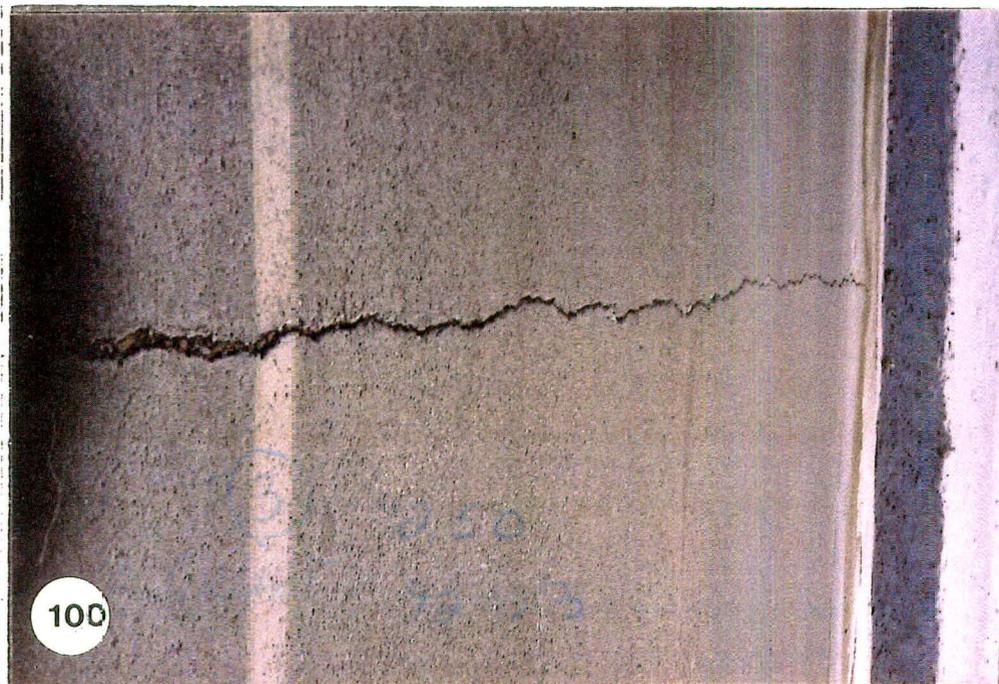
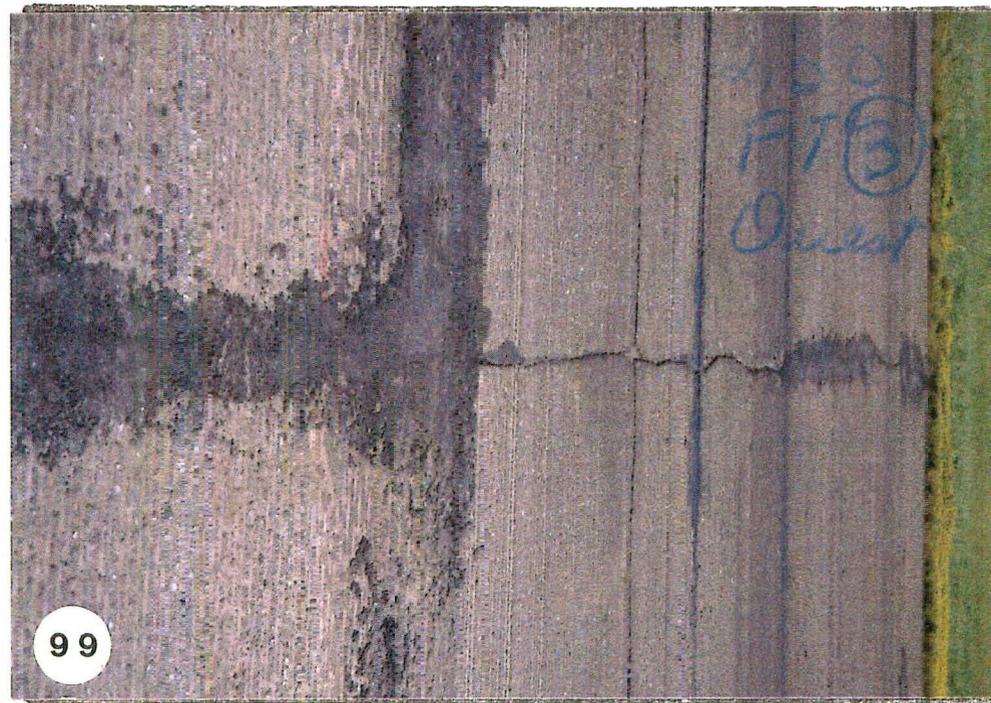
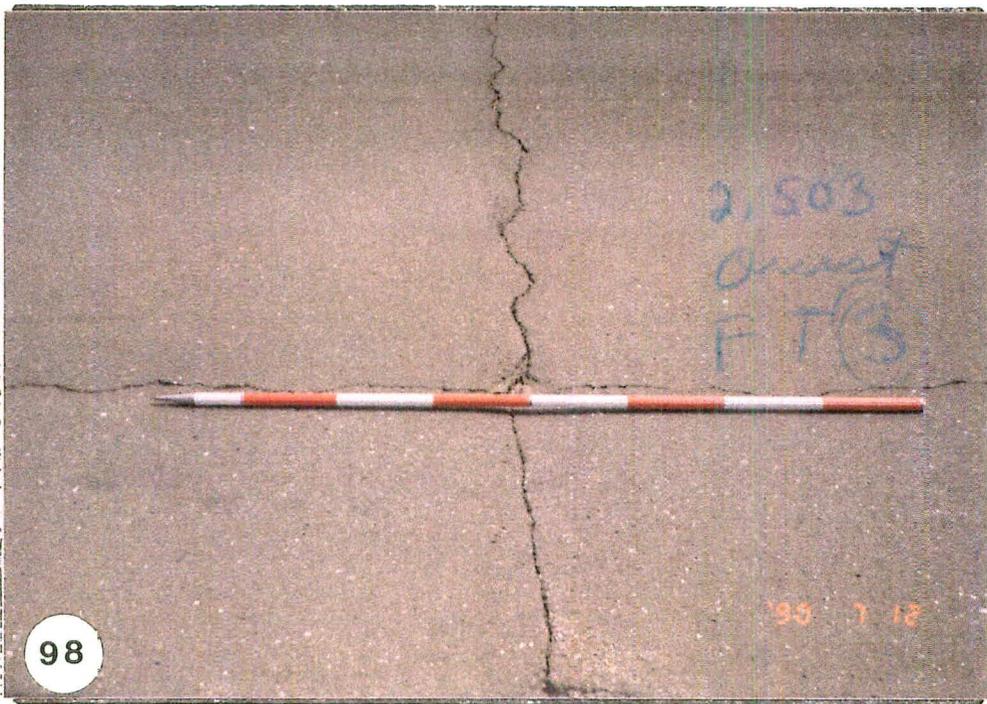
#### EFFICACITÉ DU MASTIC COMBINÉ AVEC UN ENROBÉ MB-16 POSÉ SUR CHAUSSÉE SEMI-RIGIDE

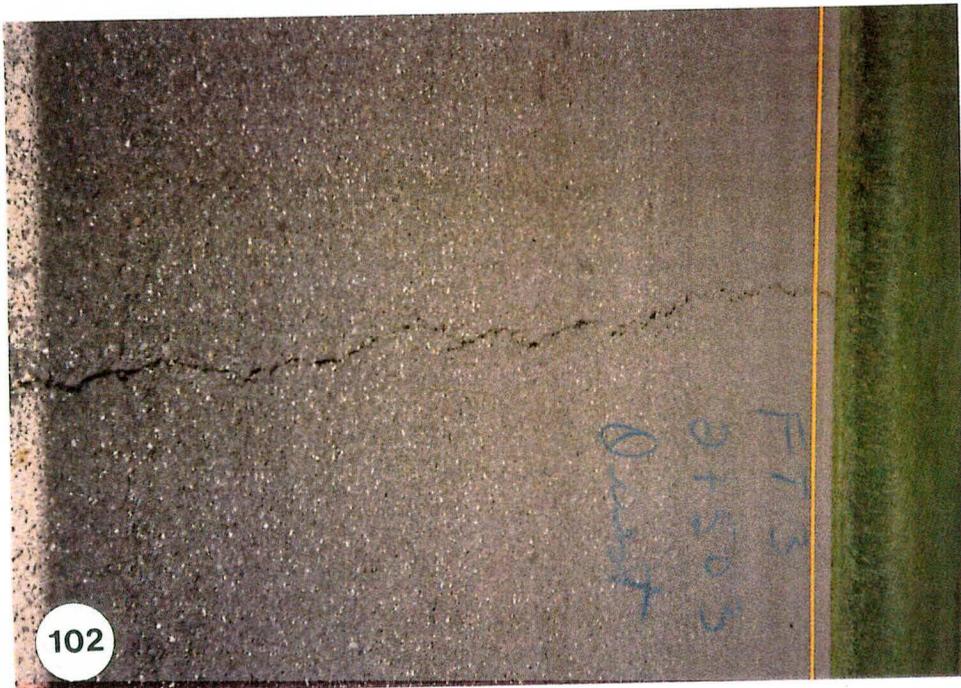
<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
89-90	2+734 Ouest	Démontre la sévérité de la dégradation en «V» de l'ancien pavage dans la roulière sur la chaussée semi-rigide.
91-92	2+734 Ouest	L'ouverture des fissures après planage et la pose du mastic (Bicomproflex).
93	2+734 Ouest	État de la fissure pendant le premier hiver.
94	2+734 Ouest	Comportement de la fissure au printemps 92.



95
96
**LES ENROBÉS AMIANTÉS**  
97
**AUTOROUTE 20 - VILLEROY**  
**MB-16 + BICOMPOFLEX**  
**SUR CHAUSSÉE SEMI-RIGIDE**

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
95	2+738 Ouest	Patron de fissure spécifique de B.C.
96	2+738 Ouest	Plate-forme après planage.
97	2+738 Ouest	MB-16 avec mastic après deux (2) ans de service.





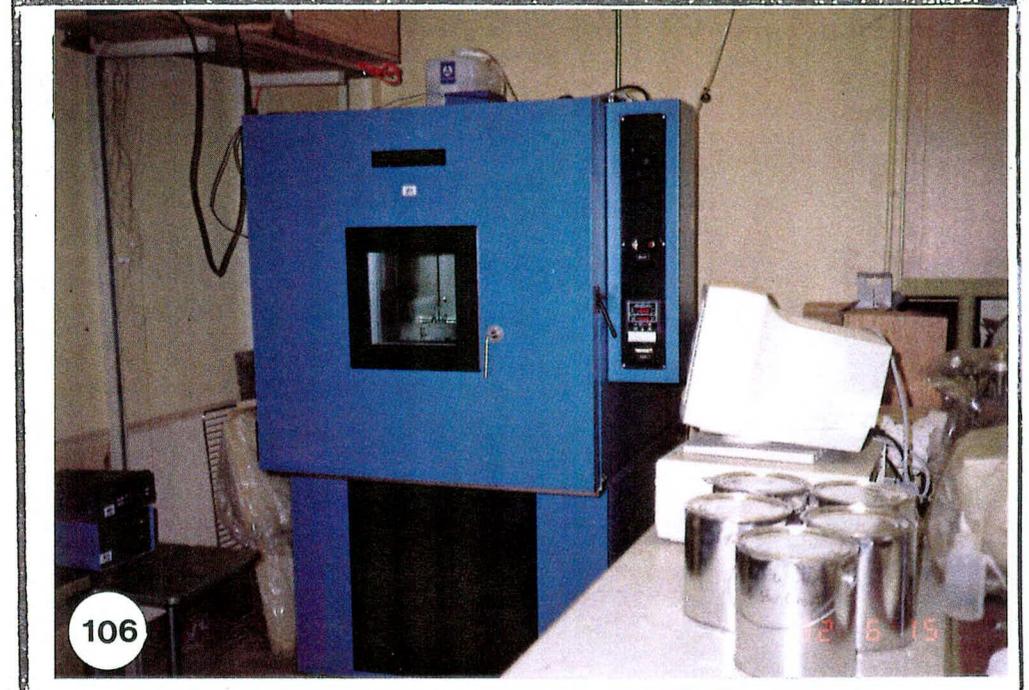
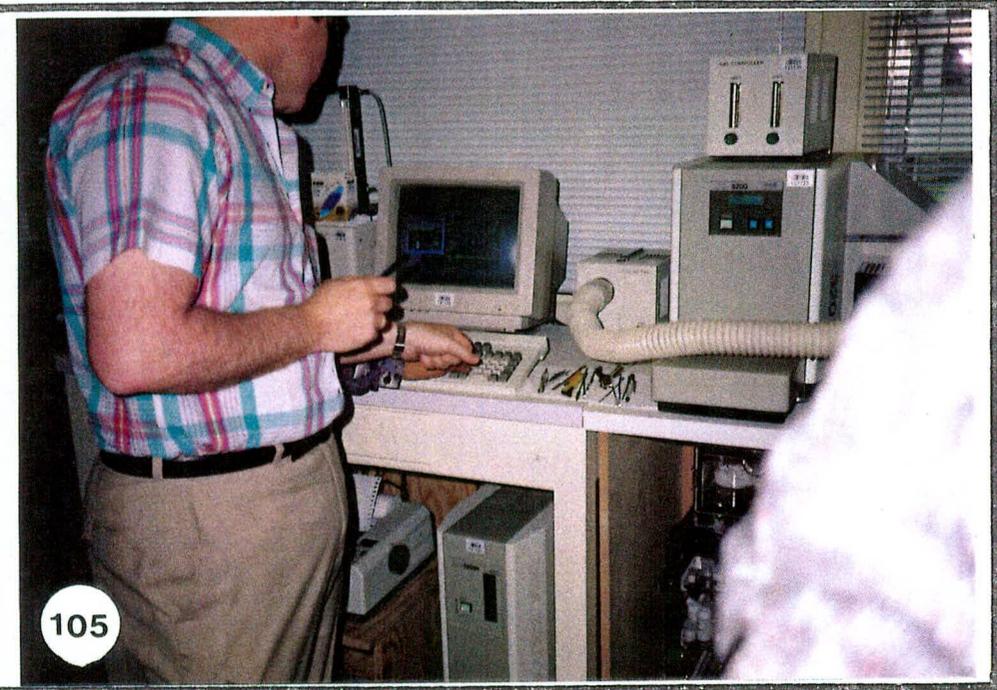
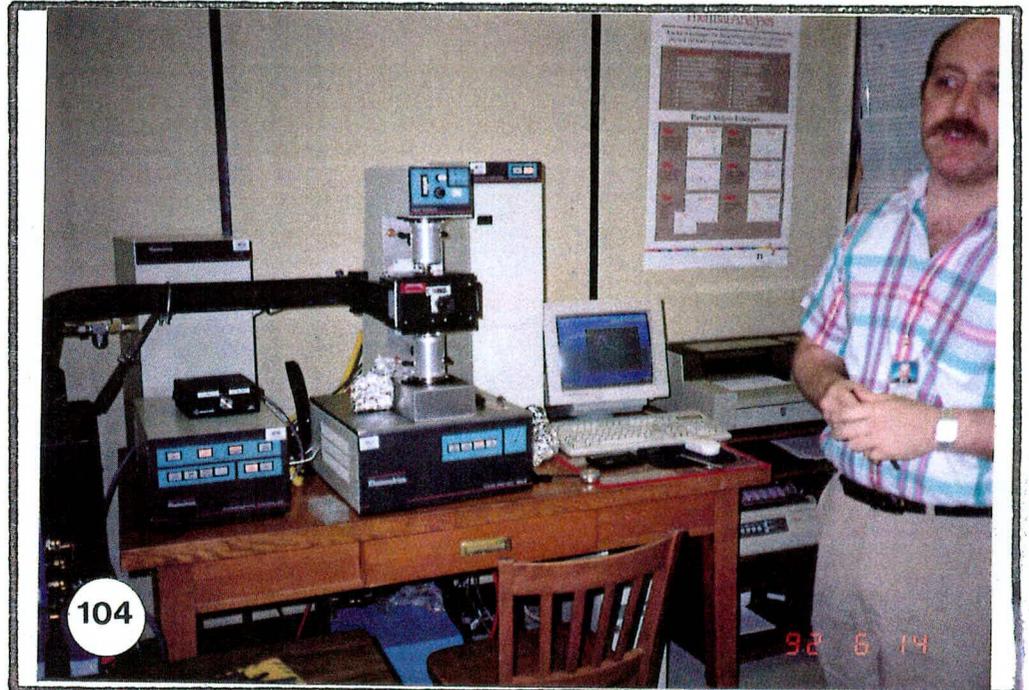
- |     |     |
|-----|-----|
| 98  | 99  |
| 100 | 101 |
| 102 |     |

**LES ENROBÉS AMIANTÉS**

**AUTOROUTE 20 - VILLEROY**

**CHRONOLOGIE DU COMPORTEMENT D'UNE F.T. SUR MB-16  
AVEC MASTIC, CHAUSSÉE SEMI-RIGIDE**

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
98-99	2+503 Ouest	Fissure polygonale avant et après planage. Photo #99 démontre l'insuffisance du scellant et du scellement.
100-101	2+503 Ouest	Démontrent l'ouverture et le soulèvement provoqués par le gel.
102	2+503 Ouest	Noter la fermeture et l'autoréparation de la même F.T. en juin 1992 favorisée par la présence du mastic (Bicompoflex) posé en-dessous du MB-16.

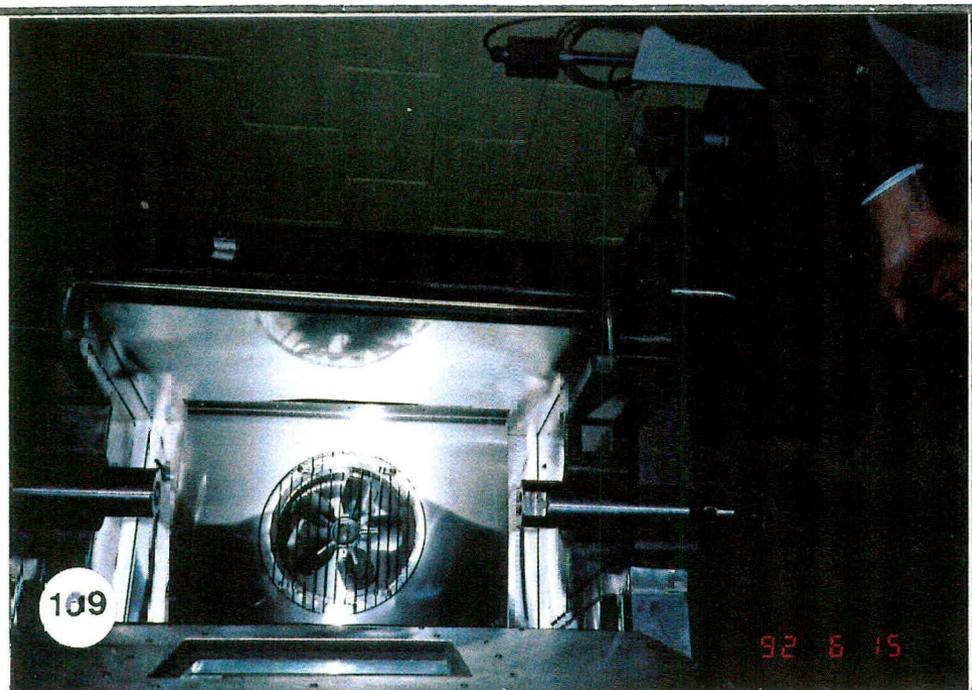
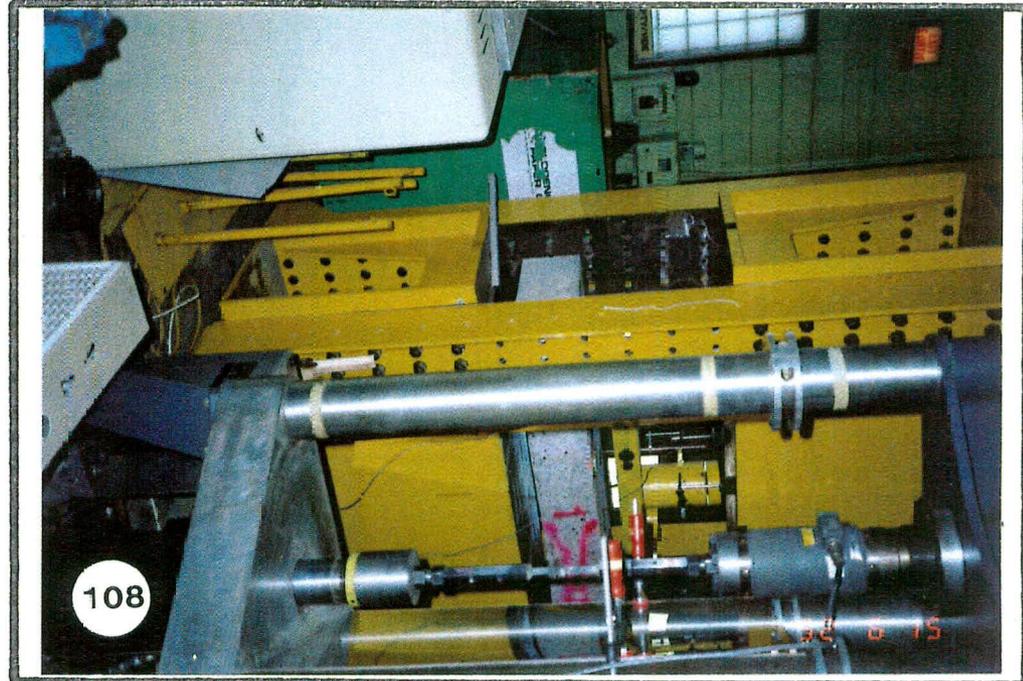
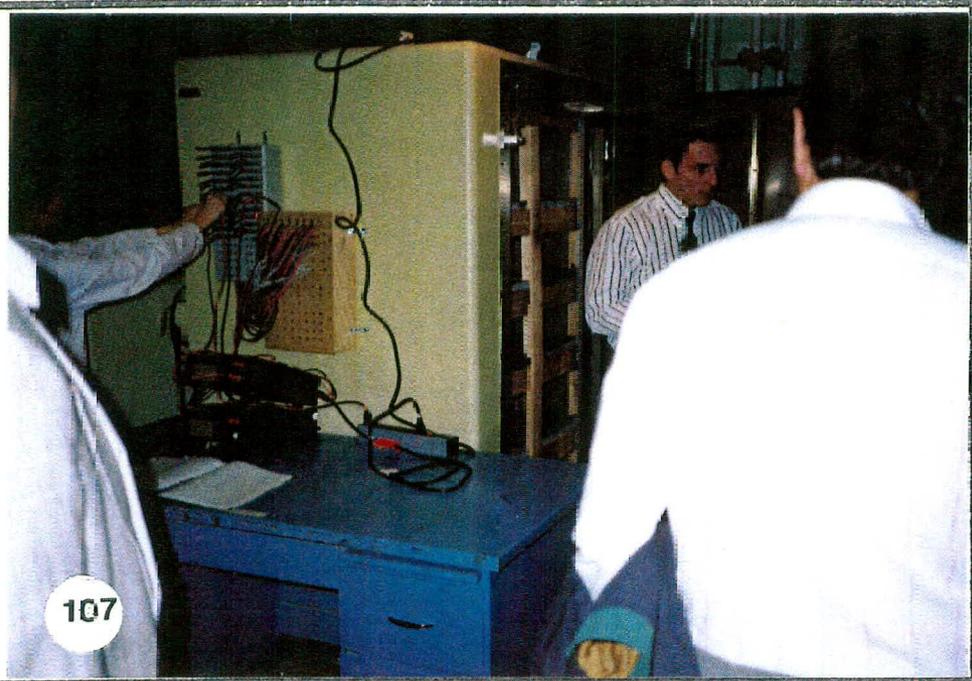


LES ENROBÉS AMIANTÉS

AUTOROUTE 20 - VILLEROY

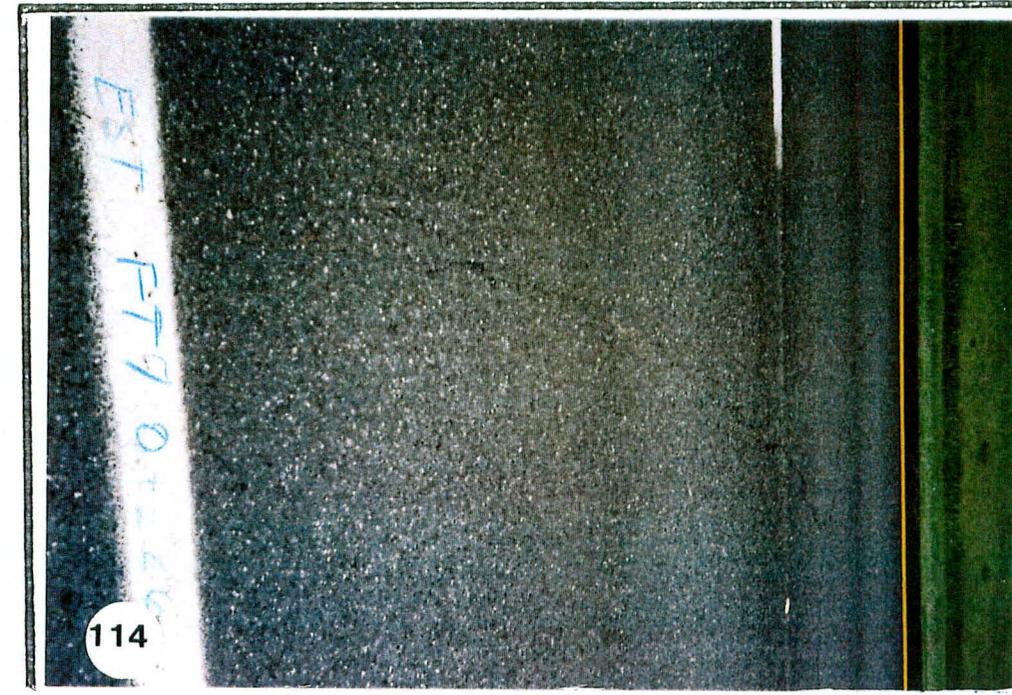
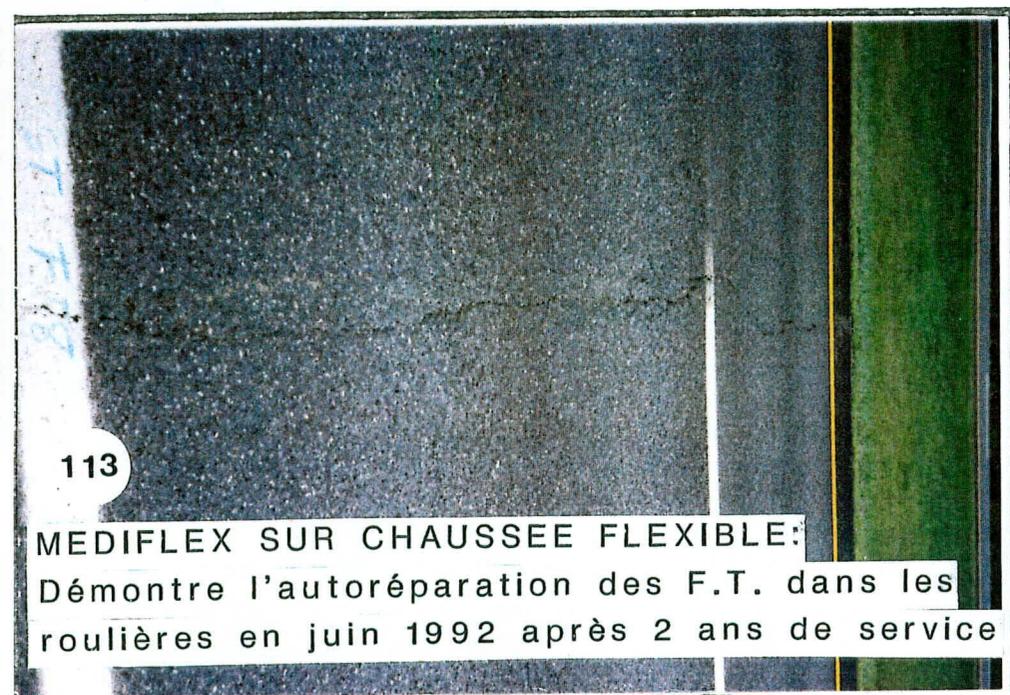
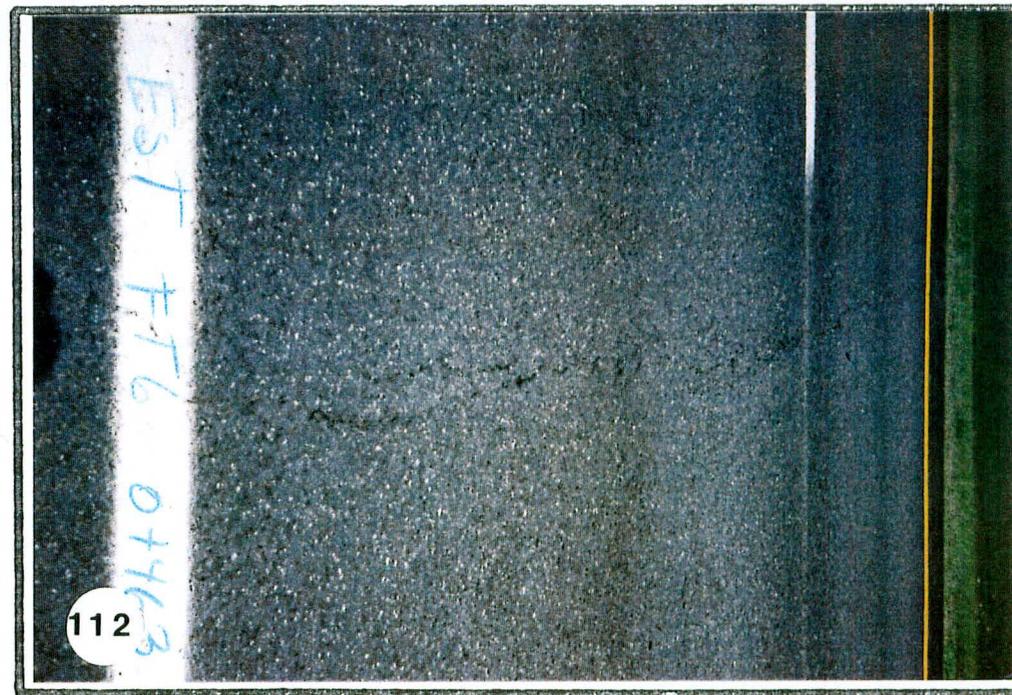
LES ÉQUIPEMENTS DISPONIBLES AU IRC-CNRC POUR  
EFFECTUER DES ESSAIS RECOMMANDÉS DANS CE DOCUMENT

<u>Photo no</u>	<u>Description</u>
103	IRC que nous avons visité à Ottawa le 16 juin 1992 dans le but d'une éventuelle collaboration.
104	DMTA - Dynamic-Mecanical-Thermal-Analyser; pour étude rhéologique des matériaux purs ou composites (membrane, bitume, scellant, textile et isolant, etc...) à des températures de -50°C à +200°C.
105	TMA - Thermo-Mecanical-Analyser; pour déterminer la composition des matériaux en les chauffant de 0 à 1000°C.  DSC - Differential-Scanning-Calorimeter ou Enthalpie différentielle utilisée avec DMTA.
106	Unité environnementale pour effectuer des essais contrôlés; retrait à la température -20 à +70°C et humidité variant de 5 à 95%.



LES ENROBÉS AMIANTÉS  
AUTOROUTE 20 - VILLEROY  
LES ÉQUIPEMENTS DISPONIBLES AU IRC-CNRC POUR  
EFFECTUER DES ESSAIS RECOMMANDÉS DANS CE DOCUMENT

<u>Photo no</u>	<u>Description</u>
107	Chambre environnementale connectée à un moniteur enregistreur électronique automatique.
108	LOAD FRAME (MTS CO.) - Pour chargement cyclique jusqu'à 50 000 Psi.
109	Essai de fatigue (contrainte-déformation cyclique) à des températures -150°C à +80°C.
110	WALK IN COLD ROOM de -40 à 0°C - Vue de l'extérieur de la chambre environnementale géante équipée d'une table d'essai, permettant de soumettre les enrobés bitumineux à des contraintes en traction et en cisaillement afin d'évaluer leur résistance à la réflexion des fissures à basse température.
	SEMC - Système d'essai de traction et compression sur les matériaux (INSTRON CO.) de construction.



# ANNEXE "A"

Compte rendu de la réunion du 1989-12-08  
Rencontre des intervenants du M.T.Q. et SIR France  
Enrobés amiantés



Gouvernement du Québec  
Ministère  
des Transports

Bureau du sous-ministre

TRANSMISSION PAR BÉLINO

DESTINATAIRE: Monsieur Aziz Amiri, Ing.  
Direction des Sols et Matériaux

TÉLÉPHONE: (bureau) \_\_\_\_\_ (béline) 644-9038

EXPÉDITEUR: Raymond Landry  
Relations extraministérielles

TÉLÉPHONE: (bureau) 643-5177 (béline) 643-9836

NOMBRE DE PAGES (incluant celle-ci): 9

MESSAGE: Vos commentaires s'il y a lieu  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



Gouvernement du Québec  
Ministère des Transports

## COMPTE RENDU DE RÉUNION

Date 89-12-08

Endroit Place Hauteville, Salle de conférence du 31e étage

Rédigé par Raymond Landry

Signature

Objet Rencontre avec divers intervenants sur les mélanges bitumineux avec amiante

But Communiquer la réponse du M.T.Q. quant au projet de Protocole d'accord présenté par la Société Internationale Routière (France) sur le développement de l'utilisation des fibres d'amiante sélectionnées dans des mélanges bitumineux à chaud de formulation optimisée

Etaient présents

AMIRI AZIZ, Dr. Ing., Sols et Chaussées, M.T.Q.  
BRULOTTE RAYNALD, Ing., Chef "Contaminants atmosphériques", ministère de l'Environnement  
CHAZAL PIERRE-Y., Dir. Développement, Screg Routes (France)  
CHEVALIER-BULTEL JEAN-PIERRE, Dir. R. & D., Institut de l'Amiante  
DEMERS YVAN, Ing., sous-ministre adjoint au Génie, M.T.Q.  
FRECHETTE GUY, Ing., Chef, Direction de la Construction, M.T.Q.  
HAMEL DENIS, Economiste, ministère de l'Energie et Ressources  
JIONA THEODORE, Ing., sous-ministre adjoint aux Opérations, M.T.Q.  
LANDRY RAYMOND, Conseiller, Relations extraministérielles, M.T.Q.  
LANGLOIS RICHARD, Ing., Laboratoire Central, M.T.Q.  
LEBEL JACQUES, Ph. D., Dir. adjoint, Santé et Environnement  
Inst. Amiante  
LEBLOND JEAN-MARC, Vice-président des ventes, Lab Chrysotile  
ROFFE JEAN-CLAUDE, Assistant gérant aux Affaires internationales, Screg Routes (France)

Copie à

Objet Mélanges bitumineux avec amiante

Détails	Action à prendre par	Délai
<p>09 H 00 - Début de la rencontre</p> <p>Monsieur Demers, sous-ministre adjoint au Génie, en l'absence du ministre de la Voirie, qui a été appelé à l'Assemblée nationale, dirige la rencontre.</p> <p>Dès le début de la réunion, monsieur Demers, indique la position du ministère des Transports du Québec (M.T.Q.) sur la proposition de la Société internationale routière (S.I.R.) représentée par monsieur Pierre Chazal.</p> <p>Le M.T.Q., en raison des inquiétudes du public à l'endroit de l'amiante et voulant s'assurer que les travailleurs qui manipuleront l'amiante en usine seront protégés, croit qu'il serait prématuré de conclure un accord à long terme avec la Société internationale routière.</p> <p>Le M.T.Q. souhaite, avec le concours du ministère de l'Environnement et de l'Institut de l'amiante, trouver les réponses qui permettront d'utiliser l'amiante à la satisfaction du public et des travailleurs.</p> <p>Le M.T.Q. aimerait poursuivre les échanges avec la France. Il serait sans doute intéressant de vérifier la technologie française au Québec, soit dans un environnement climatique fort différent.</p> <p>Monsieur Chazal comprend la prudence du M.T.Q. Cette position de l'administration québécoise n'est guère différente de l'administration française quand il s'agit de nouveaux produits.</p> <p>Il souhaite impliquer la direction des Routes (France) dans cette coopération avec le Québec.</p> <p>Monsieur Chazal souligne que, depuis 1971, 30 millions m<sup>2</sup> de chaussée avec des mélanges bitumineux avec amiante ont été réalisés.</p>		

Objet Mélanges bitumineux avec amiante

Détails	Action à prendre par	Délai
<p>La France a donc une bonne expérience pratique de cette technologie.</p> <p>La Société internationale routière, étant une entreprise privée, se doit de protéger ses intérêts (formules des mélanges). Elle cherche à retirer un profit juste et raisonnable de l'opération et les redevances de 3% qu'elle demande paraissent justes et raisonnables. En 1989, ils ont importé 1000 tonnes de fibres d'amiante du Québec.</p> <p>Monsieur Chazal se dit d'accord sur le principe d'une coopération avec le Québec mais souhaite la signature d'un accord de longue durée avec une clause conditionnelle.</p> <p>Monsieur Demers souligne que le M.T.Q. voudrait simultanément expérimenter un mélange avec amiante et un mélange polymère.</p> <p>Monsieur Chazal mentionne que des expériences ont été menées à Nantes sur le manège de fatigue. Le mélange avec amiante est supérieur. D'ailleurs, son adjoint, monsieur Jacques Samanos fera une présentation de ces résultats au T.R.B., à Washington, au mois de janvier 1990.</p> <p>Monsieur Demers, de retour sur la question de l'environnement, souligne à nouveau qu'il faut d'abord lever toute l'inquiétude à l'endroit de l'utilisation de l'amiante pour les travailleurs en usine et les usagers de la route. Il compte donc sur l'aide du ministère de l'Environnement et de l'industrie de l'amiante.</p> <p>Monsieur Chevalier-Bultel, de l'Institut de l'amiante, demande pourquoi le M.T.Q. a changé sa position quand aux études environnementales. Il lui semblait que l'Institut avait déjà rassemblé suffisamment d'études provenant de plusieurs pays pour faire la preuve que l'amiante sur la route ne présente pas de risque.</p>		

Objet. Mélanges bitumineux avec amiante

Détails	Action à prendre par	Délai
<p>Monsieur Demers précise que le M.T.Q. n'a pas changé d'idée. Ce qui importe maintenant c'est de convaincre les gens et d'assurer la protection des travailleurs en usine. Le comité d'experts, que le M.T.Q. a mandaté pour étudier la proposition de la Société internationale routière, n'est pas convaincu de la protection des travailleurs en usine.</p> <p>Le docteur Lebel, de l'Institut de l'amiante, mentionne que l'Institut se prépare à signer un protocole d'entente avec la C.S.S.T.</p> <p>Monsieur Chazal reconnaît que les centrales d'enrobage du Québec sont différentes des centrales françaises et qu'il faut vérifier si elles sont sécuritaires pour les travailleurs.</p> <p>Monsieur Brûlotte, du ministère de l'Environnement, souligne le syndrome "pas dans ma cour", d'où l'importance de rassurer la population.</p> <p>Monsieur Chevalier-Bultel signale que l'Institut a fait réaliser un sondage sur la perception que les québécois se font sur l'amiante. Les résultats démontrent que la perception est moins mauvaise au Québec qu'ailleurs.</p>		
<p><u>Projet pilote</u></p> <p>Le M.T.Q. entend réaliser un projet pilote dans la région de l'amiante sur l'autoroute 55. Entre Drummondville et Richmond.</p> <p>Les représentants de l'Institut mentionnent qu'on pourrait installer une station de relevés afin de publier les résultats. On pourrait faire un suivi automatique pour chaque nouveau poste, du moins au début.</p> <p>Monsieur Langlois, du M.T.Q., indique quelques interrogations quant à l'utilisaton de l'amiante sur les routes:</p>		

Objet Mélanges bitumineux avec amiante

Détails	Action à prendre par	Délai
<p>- pneus à crampons (les japonais ont décelé un problème de poussières) mais les crampons sont de moins en moins utilisés au Québec</p> <p>- utilisation de fraiseuses à froid</p> <p>- publicité négative à l'endroit des touristes (plusieurs États américains ont déjà de l'amiante sur leurs routes)</p> <p>- le coût des équipements à l'usine pour respecter les normes de sécurité feraient grimper les prix du produit.</p> <p>On parle d'une plus-value de 78%:  soit, enrobé classique 14,50 \$/tonne  avec enrobé d'amiante à 2%, 19,60 \$/tonne  + avec redevances 21,50 \$/tonne  avec dalle de base 24,50 \$/tonne</p> <p>Monsieur Chazal se dit prêt à étudier ces questions de plus-value.</p> <p>Monsieur Aziz Amiri, du comité d'experts, a présenté six questions techniques auxquelles il faudra apporter des réponses avant de finaliser le projet d'accord.</p> <p>1. <u>Granulométries</u></p> <p>Screg Routes propose plusieurs formules granulométriques avec des % de pierre, de discontinuité, de palier, de courbure, d'indice d'étalement etc. Ce procédé non conventionnel est optimisé grâce à l'utilisation de fibres d'amiante et dans des conditions françaises.</p> <p>La S.I.R. pourrait-elle préciser comment, dans combien de temps et après combien de cycles saisonniers, elle sera en mesure d'ajuster les 5 mélanges proposés aux conditions québécoises?</p> <p>2. <u>Granulats</u></p> <p>Les documents techniques de la S.I.R. ne font aucunement mention de la nature des granulats, telles que: pétrographie, minéralogie, géologie, dureté, résistance</p>		

Objet Mélanges bitumineux avec amiante

Détails	Action à prendre par	Délai
<p>au polissage, réaction chimique, altérabilité, résistance aux chocs, micro-texture, fendillement, de même que charge électrique et compatibilité de cette dernière avec l'émulsion.</p> <p>Comment envisage-t-on de rencontrer les normes d'utilisation des procédés français avec les matériaux disponibles au Québec? Est-ce que des agrégats schisteux, souvent les seuls disponibles en région, sauront répondre aux exigences de ces produits sans en affecter les performances?</p> <p>3. <u>Exigences structurelles</u></p> <p>Les produits proposés, qui sont de minces couches de roulement (couches d'usure), exigent une surface initiale avec un bon uni, une bonne profilométrie, une portance satisfaisante et sans dégradations majeures de surface.</p> <p>On sait, par ailleurs, qu'on ne peut pas dissocier la surface de la chaussée de son infrastructure ou superstructure et, au Québec, il y a aussi l'impact de la température, du gel-dégel, des déglacants, du drainage, etc.</p> <p>Comment pense-t-on solutionner ces contraintes avec une couche d'usure mince à haute performance? Comment pourra-t-on concilier les paramètres extrêmes des conditions climatiques et environnementales du Québec avec les exigences et paramètres rhéologiques des enrobés proposés?</p> <p>On reconnaît l'expérience de Screg Routes en France mais on s'interroge sur le comportement de ses produits au Québec.</p>		

Objet Mélanges bitumineux avec amiante

Détails	Action à prendre par	Délai
<p><b>4. <u>Fatigue</u></b></p> <p>On fait mention de la fatigue de la surface de la chaussée, c'est-à-dire le faïençage (carrelage), en soulignant que, jusqu'à un certain niveau, ce genre de dégradation peut être solutionné avec les enrobés proposés.</p> <p>Mais comment vont-ils se comporter avec une fatigue cyclique saisonnière à très haute amplitude (à -40°C de température ambiante, une surface exposée au vent peut atteindre -60°C pendant la nuit, et exposée au soleil durant le jour, elle se réchauffera considérablement). Il faut aussi tenir compte du retrait et d'une dilatation journalière importante durant les longs hivers québécois.</p> <p><b>5. <u>Performance structurelle des chaussées au Québec et ses variations saisonnières</u></b></p> <p>La presque totalité des chaussées au Québec perdent leur portance dans une proportion de 3 à 1 pendant le printemps, comparée à leur capacité estivale. Il est presque impensable, sur le plan économique, de concevoir au Québec des chaussées ouvertes au trafic lourd douze mois par an. On a donc la barrière de gel. Le contrôle des charges se faisant surtout sur les autoroutes et les grandes routes, on note que la majorité des routes supportent au printemps des charges pour lesquelles elles ne sont pas conçues.</p> <p>Compte tenu de ce problème, comment pense-t-on satisfaire ces exigences avec les couches minces de roulement qu'on propose? N'y-a-t-il pas un risque que l'usage des produits proposés soit limité qu'à une faible portion de notre réseau?</p>		

Objet Mélanges bitumineux avec amiante

Détails	Action à prendre par	Délai
<p><b>6. Polymère -vs- fibres d'amiante</b></p> <p>Au cours des années 1960, dans les municipalités de Danville-Asbestos, on a expérimenté un enrobé bitumineux à base d'amiante. Les résultats étaient prometteurs mais la hausse des prix du pétrole, au début des années 1970, est venu mettre un terme à cette expérience. Puis, par la suite, des contraintes environnementales se sont interposées.</p> <p>En 1985, le M.T.Q. a expérimenté un mélange drainant à base de polymère sur l'autoroute 20 dans la municipalité de Ste-Anne-du-Sault. Les résultats sont fort prometteurs. On note que la S.I.R. parle peu de polymère.</p> <p>En conclusion, le Comité d'experts du M.T.Q. recommande de réaliser un chantier expérimental avec la technologie française afin de voir comment les procédés proposés s'adopteront aux réalités québécoises. Quant à la question des enrobés avec polymère, ils représentent, pour le M.T.Q., l'option de sécurité dans le cas où les mélanges avec amiante ne seraient pas disponibles pour des motifs d'environnement.</p> <p>Il y aurait lieu de revoir la surface de la planche expérimentale, les 100 000 m<sup>2</sup> demandés par la S.I.R. paraissent trop important. Le M.T.Q. voudrait ramener cette planche à 8 000 m<sup>2</sup>.</p> <p>Monsieur Chazal va revoir ces questions et recontacter le M.T.Q. Il pourrait revenir au Québec en février 1990.</p> <p>Monsieur Demers réaffirme le désir du M.T.Q. de coopérer avec la France dans ce domaine.</p> <p>Clôture de la rencontre vers 11 H 15.</p>		

# ANNEXE "B"

Résumé de revue de la littérature

**CERAM-SNA INC.**

Filiale de la société nationale de l'amiante

FAX À: # 419 646 5415

TO: # \_\_\_\_\_

M.A. AmiriMinistère des transportsdu QuébecService des bois et chausséesDATE: 1 al 1992NBR. PAGES TOTAL 5DE: MARCEL COSSETTE

FROM: \_\_\_\_\_

CERAM-SNA INC.

4125 GARLOCK

SHERBROOKE QC CANADA

J1L 1W9

TEL: 819 566-5977

FAX: 819 566-5383

Suite à votre demande de données sur la résistance en traction à basses températures des mélanges amiante-asphalte, on ne peut pas vous fournir des données obtenues dans nos laboratoires. Cependant, je vous expédie sur les quatre pages suivantes l'annexe 11 du rapport intitulé "Amiante-asphalte. État de la technologie" présenté le 25 septembre 1989 à l'Institut de l'Amiante. Les items 1, 10 et 11 mentionnent des augmentations de résistance à la traction à basses températures. Les références en question sont les suivantes:

103 Hoff G.C et al "Identification of candidate zero maintenance paving materials" US Army Corps of Engineers, Concrete Waterways Laboratory, Experimental Station, Box 631 Vicksburg MS 39180 vol 1 chap 4 p 56-87 (May 1977). Voir pages 59 et 82.

105 Busching and Antrim "Fiber reinforcement of bituminous mixtures" Proceedings: Association of Asphalt Paving Technologists, vol 37 p 629-659 Technical sessions at Atlanta GA, 26 to 28 Feb 1968. Voir p 631.

102. Tons E and E M Krokosky "Tensile properties of dense graded bituminous concrete " Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, vol 32 p 497 - 529 (1963). Voir page 523.

En plus, je vous expédie par courrier rapide le chapitre intitulé "Propriétés techniques de l'amiante-asphalte" qui sont les pages 44 à 59 tirées du même rapport.

Nous apprécierions recevoir une copie de vos travaux. Si nous pouvons collaborer d'avantage n'hésitez pas à communiquer avec moi.

c.c. M. Lacasse

Marcel Cossette

## FISSURES

1. L'étude de Vancouver (52) indique que les enrobés contenant de l'amiante avec une charge minérale de granulométrie moyenne ainsi que les enrobés conventionnels avec charge moyenne, ont donné des taux de fissurations similaires. Les mélanges avec amiante et charge minérale fins ont produit plus de fissures que les autres. Cependant, il doit être noté que les enrobés contenant de l'amiante furent comparés avec un enrobé conventionnel de très haute qualité contenant des granules 100% broyées de minéraux de haute qualité et jouissant d'un malaxage et d'une mise en oeuvre très soignés. Des résultats similaires n'auraient pas été obtenus d'une comparaison avec un enrobé conventionnel de qualité moins élevée utilisant des granules arrondies et mise en oeuvre sous des conditions moins idéales.
2. Des essais au Manitoba (35, 49) n'ont pas diminué la fissuration.
3. Au sujet de la route Trans canadienne au parc national Glacier, Maurice (35, page 32) rapporte que le nombre de fissures transversales est réduit dans tous les mélanges de bitume amiantés de surface.
4. Serfass et al (10, page 33) rapportent tel que suit au sujet du revêtement très mince de marque Médiflex:

On constate qu'à ce jour, la tenue sur fissures passives (faïençage de vieillissement ou de fatigue) est très bonne. Par contre, les fissures actives (retrait-dilatation des matériaux aux liants hydrauliques) finissent par réapparaître. On remarque toutefois que les fissures transmises sont fines (elles sont même difficiles à déceler et que leurs bords ne s'épaussent pas.

5. Les essais à Madwaska ME (46) indiquent que la fissuration pour ce projet paraît moins extensive que pour les projets de revêtements conventionnels dans la région.
6. Pearce (158, page 96) rapporte que l'enrobé contenant de l'amiante a réduit la proportion de fissures réfléchies dans tous les cas (environ 50% pour les revêtements appliqués sur une surface sévèrement fissurée dans un état avancé de détérioration, sans saupoudrer les fissures de sable au préalable. Si les fissures existantes étaient saupoudrées, la proportion de fissures réfléchies était réduite de 90%.
7. Des essais dans l'état de New York (39, page 105) ont donné une chaussée dont les fissures se sont colmatées après 16 mois de circulation.
8. Dufour (7, page 22) rapporte que le revêtement avec amiante a une meilleure résistance à la fissuration par fatigue.
9. Les essais en Pennsylvanie (94, page v) indiquent moins de fissures de réflexion pour les enrobés contenant de l'amiante.
10. Un autre rapport (47, page 5) sur les essais en Pennsylvanie rapporte aussi que les fissures réflexives sont réduites significativement.
11. Garrison (55, page 93) rapporte que l'ajout d'amiante semble désavantageux en ce qui concerne la fissuration.
12. Busching et Antrim (105, page 631) rapportent les résultats de Tons et Krokowsky (102) indiquent que pour les mélanges essayés à basses températures, l'amiante a arrêté la propagation des fissures et augmenté la résistance ultime en traction.

## ORNÉRAGE

1. OD Maurice (35, page 32) rapporte que les mélanges conventionnels doivent avoir au moins 2% de porosité pour éviter qu'il ne se forme des ornières, les mélanges amiantés ne forment pas d'ornières même en approchant de la condition sans pores.
2. L'étude du US Corps of Engineers (103 pages 32, 86 et 87) rapporte, au sujet de la résistance à haute température, que l'étude de Speer et Kietzman (91) a démontré que les enrobés contenant l'amiante réduisaient l'orniérage à haute température. Les Fig. 4.5 à 4.7 tirés de (103) sont présentées à la page suivante. Fig. 4.5 indique que l'enrobé contenant l'amiante exige environ 2.5 fois plus de circulation à 63°C (145°F) que le contrôle à 46°C (115°F). À température égale, 46°C (115°F) et circulation égale (2 x 10<sup>6</sup> passages de roues), l'orniérage sans amiante est 18 fois plus profond. Les Fig. 4.6 et 4.7 indiquent que plus le rapport fibre/bitume est élevé, plus la température critique est élevée et moins il y a d'orniérage.
3. Des chaussées expérimentales furent réalisées à Calgary (Alyth By-pass) en 1960 et elles furent évaluées après huit années de service (6). Aucun signe de déformation ou de l'orniérage de la chaussée renforcée par l'amiante a été observé malgré le fait que le mélange était riche en bitume et contenait une faible teneur en vides (moins de 1%).
4. Selon WA Garrison (55, page 84) il n'y avait aucun orniérage mesurable après trois ans de service.
5. Concernant les produits chargés d'amiante utilisés en France par la société Screg Routes (17, page 7), l'orniérage peut apparaître pour les revêtements épais exposés à une circulation lourde.

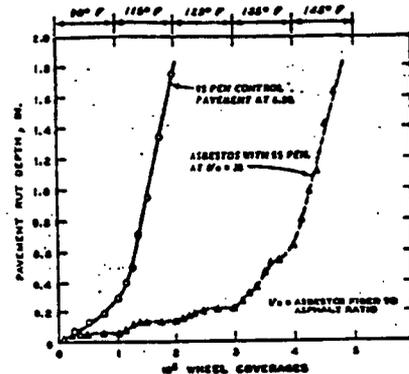


Figure 4.5. Typical performance of asbestos asphalt under wheel loadings at elevated temperatures.

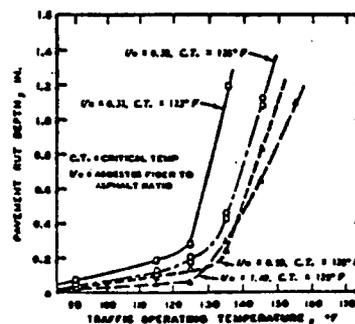


Figure 4.6. Performance of asbestos pavements with 65 penetration asphalt.

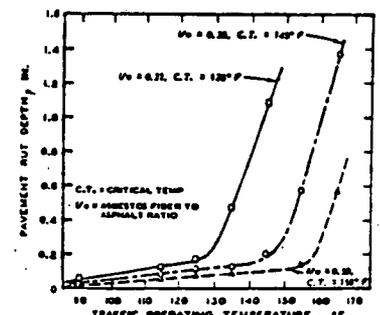


Figure 4.7. Performance of asbestos pavements with 60 penetration asphalt.

FIG.19-STABILITE MOYENNE vs % BITUME

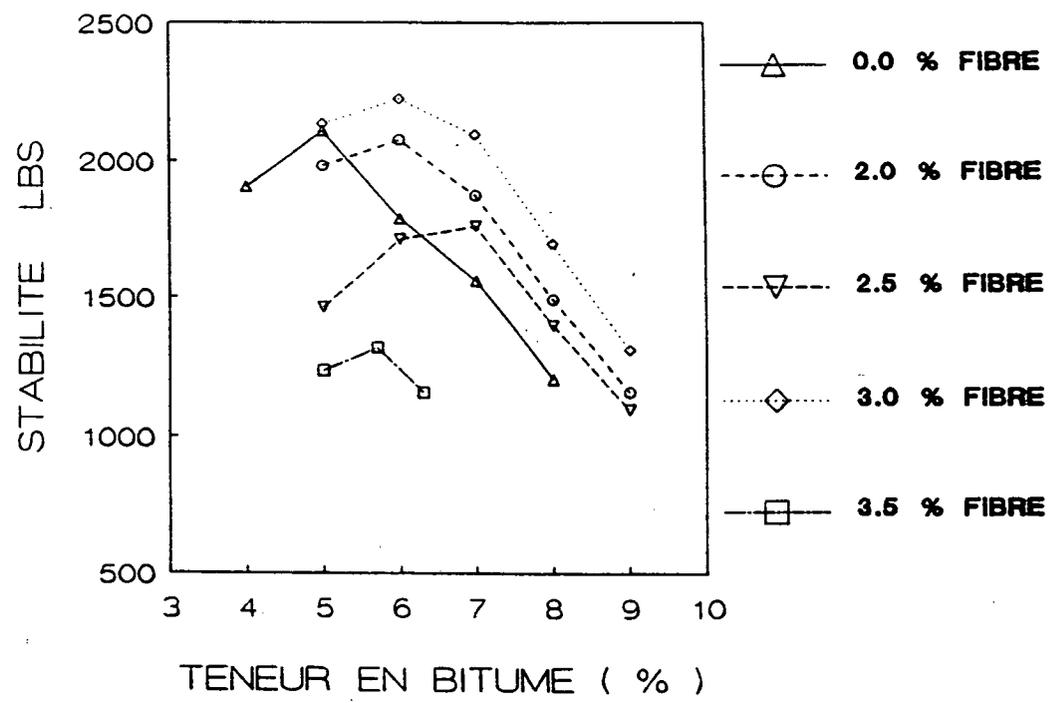
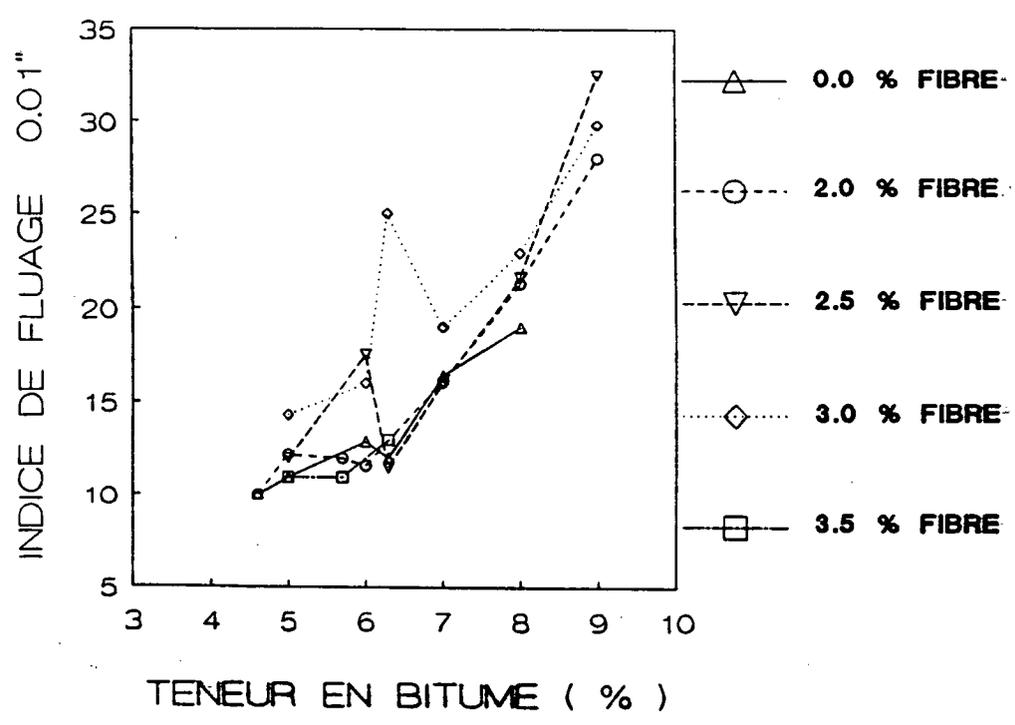


FIG.20-INDICE MOYEN DE FLUAGE vs BITUME



## RÉSISTANCE EN TRACTION

1. L'étude du US Army Corps of Engineers (103, page 59) indique que la résistance en traction est augmentée d'environ 450 kPa (65 lbf/po<sup>2</sup>) à -7°C (+ 20°F) et d'environ 380 kPa (55 lbf/po<sup>2</sup>) à 36°C (77°F) avec des augmentations de teneur en bitume de 5.5 à 7.5%. Les enrobés contenant une charge mélangée de pierre à chaux et d'amiante ont donné les plus hautes résistances en traction d'environ 3500 kPa (500 lbf/po<sup>2</sup>). Cette résistance dépasse celle des enrobés contenant une charge de 5% de pierre à chaux par 700 à 1000 kPa (100 à 150 lbf/po<sup>2</sup>).

Les éprouvettes de densité normalisée avaient des résistances en traction de 1500 kPa (230 lbf/po<sup>2</sup>) avec les fibres d'amiante 7M et 1470 kPa (213 lbf/po<sup>2</sup>) avec les fibres 6D. Les éprouvettes de contrôle sans amiante à la densité normalisée avaient une résistance en traction de 990 kPa (143 lbf/po<sup>2</sup>). Donc l'addition d'amiante à l'enrobé à densité normalisée a fourni une augmentation d'environ 60% avec l'amiante 7M et de 50% avec du 6D.

En page 582, il est mentionné que des valeurs de résistance en traction entre 930 et 1620 kPa (135 et 235 lbf/po<sup>2</sup>) à température ambiante sont rapportées. Une sensibilité à la température des résistances en traction élevées [jusqu'à 4200 kPa (6000 lbf/po<sup>2</sup>)] pour des températures atteignant -7°C (+ 20°F) est rapportée. Une résistance en traction de zéro fut déterminée à 49°C (120°F). L'augmentation de la teneur en liant (bitume) augmente la résistance en traction; qui est aussi affectée par le type et la teneur des matériaux de charge. L'addition des fibres améliore la résistance en traction.

2. Un rapport du centre de recherche Johns-Manville (95, page 10) indique une augmentation de résistance en traction de 57% mais il est stipulé que ce bénéfice est obtenu seulement à densification élevée.
3. L'étude du US Naval Civil Engineering Laboratory (151, page 11) affirme qu'il n'est pas connu si l'addition d'amiante peut augmenter ou réduire la résistance en traction des enrobés, mais en tout cas le changement est peu important.
4. Les essais de State of New York (39, page 105) ont démontré des améliorations significatives de résistance en traction.
5. Kallas et al (152, page 21) rapporte que les essais au cohésimètre Hveem démontrent une grande différence entre les enrobés chargés d'amiante et ceux chargés de pierre à chaux. Les Fig. 14 et 15 sont reproduites à la page suivante.
6. L'étude de l'Asphalt Institute (99, pages 21 et 22) rapporte que l'amiante confère moins de ductilité que les autres absorbants. Il est à noter que la ductilité n'est pas synonyme de résistance en traction.
7. L'étude du centre de recherche Johns-Manville (96, sommaire) affirme que les performances améliorées par l'amiante découlent des augmentations de cohésion dans les chaussées.
8. Les renseignements publiés en France par Screg Routes et Travaux Publics (14, page 1) indiquent une valeur de résistance en traction brésilienne à 18°C (64°F) supérieure à 2.5 MPa (360 lbf/po<sup>2</sup>).
9. Tamburo et al (104, page 157) rapporte que la cohésion est augmentée d'au moins 150% après 90 min. de mûrissage pour des températures jusqu'à 60°C (140°F).
10. Busching et Antrim (105, page 631) rapportent que pour des enrobés essayés à basse température, l'amiante augmente la résistance en traction ultime.
11. Tons et Krokosky (102, page 523) rapportent qu'à basse température, l'amiante augmente la résistance ultime en traction.

Figure 14 shows Hveem cohesionmeter values vs filler-asphalt ratio for sheet asphalt containing Asphalt B and five mineral fillers. Cohesionmeter values increase with increasing filler-asphalt ratio for all of the fillers. The increase is greatest for Fuller's earth, followed by asbestos, hydrated lime, kaolin clay, and limestone dust. The relative effects of the fillers on cohesionmeter test values are closely related to the effects of the fillers on viscosity of asphalt. Trends in cohesionmeter values for the different fillers correspond closely to trends in the viscosity of filler-asphalt mixtures shown previously in Figure 7. Fillers that produce the greatest increase in asphalt viscosity also produce the greatest increase in Hveem cohesionmeter values.

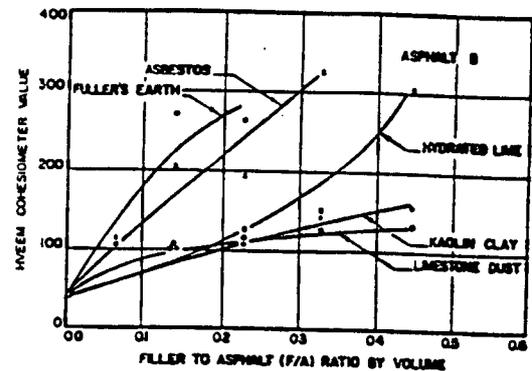


Figure 14. Effect of fillers on Hveem cohesionmeter values of sheet asphalt.

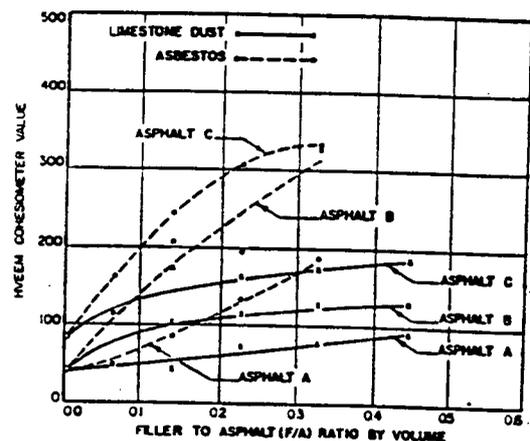


Figure 15. Effect of various asphalt on Hveem cohesionmeter values of sheet asphalt.

## RÉSISTANCE EN COMPRESSION

1. L'étude du US Army Engineer Waterways Experiment Station (103, pages 57 et 82) rapporte que certains chercheurs (27, page 82 Fig. 4.1) rapportent une augmentation significative de résistance en compression pour les enrobés incorporant de faibles pourcentages d'amiante dans leur composition. D'autres chercheurs (89, 151) auraient présenté des données démontrant seulement de faibles augmentations de résistance compressive.
2. L'étude du US Army Corps of Engineers (103, page 581) rapporte que les augmentations de résistance en compression augmentent avec des réductions de température. La variation de résistance en compression en fonction de la teneur en liant (bitume) est similaire à celles des enrobés sans amiante. L'addition d'amiante augmente les résistances compressives jusqu'entre 4.5 et 6.9 MPa (650 et 1000 lbf/po<sup>2</sup>). Une réduction de densité de 3 à 4% peut être associée à des résistances compressives de 70 à 80% moins élevées.
3. L'étude du US Bureau of Reclamation (27, page 9) rapporte que les enrobés contenant de l'amiante ont des résistances en compression du double environ des essais de contrôle. Pour deux types d'amiante, à chaque densité les résistances compressives non confinées, à 60°C (140°F) étaient plus du double de celles des enrobés de comparaison.
4. L'étude du US Naval Civil Engineering Laboratory (151, page 11) rapporte qu'il y a eu des augmentations de résistance compressive avec l'addition d'amiante.
5. Le rapport sur les essais de State of New York (39, page 106) mentionne des améliorations significatives de résistance en compression.
6. Voir aussi l'annexe 8 sur la stabilité qui est une propriété analogue à la résistance en compression.

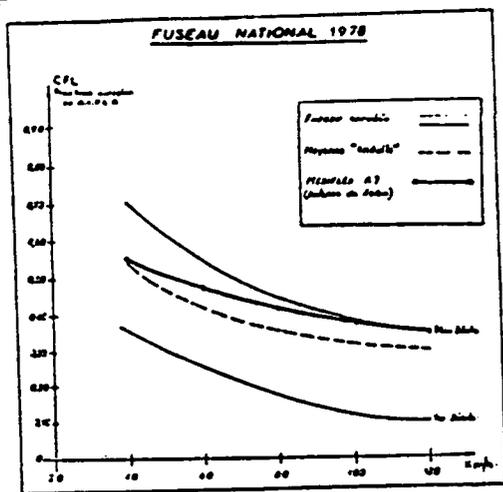


Figure 1. CAPL Médian, autoroute A1, Québec

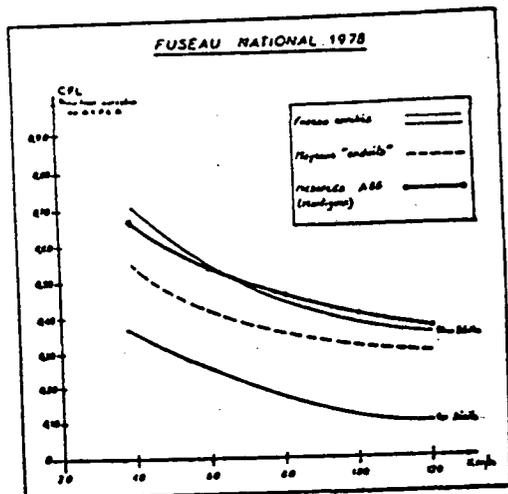


Figure 2. CAPL Médian, autoroute A11, Montréal

## RÉSISTANCE AUX INTEMPÉRIES

1. L'étude de Vancouver (52) inclut des essais avec la méthode ASTM 623 "practice for operating light-and-water-exposure apparatus (carbon arc type) for exposure of nonmetallic materials" (156). Les essais d'exposition aux intempéries de 1000 heures (équivalent à environ quatre ans) ont donné le premier rang aux enrobés contenant de l'amiante avec une charge minérale de granulométrie moyenne; suivi de l'enrobé contenant de l'amiante avec une charge minérale de granulométrie fine; et le dernier rang aux enrobés conventionnels avec charge minérale de granulométrie moyenne. Cependant aucune différence statistiquement significative fut déterminée ni en laboratoire ni sur routes après cinq ans.
2. Bleckicki et Kietzman (101) rapportent qu'une des propriétés unique importante des revêtements de surface contenant de l'amiante est l'habilité des fibres courtes à stabiliser un film d'asphalte exposé au vieillissement accéléré. Ceci suggère que l'addition de fibres d'amiante empêchera le déchaussage et prolongera grandement la durée des chaussées d'asphalte.
3. Busching et Antrim (105, page 631) mentionnent que des études du Waterways Experiment Station (97) ont démontré que l'addition d'amiante aux couches de scellants émulsifiés pour les revêtements de béton à base de goudron caoutchouté améliore la résistance aux intempéries.

## USURE

1. Les essais à Vancouver (52) furent basés sur la méthode ASTM C418 "Abrasion resistance of concrete by sandblasting" (157). Les résultats d'usure accélérée de l'enrobé contenant de l'amiante avec une charge minérale de granulométrie moyenne, démontrent qu'ils sont légèrement plus résistants à l'usure que les autres (incluant les revêtements conventionnels). Les différences n'étaient pas statistiquement significatives et aucune différence n'était visible sur route après cinq ans d'exposition aux intempéries et à la circulation. Cependant, il doit être noté que les enrobés contenant de l'amiante furent comparés avec un enrobé conventionnel de très haute qualité contenant des granules 100% broyées de minéraux de haute qualité et jouissant d'un malaxage et d'une mise en oeuvre très soignée. Des résultats similaires n'auraient pas été obtenus d'une comparaison avec un enrobé conventionnel de qualité moins élevée utilisant des granules arrondies et mise en oeuvre sous des conditions moins idéales.
2. L'étude du US Bureau of Reclamation (27, page 10) indique que l'ajout d'amiante augmente définitivement la résistance à l'érosion. Les éprouvettes contenant de l'amiante ne démontraient qu'une légère érosion après 68 millions de coups de l'action des vagues, alors que les éprouvettes de contrôle accusaient une érosion notable après 54 millions de vagues.
3. Busching et Antrim (105, page 631) rapportent qu'une étude du Waterways Experiment Station (97) indique que l'ajout d'amiante à des couches de scellant émulsifié pour chaussées de béton à base de goudron caoutchouté augmente grandement la résistance à l'usure.
4. Kietzman (96, sommaire) rapporte que l'amiante augmente la cohésion et réduit l'usure de 82%.

## GRANULES MÉDIOCRES

1. L'utilisation de l'amiante pour les chaussées de Madwaska ME fut motivée par le besoin d'utiliser des granules médiocres (46, page 2). Les granules disponibles dans cette région ont produit de piètres chaussées dans le passé dû à leur haute absorption et leur manque de dureté, densité et durabilité. Pour combler ces lacunes, deux pourcents d'amiante fut ajouté aux enrobés. Une prolongation de durée d'au moins trois ans fut obtenue (page 4).
2. À Rockville Centre, Long Island NY, l'amiante fut ajouté aux enrobés pour refaire les surfaces de rues pour améliorer la performance des granules de pierre bleue (blue stone) qui donnait une durée de trois à cinq ans (51, page 105). Avec l'amiante, des durées de 13 ans sont attendues.
3. Asinrikov (160, appendix, page 1) rapporte que tel que démontré par l'expérience de dix années d'utilisation d'amiante dans les enrobés à froid, ces produits de revêtement ne se détériorent pas même avec des granules de granulométrie qui s'écarte de façon significative des normes.
4. Au sujet de la route Trans canadienne au parc national Glacier, à Roger's Pass, Alberta, OD Maurice rapporte les renseignements suivants (35):

Cette route fut ouverte en 1962 mais au bout de trois ans elle montrait des signes d'usure précoce et on a dû prendre des mesures pour enrayer la détérioration en posant une surface d'usure de haute qualité. Cela était difficile car il n'y a aucun agrégat de bonne qualité à proximité et le coût de transport de la source la plus pro-

## ENTRETIEN

1. OD Maurice (35, pages 134 et 135) rapporte les données suivantes:

En ce qui concerne les autres sections, le revêtement conventionnel a nécessité jusqu'à quinze fois plus de réparation que le revêtement avec amiante. La figure 9 montre des pourcentages moyens confrontant les revêtements avec et sans amiante. Pour l'ensemble de la route, le revêtement conventionnel a nécessité la réparation de 27% de sa surface, alors que le revêtement avec amiante a nécessité la réparation de seulement 13% de sa surface. Par ailleurs, en excluant les deux premières sections soumises à des conditions anormales, les pourcentages de la surface réparée deviennent respectivement 14% et 2% (voir figure 9). Ces chiffres indiquent une nette différence dans le comportement des deux types de revêtements.

Le revêtement avec amiante diminue le coût de rapiéçage d'au moins deux fois dans des conditions exceptionnelles. Cette diminution atteint des valeurs de cinq à dix fois dans des conditions plus normales.

2. À Rockville Center, Long Island NY, l'usage de l'amiante pour le revêtement des rues a fortement réduit les coûts annuels d'entretien (51, page 105.)

## GLISSANCE

1. La ville de Vancouver (52) rapporte des comparaisons de glissance entre les pavés contenant de l'amiante et des chaussées conventionnelles. Ils ont utilisé la méthode ASTM E303 "Method of measuring surface frictional properties using the British pendulum tester" (154), ainsi que l'essai avec une roue de bicyclette pour déterminer la distance d'arrêt d'un véhicule selon la méthode de la National Crushed Stone Association. Les meilleures résistances à la glissance furent obtenues avec des enrobés contenant de l'amiante et des matériaux de charge fins. Suivants en performance furent les enrobés conventionnels avec matériaux de charge moyens. Dernier en performance furent les enrobés contenant de l'amiante avec matériaux de charge moyens.

Il doit être noté que les bétons bitumineux contenant de l'amiante utilisés pour cette étude furent comparés contre des bétons bitumineux conventionnels utilisant 100% de granules broyées, composés d'un minéral de haute qualité, utilisant un malaxage et une mise en oeuvre très soignés. Des résultats similaires n'auraient pas été obtenus d'une comparaison avec des enrobés conventionnels de qualité plus faible utilisant des granules ronds et une mise en oeuvre sous des conditions moins idéales.

2. Selon Maurice (35) pour ce qui est des routes d'été, certains tests ont démontré qu'une couche mince de béton bitumineux permet par exemple à une automobile se déplaçant à 40 milles (67 km) à l'heure de s'arrêter dans une distance de 111 pieds (34 m) sur le revêtement amianté au lieu de 147 pieds (45 m) sur le revêtement ordinaire (expérience rapportée dans une brochure publicitaire de Johns-Manville). À Rogers Pass, dans le Parc national Glacier en Alberta, un tron-

çon de route de 27 milles (44 km) de longueur a été construit en 1966 avec du béton bitumineux modifié à l'amiante; des tests préliminaires ont montré que la surface était un peu moins glissante sur le revêtement amianté que sur le revêtement ordinaire (8). D'autres résultats encourageants ont aussi été obtenus à Calgary (5). Ned L. Lillich (60), du département de la Voirie du comté de Los Angeles en Californie, rapporte au contraire que la glissance est un peu plus élevée avec ce genre de revêtement mais il croit que cette condition peut être améliorée par un choix judicieux de la granulométrie des agrégats.

3. Lelardeux (9, page 59) rapporte au sujet des enrobés de marque Compoflex, que des mesures de glissance par détermination du coefficient de frottement longitudinal (CFL) furent faites ultérieurement à l'aide du stradographe du CEBTP. On put ainsi constater que, malgré le caractère fermé du tapis Compoflex, son coefficient de frottement était convenable, du même ordre que celui obtenu sur le béton bitumineux normal. Il suffit pour s'en convaincre de donner les chiffres mesurés lors de la dernière campagne de mesures, réalisée par AREA sur son réseau les 10, 11 et 12 octobre derniers. Les résultats ont été les suivants:

- sur le Compoflex de l'autoroute A41	
en moyenne à 60 km/heure	0,83
en moyenne à 90 km/heure	0,44
en moyenne à 120 km/heure	0,31

- sur le Compoflex de l'autoroute A48	
en moyenne à 60 km/heure	0,48
en moyenne à 80 km/heure	0,36

(Les rugosités à 90 et 120 mg/heure n'ont pu être testées du fait de l'encombrement de la circulation).

Ces valeurs sont très peu différentes des valeurs moyennes trouvées sur le béton bitumineux classique dans les mêmes conditions de mesure.

On rappelle, par ailleurs, que des valeurs du CFL de 0.36.0.275 mesurées respectivement à 60, 90 et 120 km/heure, sont considérées comme satisfaisantes.

4. Serfass et al (10, page 33) au sujet des enrobés Médiflex, font les affirmations suivantes:

Les mesures de CFL effectuées sur Mediflex se situent dans la partie supérieure du fuseau national des enrobés. On notera, en particulier, qu'à vitesse élevée, Mediflex se classe fréquemment à hauteur du 9<sup>e</sup> décile (voir figures 1 et 2 en page suivante).

5. Pour la route Trans Canadienne au parc national Glacier, Cook (8, page 14) rapporte les résultats suivants: La surface est très "sermée" ou dense et conséquemment et apparaît très lisse au conducteur et le Ministère a reçu des plaintes et commentaires au sujet d'une surface glissante. Cependant les essais préliminaires sur la résistance au glissement utilisant l'appareil à pendule du British Road Research (153) ont donné des lectures qui sont de façon consistante dans le domaine des catégories "généralement satisfaisantes à bonnes". Des déterminations de comparaison effectuées sur les enrobés conventionnels, ceux contenant 1% d'amiante et ceux contenant 2% d'amiante montrent une très légère tendance vers une diminution de la résistance au dérapage avec des teneurs accrues d'amiante et de bitume. Cependant, un nombre insuffisant de déterminations ont été effectuées pour former une conclusion définitive.
6. Une étude de Johns-Manville (95, page 8) rapporte que l'amiante dans les enrobés pour les teneurs essayées (1.25 à 3%) avec 6 à 14% de bitume n'affecte pas de façon significative la résistance au dérapage à l'état mouillé. Les coefficients de friction n'ont démontré aucune relation significative ou consistante à la teneur en bitume des chaussées d'essai.
7. Garrison (55, page 84) rapporte que les chaussées contenant de l'amiante ont donné des résultats d'essais de glissance comparables à ceux des routes de Californie bien construites (159).

8. L'étude du Ministère des Routes de l'Ontario (53) pages 10 et 20 rapporte des coefficients de friction de 0.48 qui se comparent aux coefficients des chaussées conventionnelles qui vont de 0.44 à 0.67 avec une moyenne de 0.56, tel que déterminé avec l'appareil à pendule

## OXYDATION

1. (a) La ville de Vancouver (52) a fait des essais de résistance au vieillissement en extractant le bitume selon la méthode ASTM D1856 (154) et en déterminant sa résistance à la pénétration selon la méthode D5 (155). Il est présumé que le taux d'oxydation et le vieillissement de l'enrobé sont en corrélation avec la réduction de pénétration. Après 5 ans d'exposition, ils n'ont pas trouvé de différences significatives entre les enrobés avec amiante et les conventionnels.
  - (b) Les essais au vieillissement accéléré utilisant la méthode ASTM G23 "Practice for operating light-and-water-exposure apparatus (carbon arc type) for exposure of nonmetallic materials" (156) ont démontré après 1000 heures d'exposition que l'enrobé contenant de l'amiante et une charge de granulométrie moyenne était le plus résistant; suivi par celui avec amiante et charge de granulométrie fine; suivi par l'enrobé conventionnel. Cependant les différences n'étaient pas statistiquement significatives.
  2. Sur la route Trans canadienne au parc national Glacier, (8) les éprouvettes prises après la construction démontraient une réduction de pénétrabilité d'environ 30 unités (30 Vs 60) pour les enrobés contenant de l'amiante et cette réduction est attribuée à la volatilisation et à l'oxydation à haute température. Les éprouvettes prélevées après deux ans accusent des réductions additionnelles de pénétrabilité mais les valeurs sont similaires pour les deux types d'enrobés. L'enrobé conventionnel donne des réductions moyennes de 85 à 65.5 pour une différence de 17.5 unités alors que l'enrobé contenant l'amiante donne des réductions moyennes de 112 à 93 pour une différence de 19 unités.
  3. Johnson (43, page 98) rapporte que la pénétration du bitume extrait est de 74 unités comparé à 28 unités pour la chaussée conventionnelle pesée en même temps au même endroit. Ceci indique une bien plus grande résistance à l'oxydation pour l'enrobé contenant de l'amiante vu que les deux types d'enrobés avaient une pénétration de 80 au moment de la mise en oeuvre.
  4. Un rapport du centre de recherche Johns-Manville (96, page 22) affirme que le revêtement avec amiante donne en général un bitume extrait de pénétration légèrement supérieure à celle obtenue sur le bitume du revêtement conventionnel.
  5. Les essais de la Pennsylvanie (94, page v) indiquent une légère mais remarquable indication de réduction du durcissement attribué au vieillissement.
  - (e) Un revêtement mince, 3.8 cm (1.5 po), posé en 1962 à Rogers Pass dans le parc national Glacier (8) était en état satisfaisant en 1972 (durée de dix ans). Ce revêtement s'ajoutait à la chaussée sans amiante qui montrait des signes d'usure précoce après seulement trois ans.
  - (f) Les essais au Manitoba pour réduire les fissures et pour les tabliers de ponts n'ont pas donné satisfaction (49).
  - (g) Les essais de 1962 près d'Asbestos (Québec) donnaient des résultats encourageants en 1972 (après 10 ans) (7).
3. L. Dufour affirme (7) "La durabilité du revêtement avec amiante montre un avantage marqué sur celle du revêtement conventionnel". Cependant, la durée supplémentaire qu'offrirait le revêtement avec amiante n'est pas fixée. Cette durée supplémentaire pourra facilement atteindre deux à trois ans.
  4. En 1969 ER Kasper affirmait (70) que des revêtements d'amiante-asphalte avaient été placés au Canada 45 ans plus tôt, suivi de près par des revêtements placés dans le nord de l'état de New York par Warren Brothers Co. (de Boston) et que certains de ces revêtements étaient encore en service.
  5. Des essais à Madawask ME (46, pages 2 et 4) faits en 1961 incluaient des través avec et sans amiante. En 1967 (après une durée de 6 ans) le revêtement conventionnel fut repavé en revêtement conventionnel à cause de sa détérioration. En 1970 (après une durée supplémentaire de trois ans) le revêtement avec amiante était encore aussi bon que le nouveau revêtement conventionnel.
  6. Une route de halage à la mine Jeffrey (92, page 24) fut mise en service en 1953 et après six ans elle subit une circulation intense de camions de mine lourds virtuellement sans avoir besoin de maintenance. Un revêtement conventionnel adjacent a requis une maintenance coûteuse durant la même période.
  7. Une fiche technique de Johns-Manville Sales Corp. (93) indique qu'une augmentation de durée de 50% peut être obtenue avec l'amiante.
  8. Des essais de revêtements minces, 1.2 cm (0.5 po) sur les rues de Rockville Center à Long Island NY (51, page 105) en 1963 étaient en bon état en 1973 et il était prévu que leurs durées se prolongeraient encore de trois à quatre ans (durée totale de 13 à 14 ans)
  9. Une étude du US Corps of Engineers rapportée dans un rapport d'Asbestos Corporation Ltd. (42, page 2) affirme que l'addition d'amiante serait grandement bénéfique par rapport à la durabilité.
  10. L. Dufour affirme (7) "La durabilité du revêtement avec amiante montre un avantage marqué sur celle du revêtement conventionnel". Cependant, la durée supplémentaire qu'offrirait le revêtement avec amiante n'est pas fixée. Cette durée supplémentaire pourra facilement atteindre deux à trois ans.
  11. L'étude du Pennsylvania Department of Transportation (47, page 2) (94) rapporte qu'une couche de surface est en excellente condition après 10 ans. Dans la lettre de couverture du rapport final (48, page 1) il est affirmé que le revêtement a été libre de maintenance durant sept ans.
  12. Les revêtements incluant de l'amiante qui sont en usage courant en France (17, page 7) après sept ans, les résultats favorables obtenus avaient permis de conclure que ces revêtements ont une durée de vie en fatigue qui est avantageuse.
  13. La revêtement initial du pont Pierre Laporte contenait 2% d'amiante (50), 2% de ciment portland, 7.5% de bitume, 35% de concassé et le reste du sable. Cet enrobé fut déposé sur une base de sable-asphalte qui à son tour était déposé sur une membrane mince de fibres de verre. La durée fut limitée à cinq ans. D'après Doucet (143, page 29) le sable aurait été inadéquat.

## DURÉE

1. M Bar-On (45) rapporte que la plupart des essais sur route ont démontré une amélioration de longévité de service.
2. OD Maurice (35) rapporte les durées suivantes:
  - (a) Une chaussée contenant l'amiante construite à Rome NY en 1919 était encore en bon état en mai 1972. Une durée de 53 ans.
  - (b) Une voie de halage construite en 1953 à la mine Jeffrey pour des camions pouvant peser jusqu'à 45 tonnes était encore en service en 1972 (une durée de 19 ans) alors qu'un revêtement adjacent sans amiante a dû être remplacé après 3 ans d'usage.
  - (c) À Calgary sur l'autoroute Alyth ouverte en 1962, il y avait très peu d'usure en 1972 (après 10 ans) et les responsables prévoient une durée de 20 ans dans les conditions les plus sévères d'usure.
  - (d) La ville de Calgary a démontré par des essais en laboratoire et sur le terrain que l'amiante prolonge la vie du revêtement par un facteur de trois ou quatre. (5, 6)

che augmentait considérablement les dépenses. On décida alors d'employer des agrégats schisteux des environs en y ajoutant de la fibre d'amiante. Le coût total du projet, incluant le coût de l'amiante et le coût additionnel dû à l'emploi d'une plus grande quantité de bitume, a été de 17% moins élevé que si l'on avait transporté l'agrégat de bonne qualité jusqu'au site des travaux.

Jusqu'à présent, (1972) on est satisfait des résultats obtenus. On remarque que la surface est très dense et donne un roulement doux; des tests ont démontré que la résistance au dérapage est bonne, il n'y a pas d'ornières et de déplacements du revêtement qui seraient dus à un excès de bitume. Il s'est formé quelques fissures durant l'hiver de 1968-69 mais on remarque qu'elles sont plus nombreuses dans les sections d'essais contenant moins d'amiante ou pas du tout.

## DÉCHAUSSAGE

1. Le rapport d'Asbestos Corporation Ltd. (42, page 3) affirme que l'amiante-asphalte démontre beaucoup moins de déchaussage que l'asphalte conventionnelle parce que la fibre, tel qu'indiqué par les essais de l'état de New York (39) par exemple, augmente le point de ramollissement significativement et minimise la fragilité aux basses températures.
2. Kietzman (96, summary) rapporte qu'une augmentation de cohésion des chaussées est produite par l'amiante qui donne une réduction de l'usure de 82%.
3. Les essais en Ontario (53, page 9) indiquent que l'amiante permet d'obtenir aucune perte de granules superficielles par déchaussage.

## ÉTANCHÉITÉ

1. Serfass et al (10, page 33), au sujet des revêtements de marque Médiflex, rapportent les informations suivantes:

Ces observations faites sur carottes ont montré qu'il y a, au niveau de l'interface, formation d'une barrière étanche: d'une part, l'émulsion obture les pores du support, d'autre part, sous trafic, elle remonte légèrement (quelques millimètres) dans le tapis Médiflex.

Les mesures au perméamètre effectuées sur divers chantiers ont conduit au classement du Médiflex dans la catégorie des revêtements très imperméables. Les résultats seront présentés dans les monographies de chantier à paraître.

2. Tessonneau (12, page 63), au sujet des mêmes Médiflex, rapporte que ces revêtements sont très imperméables. Ils concluent que le Médiflex (page 34) est particulièrement bien adapté à l'entretien des chaussées où se posent des problèmes d'étanchéité (revêtements vieillissants et poreux entre autres).
3. L'étude du US Bureau of Reclamation (27, page 9) a donné les résultats suivants: des essais sur éprouvettes de béton bitumineux compactées à la densité normale de laboratoire ont démontré une étanchéité totale sous une tête hydraulique de 10.56 m (34.65 pi). Quand des éprouvettes similaires compactées à 96% de la densité de laboratoire normale (une teneur en vides d'environ 5%) une perméabilité significative peut être déterminée avec des têtes hydrauliques aussi faibles que 3.52 m (11.55 pi).

4. Les essais d'Ontario (53, page 9) ont donné des perméabilités très faibles; 1 ml/min.
5. Les essais en Pennsylvanie (57, page 6) ont démontré que ces revêtements étaient non perméables.
6. Pyles (56, page 19) rapporte que ces enrobés sont non perméables.
7. Sauterey (17, page 7) rapporte que les enrobés avec amiante sont imperméables.
8. Une fiche technique de Screg Routes (14, page 1) affirme que les enrobés de marque Compoflex sont très imperméables.
9. L'étude de Vancouver (52) indique que les essais de perméabilité n'étaient pas assez sensibles pour distinguer entre les enrobés contenant de l'amiante (presque imperméables) et les revêtements conventionnels essayés.
10. Maurice (35) rapporte que les essais au Manitoba ont donné un revêtement dense et imperméable.

## CONFORT

1. Serfass et al (10, page 34) rapporte au sujet des revêtements Médiflex utilisés en France les avantages suivants:
  - sécurité (niveau d'adhérence très élevé)
  - uni (c'est un enrobé à chaud)
  - remise en circulation rapide
  - revêtement souple (riche en liant).
2. Les essais de Rockville Center, Long Island, NY (51, page 105) ont donné les résultats suivants:
  - aucune poussière ennuyante, ni de granules déchaussées.
  - meilleure apparence
  - meilleure résistance à la glissance quand mouillé
  - chaussée mieux nivelée (comparée aux couches de scellants qui suivent les contours de la vieille surface).
3. Garrison rapporte (55, page 84) une bonne qualité carrossable (riding quality) avec des imperfections inférieures à 125 po/mile (1.97 mm/m) mesuré à l'aide de l'appareil de University of California (131).
4. Tamburo (104 page 156) rapporte que la souplesse est doublée avec 2% de fibre et 6 à 7% de bitume.

## EXIGENCES DE MISE EN OEUVRE

1. D'après M. Tremblay (41) de J-M Asbestos (12 Juin 1987) une température de malaxage de 178°C (352°F) est nécessaire pour permettre une température de 150°C (300°F) à l'épandage. Il est à noter que les sacs de plastique contenant l'amiante fondent à 140°C (284°F).
2. Selon M. Y. St-Louis de Sintra une température de 140 à 150°C (290 à 300°F) est recommandée à l'épandage.
3. Selon Dufour (7, page 129) les enrobés contenant de l'amiante peuvent exiger un roulage plus lourd, ou un plus grand nombre de passes du rouleau pour assurer une compacité idéale.
4. Selon l'étude de la ville de Vancouver (52) un rouleau de l'ordre de 12 tonnes est préférable à un rouleau de 20 tonnes pour éviter le déchargement des revêtements minces.

5.(a) Sur la route Trans Canadienne au parc national Glacier (8, page 11) pour les mélanges avec amiante une période de malaxage à sec de 25 s suivi du malaxage avec le bitume durant 30 s pour une durée de malaxage total de 55 à 60 s. Pour les mélanges conventionnels un malaxage à sec de 10 s était suivi du malaxage avec le bitume durant 30 s.

(b) Avec l'amiante des températures de malaxage entre 146 et 149°C (295 et 300°F) furent utilisées, comparées à 140°C (285°F) pour le mélange conventionnel (8, page 11).

(c) Le mélange avec amiante avait tendance à faire prise plus rapidement. Les marques du roulage initial ne pouvaient pas être effacées par le roulage subséquent et il était nécessaire d'avoir recours à des opérateurs de rouleau expérimentés pour éviter ce problème (8, page 11).

(d) Le raciage manuel était quelque peu plus difficile et plus lourd car l'enrobé avait tendance à s'agglomérer, mais ceci ne présentait pas un problème sérieux.

6. L'essai de l'état de New York (39, page 105) a démontré que le déchirage au roulage est accentué par la présence d'amiante.

7. Des essais en Ontario (53, page 9) ont démontré qu'il est plus difficile d'obtenir une surface unie par raciage manuel.

8.(a) Les essais en Pennsylvanie (57, page 4) indiquent que le roulage d'enrobés contenant l'amiante peuvent être commencés bien plus vite après l'épandage et la chaussée peut ainsi être remise en service plus rapidement.

(b) Pour les enrobés contenant de l'amiante une période de malaxage à sec de 30 s est ajoutée au malaxage conventionnel.

9. Les essais en Pennsylvanie (58) indiquent aussi que pour éviter le déchirage, il faut réduire la vitesse du rouleau.

## VITESSE DE REFROIDISSEMENT

1. Selon la ville de Vancouver (52) quand des équipements de roulage adéquats ne sont pas disponibles, les chaussées contenant l'amiante peuvent être mis en service plus tôt.

2. Selon Serfass et al (10, page 34) les revêtements contenant de l'amiante permettent une remise en circulation immédiate.

3. Sur la route Trans Canadienne au parc national Glacier (8, page 11) le roulage final fut complété en moins de deux heures après l'épandage.

4. Selon Johson (59, page 98) il est possible de commencer le roulage immédiatement après le passage de l'épandeur sans attendre pour que la température se refroidisse. Il en résulte que ces chaussées peuvent porter la circulation plus tôt.

5. Les essais en Pennsylvanie (57, page 4) indiquent que le roulage d'enrobés contenant l'amiante peuvent être commencés bien plus vite après l'épandage et la chaussée peut ainsi être remise en service plus rapidement.

6. Sur la route Trans Canadienne au parc national Glacier (8, page 11), les mélanges avec amiante avaient tendance à faire prise plus rapidement. Les marques du roulage initial ne pouvaient pas être effacées par le roulage subséquent et il était nécessaire d'avoir recours à des opérateurs de rouleaux expérimentés pour éviter ce problème.

7. Selon Pyles (56, page 19), le roulage peut être effectué immédiatement derrière l'épandeur sans laisser de temps pour refroidir. Les rues peuvent ainsi être réouvertes à la circulation avec un minimum de temps hors service.

## TEMPÉRATURE DE MALAXAGE

1. D'après M. Tremblay (41) de J-M Asbestos (12 Juin 1987) une température de malaxage de 178°C (352°F) est nécessaire pour permettre une température de 150°C (300°F) à l'épandage. Il est à noter que les sacs de plastique contenant l'amiante fondent à 140°C (284°F).

2. Selon M. Y. St-Louis de Sintra une température de 140 à 150°C (290 à 300°F) est recommandée à l'épandage.

3. Sur la route Trans Canadienne au parc national Glacier, (8, page 11) pour les mélanges avec amiante, des températures de malaxage entre 146 et 149°C (295 et 300°F) furent utilisées comparées à 140°C (285°F) pour le mélange conventionnel.

4. Pour le revêtement des rues à Rockville Centre, Long Island NY (51, page 105) les granules sont chauffées entre 246 et 260°C (475 et 500°F) et le bitume est chauffé entre 66 et 93°C (150 et 200°F). L'enrobé est chargé sur les camions à une température entre 166 et 177°C (330 et 350°F) et il arrive sur le chantier à 163°C (325°F) environ. La plus basse température permise pour la mise en oeuvre est 154°C (310°F). À des températures inférieures l'enrobé durcit trop rapidement.

5. Le rapport d'Asbestos Corporation Ltd. (42, page 4) recommande des températures de malaxage entre 177 et 191°C (350 et 375°F) et une mise en oeuvre entre 144 et 163°C (290 et 325°F). Pour le boudinage (extrusion) des rebords de chemin, une température de 149°C (300°F) est recommandée.

6. Pour des revêtements en Ontario (110, page 9) une température de malaxage de 168°C (335°F) fut utilisée.

7. En Pennsylvanie (120, page 5) des températures de malaxage entre 154 et 191°C (310 et 375°F) furent utilisées pour le pavage des routes. Des températures de 149 à 191°C (300 à 375°F) furent utilisées pour paver des ponts (121, page 2).

## RÉDUCTION D'ÉPAISSEUR

1. L'étude de la ville de Vancouver (52) a démontré que l'épaisseur minimale pour les couches de revêtement était d'environ un pouce (2.5 cm) pour les enrobés conventionnels ainsi que pour les enrobés contenant de l'amiante. Des épaisseurs inférieures provoquent trop de déchirures.

2. Serfass (10, page 33) indique que le revêtement à base d'amiante est plus économique de par sa faible épaisseur.

3. Pyles (56, page 19) rapporte que des revêtements aussi minces que 5/8 pou. (1.6 cm) sont faisables et permettent des économies comparés aux revêtements conventionnels.

4. Une fiche technique de Screg Routes (14 page 2) indique que des revêtements d'une épaisseur minimale de 1.5 cm (0.59 po) sont possibles avec les enrobés contenant de l'amiante.

ANNEXE "C"



## ÉTUDES DES ENROBÉS MEDIFLEX, COMPOFLEX ET BICOMPOFLEX

### RÉSULTATS DES ESSAIS A L'ORNIÉREUR

La performance des enrobés de type mediflex, compoflex et bicompoflex est excellente à l'essai d'orniérage en laboratoire. Tous ces enrobés répondent aux critères du Memento des Spécifications Françaises, Chaussées, soit des profondeurs d'ornières inférieures à 20 mm à 3000 cycles et à 10 mm à 1000 cycles.

La figure 1 indique les résultats des trois types d'enrobés analysés séparément, en éprouvettes de 100 mm d'épaisseur. La figure 2 indique les résultats d'essais effectués sur des éprouvettes fabriquées aux mêmes taux de poses que sur le chantier, et avec superposition du mediflex et du compoflex sur le bicompoflex.

En résumé, l'on peut conclure que ces enrobés sont résistants à l'orniérage à des degrés divers. Les autres critères mesurés par le service des sols et chaussées devront être utilisés conjointement à nos résultats pour évaluer l'ensemble de la performance de ces enrobés.

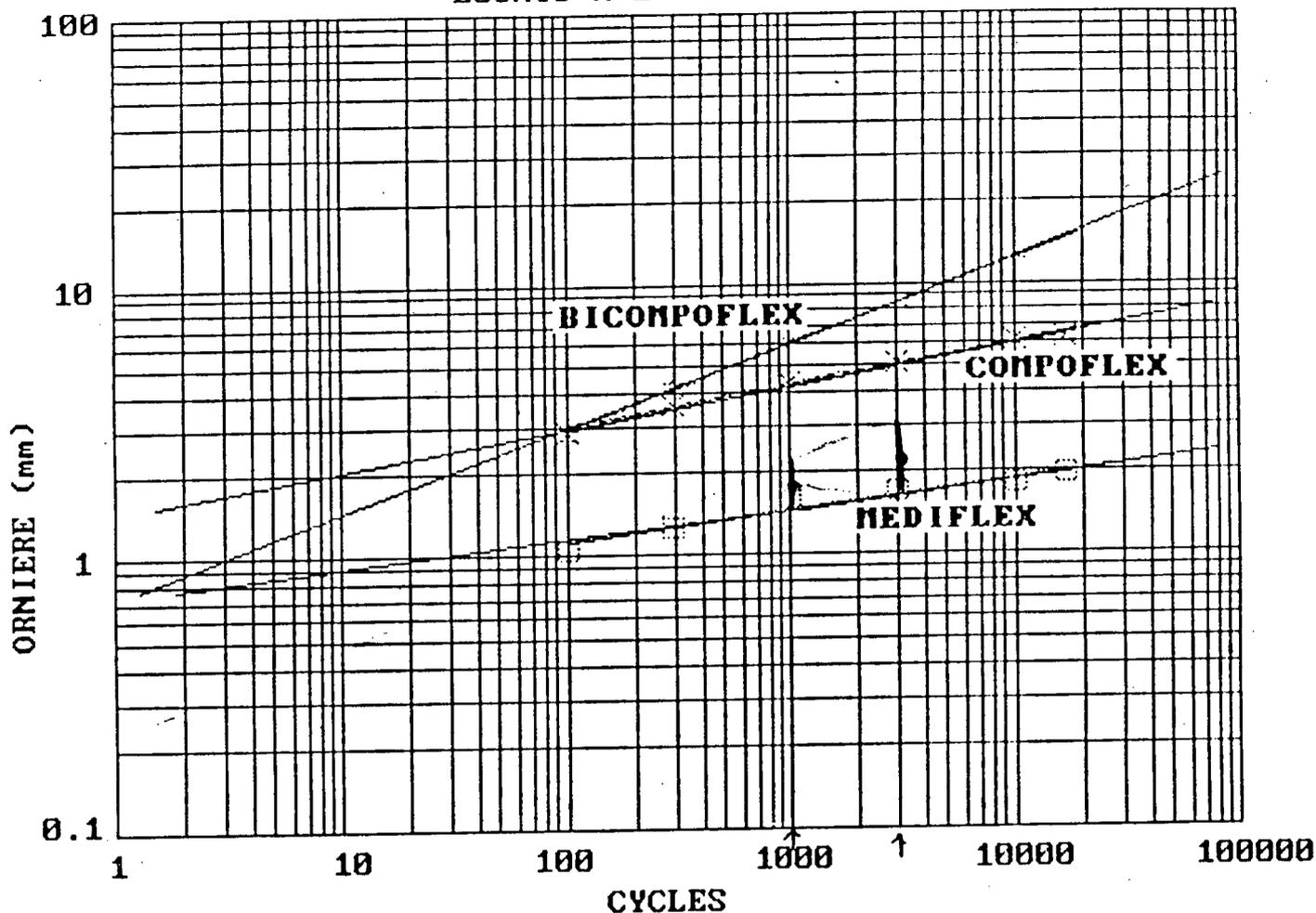
Préparé par: Pierre Langlois, ing.  
Chef - Section Expertises en mélanges bitumineux



Sainte-Foy, le 21 février 1991.

**FIGURE 1**  
**MEDIFLEX-COMPOFLEX-BICOMPOFLEX**  
**ESSAIS A L'ORNIEREUR**

( Individuels )



CONDITIONS DES ESSAIS: EPROUVETTES DE 100 mm (épaisseur).  
TEMPERATURE DE 60 °C .  
FIN DES ESSAIS A 17000 CYCLES.

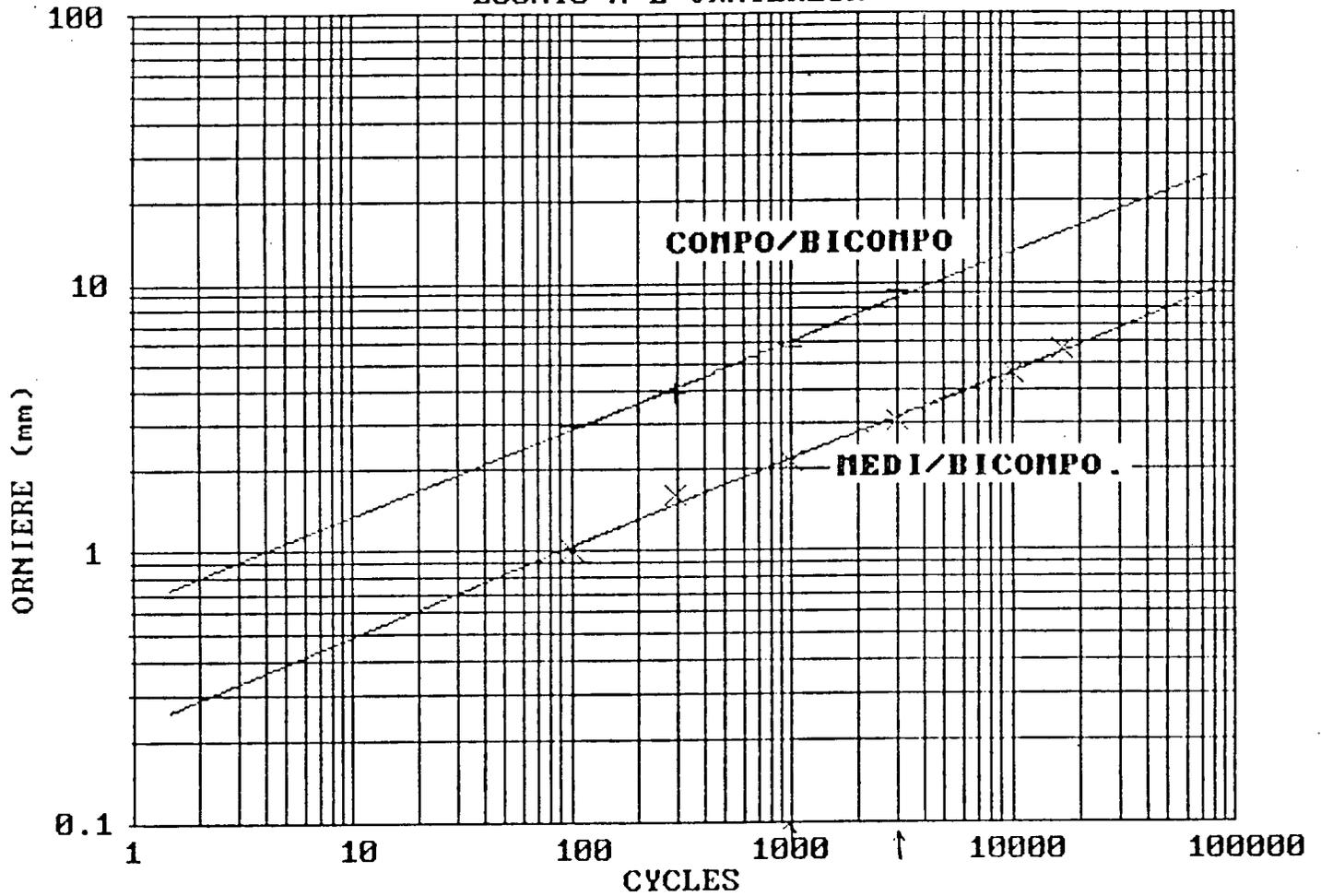
EVOLUTION DES ORNIERES			
ENROBES	PENTES	R <sup>2</sup>	ORN. (30000 cycles)
MEDIFLEX	0.117	0.96	2.17 mm
COMPOFLEX	0.153	0.99	7.21 mm
BICOMPOFLEX	0.319	0.99	17.73 mm



**FIGURE 2**

**MEDIFLEX-COMPOFLEX-BICOMPOFLEX  
 ESSAIS A L'ORNIEREUR**

(Superposés)



CONDITIONS DES ESSAIS : TEMPERATURE DE 60 °C.  
 MEDIFLEX: 28 mm BICOMPOFLEX: 20 mm  
 COMPOFLEX: 30mm BICOMPOFLEX: 20 mm  
 MED/BICOMPO: 17000 cycles  
 COMPO/BICOMPO: 10000 CYCLES

EVOLUTION DES ORNIERES			
ENROBES	PENTES	R <sup>2</sup>	ORN. (30000 cycles)
MEDIFLEX BICOMPOFLEX	0.327	0.99	6.7 mm
COMPOFLEX BICOMPOFLEX	0.334	0.99	19.0 mm



ANNEXE D

PROGRAMME D'AUSCULTATION



Québec, le 13 juin 1989

Aux : Comités des projets pilotes de nouveaux mélanges

Du : Service des sols et chaussées

**OBJET: PROJETS PILOTES:NOUVEAUX MELANGES BITUMINEUX-SAISONS 89  
PROGRAMME DE RELEVES VISUELS ET AUSCULTATION  
N/Ref.: 389(31)89**

---

### **I) INTRODUCTION**

Lors de la réunion du 12 mai 1989, qui a eu lieu à la place de la Haute-Ville au 23ième étage, le comité d'étude des projets en titre composé des représentants de la D.G.O., Service d'assurance qualité du laboratoire central, ont demandé au service des sols et chaussées de préparer un programme d'auscultation des sites (100 km au total, réparti sur quatorze (14) sites à travers la province) dans le plus bref délai. Pendant la même réunion, il nous a été demandé de présenter un programme jugé indispensable pour mener de façon concluante ces projets. Parallèlement, en raison du très bref délai qui nous sépare entre le début des travaux et le début de la prise des relevés sur le terrain, le comité désire avoir un autre programme avec le minimum d'auscultation requis. (voir le compte rendu du 12 mai 1989)

### **II) OBJECTIFS DES PROJETS**

En vu de préparer un programme approprié d'auscultation et de relevé sur le site, nous avons demandé le devis spécial et les objectifs des projets. A date, nous n'avons pas reçu un tel document. Cependant, la liste des projets et les lieux des sites nous ont été communiqués avec la granulométrie des mélanges conçus (MB12.5, MB16 et MB20). Selon le comité, il s'agit d'étudier la faisabilité (au sens de la préparation et la pose) et la performance des nouveaux mélanges bitumineux versus l'ornièrre de fluage et des fissures thermiques en particulier.

### **III) PLAN DE LOCALISATION**

A partir de la liste des projets et des plans de localisation qui nous ont été fournis par la D.G.O., nous avons dressé un plan d'ensemble pour visualiser la répartition des quatorze sites prédéterminés. On constate que les sites présentent une dispersion considérable. Cette dispersion peut favoriser l'étude de l'effet de la disparité régionale sur les mélanges expérimentaux mais en même temps va créer de multiples contraintes telles que:

- D'ordre économique en ce qui concerne les visites, les essais, les relevés, etc.
- La non-uniformité des relevés et des observations en raison d'implication des différents observateurs.
- La nature du trafic en ce qui concerne sa charge, son nombre, sa vitesse d'écoulement et ses variations dans le temps et l'espace.
- La diversité du comportement structural actuel des routes sur lesquelles les mélanges ont été posés, de même que la variété de leur géométrie, du drainage, de leur géologie, de leur topographie et de hydrogéologie, etc.
- Les conditions environnementales et climatiques variées comme par exemple la température, l'exposition de la chaussée au soleil, à l'ombrage, etc.

#### **IV) ELEMENT DE PROGRAMME D'AUSCULTATION ET RELEVES**

La performance des nouveaux mélanges versus les ornières et les fissures transversales est l'objectif principal du projet. Cependant, nous sommes d'avis que compte tenu l'envergure du projet et en vue d'arriver à des résultats cohérents et concluants dans l'analyse des causes et effets, il est indispensable de procéder à des auscultations de certains paramètres et données, essentiels à l'étude des phénomènes visés. Tout ceci se déroulera dans le cadre d'un programme bien structuré, tel qu'il a été souligné lors de la réunion du 12 mai dernier. Ces relevés devront être effectués en trois étapes. Ces dernières sont présentées au tableau en annexe, et brièvement décrites ci-après: avant la pose, après la pose et à court terme, après la pose et à long terme.

##### **1) Relevés visuels**

###### **a) Ornières**

Le comportement des mélanges à l'orniérage de fluage a été fixé comme premier objectif. Ce type d'ornière est caractérisé par un rayon de courbure variable avec une texture dont l'aspect est généralement riche en bitume. Elles sont parfois multiples avec une sorte de bourrelet de part et d'autre de la trace des roues. Sous le trafic lourd, elles peuvent apparaître particulièrement pendant la période chaude, aux endroits en pente, dans les courbes et aux endroits où une vitesse faible favorise leur apparition.

Il est important de ne pas confondre ce genre d'ornières avec les deux autres types; les ornières de portance et les ornières d'usure de la surface de roulement. Les ornières d'usure ont souvent un rayon de courbure très restreint et une période d'apparition hivernale (pneu à crampon) ou pendant la période d'achalandage.

Les ornières de portance sont très répandues, elles ont un grand rayon de courbure et une forme très évasée accompagnée de fissures polygonales en petites mailles. Leur profondeur peut aller de quelques millimètres jusqu'à quelques centimètres. Le printemps, après le dégel (mars, avril, mai), c'est la période la plus favorable pour l'apparition de ces types de dégradation. Etant donné que les ornières observées peuvent être une combinaison des deux ou des trois types mentionnés, il est important que les relevés soient faits par des personnes bien expérimentées. Un relevé du profil transversal par transversoprofilographe peut faciliter davantage la distinction du type d'ornière. Les relevés de portance au besoin permettront de savoir d'avance si le secteur est favorable à la formation des ornières de portance. Ce genre de confirmation peut être fait à l'aide d'autres moyens tels que sondages mécaniques et identification des sols de la structure en place.

La profondeur des ornières sera mesurée avec un bâton de 120 centimètres de long (standard international). Ceci permettra l'uniformisation des relevés. Les ornières peuvent être mesurées dans toutes les voies et dans toutes les directions à un intervalle de cent mètres ou chaque fois qu'il y a un changement considérable de forme ou de profondeur.

#### b) Fissures thermiques

L'examen de la performance des nouveaux mélanges aux fissures transversales (fissures de retrait ou fissures thermiques) est un autre objectif de ce projet. Il est primordial d'effectuer un relevé précis et détaillé de ces dégradations sur tout le secteur étudié ou dans les tronçons témoins. Ces relevés permettront entre autre de vérifier s'il y a une réflexion des anciennes fissures sur le nouveau mélange.

De plus, en vue de déceler la contribution des fissures polygonales existantes et leur réflexion sur le nouveau revêtement, le relevé de ce type de dégradation s'avère nécessaire surtout si le revêtement en contient un nombre considérable.

Il est aussi à propos de déterminer pour chaque sites le degré de gélivité des fondations, du sol en place et son impact sur l'intensité des fissures thermiques apparaissant sur le nouveau mélange. Une telle étude peut être réalisée pour le comportement hivernal de la chaussée de même que des sondages et des essais au laboratoire des échantillons des sols.

Ces prospections faciliteront progressivement l'étude comparative du comportement des mélanges dans différents sites en ce qui a trait à la sensibilité aux fissures thermiques.

Il est à noter que selon l'envergure des fissures sur les revêtements en place, on peut se servir des formules de relevés déjà existantes aux services des sols ou des vidéos et photos.

Dans la mesure du possible, on peut laisser quelques centimètres de la bordure de l'ancien revêtement à découvert pour marquer certaines indications concernant les anciennes dégradations.

### c) Aspect général

A titre d'aspect général, nous voulons compiler tous les éléments de relevés visuels qui peuvent affecter d'une façon ou d'une autre la fissuration et l'orniérage du futur revêtement, tels que le profil longitudinal (pente, courbe, orientation, etc.), et le profil transversal (devers, coupe rocheuse, etc.).

### 2) Glissance

L'antidérapance du nouveau mélange sera mesurée immédiatement après la pose avec l'appareil SCRIM. Des essais relatifs à l'examen de la texture de surface, la prise des photos dont des photos stéréoscopiques seront aussi effectuées.

### 3) Portance

Etant donné la faible portance et surtout que la déficience structurale des couches supérieures des fondations a été identifiée comme une cause principale des ornières de portance, le relevé (de préférence avant la pose du nouveau mélange) permettra de distinguer la nature de l'ornière ou d'évaluer la contribution de la faible portance sur le phénomène.

L'utilisation du DYNAFLECT permettra la localisation de la faiblesse structurale sur la stratigraphie de la chaussée même. Les résultats de déflectométrie faciliteront grandement la comparaison des résultats du comportement des différents mélanges dans les différents sites.

### 4) Trafic

Quelque soit le type d'ornière, le trafic, particulièrement le trafic lourd, est une cause déterminante d'orniérage. La nature du trafic (densité, % de trafic lourd, etc.) doit être déterminée avec le plus de précision possible. La variation de la densité du trafic lourd au printemps et dans la période de chaleur affecte l'évolution des ornières de portance puis celles de fluage simultanément. Les résultats des relevés de la température du pavage, des tubes de gel et des piézomètres doivent être mis en corrélation avec le trafic et l'évolution des ornières à certains endroits.

## 5) Température

En plus des données de température des stations météorologiques, on doit relever la température représentative de chaque site pendant l'été et surtout pendant la période de chaleur, ainsi que la température du pavage. Cette dernière peut être compilée à partir d'une température plus grande ou égale à 30 degrés Celcius.

## 6) Profilométrie

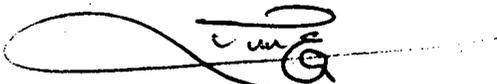
Le relevé de profilométrie MAYS d'hiver et d'été et leur comparaison peut renseigner sur le degré de gélivité de chaque site. Cette information permettra d'identifier la cause des fissures provoquées par le soulèvement de la chaussée à celles provoquées par le retrait simple du revêtement. Dans certains cas, un sondage mécanique peut davantage faciliter l'analyse et l'interprétation des données.

## 7) Sondage mécanique

A long terme, l'analyse de certaines données peut nécessiter la connaissance plus précise et plus détaillée des structures, des épaisseurs et de la nature des sols en place. Dans de pareils cas, l'exécution de certains sondages mécaniques dans des points stratégiques peut apporter des renseignements très utiles. A l'occasion, on peut aussi procéder à l'installation des piézomètres et de gélmètres au besoin.

## V) CONCLUSION

Pour terminer, il convient de souligner qu'en raison d'un effectif restreint dont nous disposons pour la réalisation de nos mandats quotidiens et le peu de temps qu'il nous reste pour exécuter le programme d'auscultation, l'engagement d'un technicien pour prendre en main immédiatement les travaux en cours sur les routes s'avère nécessaire. En attendant, il faut choisir les solutions appropriées parmi lesquelles ont été discutées et proposées lors de la réunion du 1er juin 1989; elles feront l'objet d'un compte rendu.



Aziz Amiri, ing.  
Division Structures de chaussées  
Service des sols et chaussées  
200 Dorchester Sud, 4e étage  
Québec G1K 5Z1

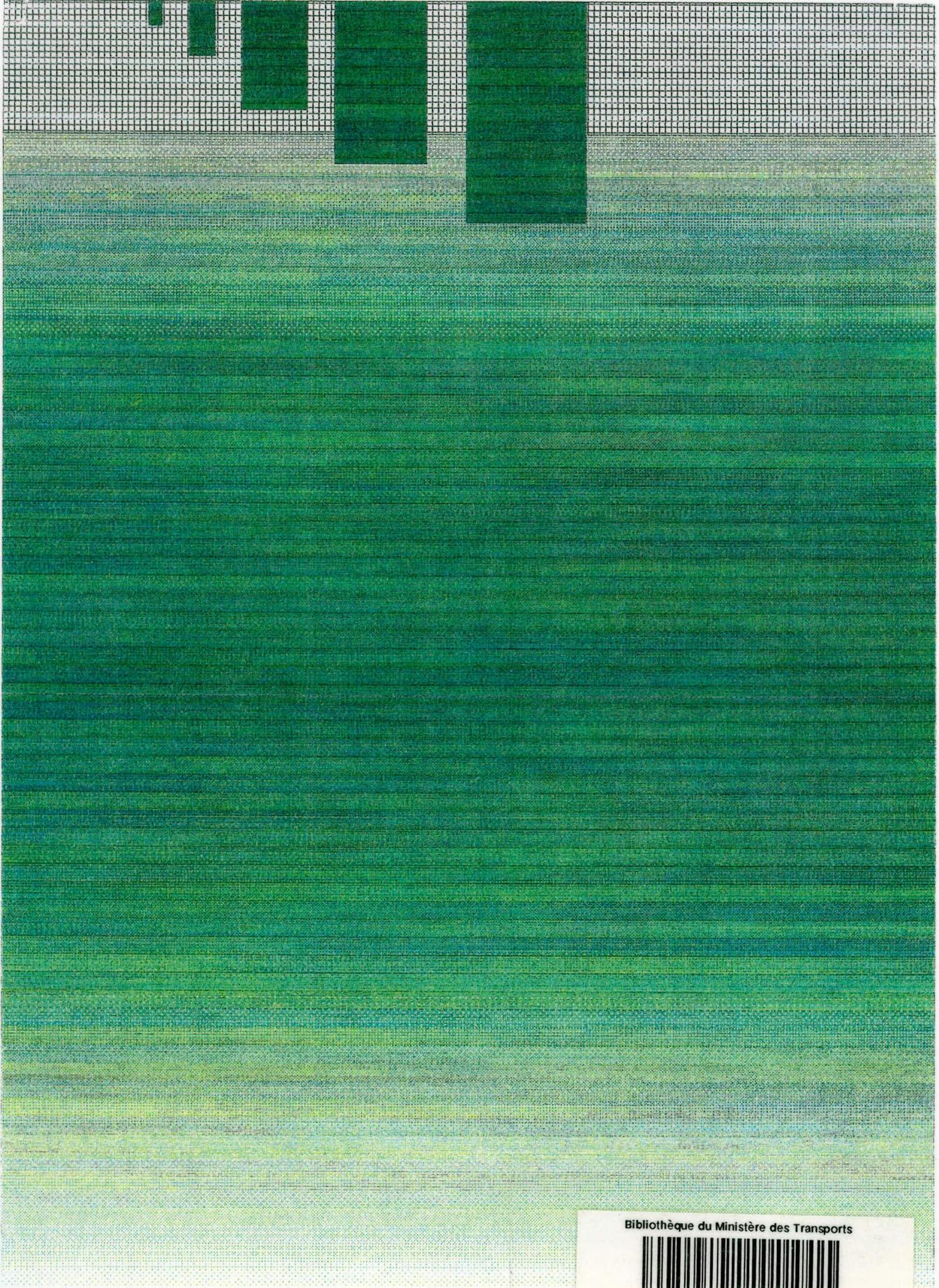
AA/hg

c.c.: MM Pierre De Montigny, ing.,  
Lionel Dufour, ing.  
Paul-A. Brochu, ing.

**PROJET PILOTE-NOUVEAUX MELANGES BITUMINEUX-BAISON 1989**  
 Programme d'auscultation et relevés sur les sites

Auscultations et relevés	Cycle des essais			Remarques
	avant la pose	après la pose		
		court terme	long terme	
<b>1) RELEVÉ VISUEL</b> <b>A) Ornières</b> a) Fluage b) Portance c) Usure  <b>B) Fissures</b> a) Transversales b) Polygonnales .Grande maille .Petite maille  <b>C) Aspect général</b> (géométrie, topo., drainage, etc...)	1 F		3 F/an	Seront effectués à la grandeur du site. Dans les secteurs témoins, le relevé sera plus détaillé: fluage principalement, genre d'ornière, profondeur, profil transversal au besoin, nombre de fissure, ouverture.
	1 F		1 F/an	
	1 F		1 F/an	
<b>2) GLISSANCE (SCRIM)</b>		1 F	1 F/an	Dans chaque voie + les essais. Intervalle 50 m sur les secteurs témoins, 100 m pour le reste, dans les traces de roues. Sera mesuré sur le pavage, dans la période de chaleur (juin, juillet). Etude comparative pour identifier les sites sensibles au gel. Au besoin sur certains sites et dans des points stratégiques.
<b>3) PORTANCE (DYNAFLECT)</b>	1 F			
<b>4) TRAFIC (LOURD)</b>		cumulé	cumulé	
<b>5) TEMPERATURE (ENVIRON. ENSOLEI.)</b>		T 30 C	T 30 C	
<b>6) PROFILOMETRIE (ETE/HIVER)</b>		1 F	2 F/5ans	
<b>7) SONDAGES MECANIQUES (POSE DE TUBE DE GEL ET DE PIEZOMETRE)</b>			1 F	

1 F/an : une fois par année  
 2 F/5ans : deux fois sur 5 ans



Bibliothèque du Ministère des Transports  
  
QTR A 022 995