

ÉTUDES ET
RECHERCHES
EN TRANSPORTS



STABILISATION EN PLACE À L'ÉMULSION APRÈS DÉCOHÉSIONNEMENT

AZIZ AMIRI
PIERRE LEFRANÇOIS

TECHNOLOGIE
ET INSTRUMENTATION



CANQ
TR
GE
SM
105

Québec

288622

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
700, BOUL. HENRI-LÉVESQUE EST,
22^e ÉTAPE
QUÉBEC (QUÉBEC) - CANADA
G1R 5H1

STABILISATION EN PLACE À L'ÉMULSION

APRÈS DÉCOHÉSIONNEMENT

ROUTE 220, SAINT-ÉLIE D'ORFORD EN ESTRIE

préparé par :

Aziz Amiri, dr. ing.

Pierre Lefrançois, t.t.p.

DOR-CEN-MON

CANQ
TR
GE
SM
105

Dépôt légal - Bibliothèque nationale de Québec, 1993
2-550-27968-9



Titre et sous-titre du rapport Stabilisation en place à l'émulsion après décohéssionnement				N° du rapport Transports Québec RTQ-93-06		
				Rapport d'étape <input checked="" type="checkbox"/> An 93-03-27 Mois Jour		
				Rapport final <input type="checkbox"/>		
				N° du contrat (RRDD-AA-CCXX)		
Auteur(s) du rapport Aziz Amiri et Pierre Lefrançois			Date du début d'étude 90-07-17		Date de fin d'étude 95-07-17	
Chargé de projet Aziz Amiri			Coût de l'étude			
Etude ou recherche réalisée par (nom et adresse de l'organisme) Service des sols et chaussées 200, rue Dorchester Sud 4e étage Québec (Québec) G1K 5Z1			Etude ou recherche financée par (nom et adresse de l'organisme) Ministère des Transports du Québec 700, boul. René-Lévesque Est Québec (Québec) G1R 5H1			
But de l'étude, recherche et renseignements supplémentaires Les buts de l'étude sont de : contribuer efficacement au développement et à l'amélioration de la technologie des stabilisations et son adaptation à nos conditions économiques et environnementales permettant un choix approprié de l'axe routier selon les critères préétablis; recommander une formulation optimum et un dimensionnement rationnel, afin de maximiser la viabilité et le rendement; contribuer à la rédaction des normes, guides et devis spécifiques en vue de vulgariser ce mode de réfection.						
Résumé du rapport Pour faire suite à la priorisation de la réfection des chaussées flexibles par le MTQ, dans le respect de l'environnement et le contexte économique actuel, le document décrit ce procédé comme une option viable pour la remise en état de nombreux axes routiers affectés par les dégradations de surface et aux déficiences limitées dans leur fondation supérieure. Il s'appuie sur les résultats de suivi de ce premier projet pilote du Ministère. Par une analyse exhaustive de causes et effets, l'étude essaie de fixer une portance limite, un volume maximum de circulation, la gélivité, comme des critères d'une sélection judicieuse des tronçons à traiter. Elle identifie la teneur en eau, l'uniformité de répartition du liant, la compacité, la granularité, la planéité de la surface stabilisée, le liant d'accrochage et l'étanchéité de la surface de roulement de même que la belle température lors des travaux comme des éléments de garantie du succès de l'intervention. Le lecteur y trouve les étapes d'une étude de faisabilité où l'accent est mis sur l'identification des secteurs homogènes selon les propriétés et la performance des éléments de la structure en place, du milieu physique et le contexte d'exploitation, tout en insistant sur une formulation appropriée et un dimensionnement rationnel par secteur. En l'absence d'essais préalables <i>in situ</i> et en laboratoire, souvent longs et coûteux, on essaie par une analyse détaillée des bassins de déflexion, fournis par les relevés non destructifs <i>Dynalect</i> , d'identifier les paramètres de cure et recommander l'exécution des travaux tôt au printemps afin d'accélérer la cure par l'accumulation d'un indice de chaleur maximum possible. À l'appui d'une interprétation méticuleuse des photos aériennes on met en évidence l'impact de la géologie et de la géomorphologie du tracé par l'entremise des conditions du drainage, la percolation d'eau de même que l'ensoleillement ou l'ombrage du site. Fondé sur les résultats de plus de deux ans de suivi de comportement fonctionnel et structurel, cette recherche trace un bilan encourageant et prometteur du procédé. On enregistre pour la chaussée un gain moyen de 25 % de la portance et 50 % d'amélioration de l'indice de confort. On note également une disparition du patron des anciennes fissures et des ornières grâce à l'homogénéisation, l'uniformisation et l'apport structurant à une fondation hétérogène, anisotrope et contaminée, aux propriétés physico-mécaniques et structurelles pauvres. Le lecteur y trouvera également une illustration des dégradations types ponctuelles accompagnées d'une analyse détaillée de causes et effets.						
Nbre de pages 46	Nbre de photos 30	Nbre de figures 16	Nbre de tableaux 2	Nbre de références bibliographiques	Langue du document <input checked="" type="checkbox"/> Français <input type="checkbox"/> Anglais	Autre (spécifier)
Mots-clés Bassin de déflexion; bitume; chaussée flexible; CMS-2; décohéssionnement; déflexion; DMD; <i>Dynalect</i> ; émulsion; fissures; FWD; homogénéité; IC; indice de confort; IRI; la cure; liant d'accrochage; l'uni; Mays; ornière; portance; PCG; PSI; régénérant; RS-1; SCI; stabilisation; uniformité.				Autorisation de diffusion <input checked="" type="checkbox"/> Diffusion autorisée <input type="checkbox"/> Diffusion interdite		
				Signature du directeur général <i>Léon Hise</i>		Date 93/06/15

TABLE DES MATIERES

	<u>PAGE</u>
I- HISTORIQUE	1
II- PROBLÉMATIQUE	1
III- OBJECTIF	2
IV- LE BUT	2
V- CARACTÉRISTIQUES DU SITE	3
VI- LA NATURE DE L'INTERVENTION	4
VII- MÉTHODE DE SUIVI	5
.1 Avant l'intervention	6
.2 Pendant l'intervention	6
.3 Depuis la mise en service	7
VIII- ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES DONNÉES	7
A- L'état initial de la chaussée et l'examen de faisabilité	7
B- Les problèmes observés lors des travaux	8
C- Les résultats du suivi de l'évolution chronologique du comportement structurel	9
.1 La fissuration	9
.2 L'orniérage	10
.3 La profilométrie, la texture et l'uni de surface	11

TABLE DES MATIERES (SUITE)

	<u>PAGE</u>
.4 La portance	12
.5 La cure	13
.6 Analyse des bassins de déflexion vs la cure	14
.7 La viabilité ou PSI (Present Servi- ceability Index)	16
.8 Les impacts des conditions géologiques et géomorphologiques	16
 IX- CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	 18
 LEXIQUE ET ABRÉVIATIONS	
 ANNEXE "A": Les éléments et étapes d'un projet de stabilisation après décohesionnement.	
 ANNEXE "B": Exemples des premières démarches de stabilisation des sols au ciment au Québec.	
 ANNEXE "C": La recommandation d'un liant d'accrochage.	
 ANNEXE "D": Estimation de la "PSI" par l'introduction des résultats de mays au lieu de "TRI" (SHRP-1992)	

I- HISTORIQUE

D'après la littérature, l'idée de stabilisation des fondations routières est aussi vieille que le réseau routier lui-même. Au Québec dans les années 60, l'inévitable fissuration thermique a laissé passer les déglacants et l'eau lors de l'entretien d'hiver jusqu'à la superstructure traitée à cette époque au liant hydraulique provoquant ainsi la corrosion et la désintégration de cette couche par altération, aboutissant à des ramifications progressives des dégradations. Ceci a mis fin aux démarches de stabilisation qui venaient à peine d'être amorcées il y a plus de deux décennies (voir annexe "B").

En 1990, le comité ministériel de la stabilisation, dans le respect de l'environnement et dans le contexte économique actuel, conseillait au MTQ de considérer la stabilisation par les produits hydrocarbonés comme un mode de remise en état viable pour solutionner les problèmes de certaines catégories de route de notre réseau. En effet, l'expérience de quelques municipalités québécoises venait confirmer la non-susceptibilité des couches ainsi traitées à l'altération et la réversibilité de certaines déformations hivernales habituelles grâce à la flexibilité et au module relativement bas de ces couches traitées au bitume comparé au comportement hivernal irréversible des couches traitées au ciment auparavant.

II- PROBLÉMATIQUE

L'examen d'une multitude de dossiers de réfection ces dernières années au MTQ ont démontré qu'elles ne sont pas rares les routes à travers le réseau, qui tout en ayant une assiette acceptable et une infrastructure stable, affichent certains défauts situés dans la partie supérieure de leur superstructure et de leur revêtement. Au fil des années, les interactions entre le vieillissement, l'oxydation, la fatigue, la fissuration et l'orniérage du

revêtement d'une part, la déformation et la perte saisonnière de portance de la fondation supérieure d'autre part, ont abouti à des détériorations de la performance fonctionnelle du réseau aux yeux des usagers et à l'appauvrissement de ses propriétés structurelles au point de vue des experts en route.

Le tronçon sous étude de la route 220 en est un cas représentatif ayant ce genre de problème.

III- OBJECTIF

La présente étude a pour mandat d'effectuer des relevés, observations, auscultations et essais selon un programme de suivi préétabli visant à synchroniser ces activités afin d'identifier et reconnaître les caractéristiques fonctionnelles et structurelles du tronçon en place avant intervention.

Suivre les étapes de conception, mise en place et par la suite les comportements structurels et fonctionnels à court, moyen et long terme afin d'établir des corrélations entre les résultats de ces observations d'une part, l'impact du volume de circulation, des conditions climatiques et du milieu physique d'autre part.

Effectuer des analyses et interprétations de causes et effets afin d'en tirer des conclusions et faire les recommandations qui s'imposent.

IV- LE BUT

Contribuer efficacement au développement et à l'amélioration de la technologie de la stabilisation après décohesionnement, adaptée à nos conditions économiques et environnementales permettant:

- un choix approprié de l'axe routier selon des critères préétablis;
- une conception rationnelle et optimisée, afin de maximiser la viabilité et le rendement;
- une contribution efficace à la rédaction des normes, guides et devis spécifiques.

Ces objectifs et buts, s'inscrivent dans le cadre des priorités du MTQ et l'importance que ce dernier attribue présentement au chapitre de l'entretien et de la remise en état des structures existantes.

V- CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Le tronçon consiste en 8,30 km de la route 220 avec deux voies de circulation de 6,50 m de large et deux accotements de 2 m situés dans une zone semi-rurale donnant accès à plusieurs développements domiciliaires adjacents (figure 1).

Initialement en gravier, la route fut pavée dans les années 1970-73. En 1982 elle a été recouverte d'un traitement de surface, lequel était en service jusqu'à l'automne 1990 date de la stabilisation faisant l'objet du présent rapport (figure 10).

Le volume de circulation y est de 1100 (JMA) avec 9% de véhicules lourds dans le secteur situé à l'ouest de son intersection avec la route 249. Tandis qu'à l'est son débit est de 3300 (JMA) avec environ 11% de véhicules lourds.

La surface de roulement était très fissurée où on rapporte des ornières de 50 mm de profondeur accompagnées de carrelage généralisé, de fréquentes lézardes et de profil transversal déformé (photos #1, 5, 6, 9, 13, 19, 21, 23, 27, 31, 37, 43, 57 et 79).

Selon les résultats d'analyse, la fondation supérieure était composée en moyenne de 33% passant le tamis 5 mm et de 8,5% passant le tamis 80 µm. Le terrain naturel a une pente N-S plus ou moins forte qui s'accroît d'est en ouest.

Le tracé est plus accidenté vers l'ouest où la route traverse quelques coupes rocheuses et pentes abruptes. La voie en direction ouest adjacente au flanc coteau, est affectée par l'écoulement de surface provenant du versant nord (photos #61 à 67).

VI- LA NATURE DE L'INTERVENTION

Elle consiste en des travaux effectués en régie par le MTQ avec la collaboration de la firme "TALON SÉBEC INC." entre le 21 août et le 18 septembre 1990.

L'opération consistait à décohesionner le pavage existant ayant une épaisseur variant de 75 à 110 mm, en le malaxant avec une épaisseur équivalente de gravier de la fondation supérieure et en stabilisant ce mélange sur une épaisseur théorique de 100 mm (50/50) à l'aide d'une émulsion de type CMS-2 cationique fournie par "Bakelite thermodurcis Ltée".

Le taux du bitume résiduel avait été fixé à 4,2% après stabilisation selon les résultats d'essai au laboratoire. Ainsi, le taux moyen de bitume posé était de 7,74 l/m² et le bitume résiduel moyen était de 3,57%. Ceci en raison de l'épaisseur réelle stabilisée de 115 mm au lieu de 100 mm d'épaisseur nominale.

Les travaux de compactage ont été effectués en deux étapes. Des travaux de mise en forme et de densification sommaire à l'aide d'un compacteur à pneus multiples ou d'un rouleau statique furent exécutés immédiatement après le décohesionnement. Il y a eu des arrosages fréquents de la surface.

Le compactage final après l'ajout d'émulsion a été effectué avec un rouleau dynamique (3 à 4 passes) pour atteindre 96% de la masse volumique maximale établie en laboratoire.

Le temps de cure de la surface stabilisée avant pavage fut de deux à huit jours.

Pour réparer les dommages de la surface stabilisée tel que l'apparition de nids de poule, on a dû repulvériser sur 25 mm de profondeur et refaire la mise en forme, et aux endroits où il y avait seulement quelques trous, ils ont été réparés avec de l'enrobé bitumineux préparé à chaud et rapiécés manuellement.

Afin d'assurer le monolithisme de la couche de roulement et de la couche de base traitée en vue de prévenir le décollement et la fatigue prématurée, nous avons recommandé l'utilisation d'un liant d'accrochage (voir la lettre adressée au bureau régional; annexe "C") aux propriétés et taux de pose appropriés. Un bitume du type RS-1 a été appliqué dans le secteur situé entre le kilométrage 0+500 à 1+500. Huit heures après son application le curage n'était toujours pas complété selon le S.A.Q., ce qui a eu pour conséquence que le bitume s'est enroulé aux pneus des camions.

La circulation a été maintenue pendant l'ensemble des opérations. Cependant par temps pluvieux la surface stabilisée était sujette à se dégrader, permettant ainsi l'apparition d'arrachement, de nids de poule et la dégradation de l'uni à certains endroits (photos #52 et 64).

VII- MÉTHODE DE SUIVI

Les travaux de suivi réalisés entre juin 1990 et décembre 1992 peuvent être divisés entre les étapes suivantes:

1) Avant l'intervention

Ces travaux font partie de l'étude et de l'identification préliminaire afin d'examiner la faisabilité du projet. Ils visaient principalement en un diagnostic du comportement de la structure en place à savoir:

- Des relevés visuels, prise de photos, vidéo, interprétation des photos aériennes pour décrire les dégradations et les conditions environnementales en fonction du kilométrage;
- Des relevés de profilométrie Mays pour évaluer l'indice et la qualité de roulement;
- Des relevés de déflectométrie Dynaflect pour calculer la portance et ses variations dans le temps et l'espace.

2) Pendant l'intervention

Ils consistaient en des observations par des relevés visuels, prise de photos et vidéo pendant le décohesionnement, la mise en forme, le précompactage, la repulvérisation, l'ajout d'émulsion, le malaxage et le recompactage.

Un relevé dynaflect a été effectué directement sur la surface stabilisée avant la pose de l'enrobé. La stabilisation a été reprise dans des zones endommagées par la circulation pendant la pluie en particulier. A certains endroits, la planéité et l'uni de surface ont été assurés par la pose manuelle de mélange bitumineux à chaud. Ces opérations ont été suivies par la pose d'un revêtement bitumineux de type MB-16 et MB-20 tels qu'ils apparaissent sur la figure 2.

3) Depuis la mise en service

Ces observations échelonnées au moins jusqu'en 1995 consistent en:

- Des relevés visuels périodiques et saisonniers pour décrire les comportements de la chaussée sous les impacts de la circulation, les conditions climatiques, environnementales et l'entretien d'hiver;
- Des relevés may's d'été et d'hiver pour décrire l'évolution du profil longitudinal et transversal dans le temps et l'espace;
- Carottages dans des points stratégiques pour évaluer l'épaisseur de l'enrobé, sa liaison avec la couche de base, la récupérabilité de cette dernière reliée à son mûrissement (la cure) dans le temps et l'espace;
- Tranchées d'exploration et l'échantillonnage pour un examen stratigraphique détaillés et précis;
- Consultation avec le journal de chantier et autres données auprès des intervenants tels que: S.A.Q., district 36, entrepreneur, etc.;
- Les relevés dynaflect et F.W.D. ("Falling Weight Deflectometer") afin de suivre l'évolution de la portance en relation avec la cure de la couche stabilisée, le module et la capacité structurante de cette dernière en particulier.

VIII- ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES DONNÉES

A) L'état initial de la chaussée et l'examen de faisabilité

Le temps restreint entre l'approbation et la réalisation du projet a considérablement raccourci et même diminué les étapes tels que: les sondages mécaniques, identification des épaisseurs et propriétés physico-mécaniques des éléments structurels, etc.. Notre évaluation et jugement à cette étape étaient fondés sur nos relevés visuels et essais non destructifs.

Les types de dégradations de surface indiquaient l'origine généralement superficielle de ces défauts (photos #9, 13, 19, 21, 23, 27, 31, 37, 43, 57 et 79).

Les relevés de portance dynaflect corroboraient les résultats des observations visuelles. La chaussée affichait une portance variable mais très satisfaisante pour le volume de circulation (surdimensionnée, voir figure 5).

Ces renseignements même restreints indiquaient l'admissibilité du tronçon pour une stabilisation après décohesionnement. Cependant quelques secteurs démontraient des indices de soulèvement hivernal en raison de l'absence de transitions adéquates aux endroits de changement de sols (photos #1, 5, 6, 62, 63 et 67).

B) Les problèmes observés lors des travaux

- Le gravier bitumineux concassé (G.B.C.) affichait une granularité hétérogène par endroit allant jusqu'à 200 mm de diamètre (photos #53, 56 et 57). Une uniformisation s'imposait donc lors de la stabilisation et avant le compactage final;
- A certains endroits, la pluie pendant les travaux avait apporté un excédent d'humidité donnant un aspect vaseux au matériau lors du compactage (photos #73 et 78);
- A basse température, il y a eu certaines difficultés de dispersion uniforme de l'émulsion exigeant un changement de viscosité. Un tel phénomène peut provoquer des déficiences ponctuelles de la capacité de support. Suite à cela des hétérogénéités du degré de compactage ont été repérées à des endroits;
- Des déformations et de la ségrégation ont été provoquées en surface de la couche de base par le trafic par temps pluvieux pouvant nuire à la liaison et à l'uniformité de l'épaisseur du revêtement;

- L'absence d'équipements de pose et leur configuration inadéquate sur le chantier de même que l'incompatibilité du liant d'accrochage ont conduit à l'échec de ces essais;
- La stabilisation des matériaux n'a pas atteint toute l'épaisseur décohésionnée, laissant ainsi une zone de faiblesse remaniée et hétérogène, dans l'interface favorisant une libre déformation latérale des couches supérieures.

Face à certains problèmes énumérés, des solutions palliatives ont été mises en application telles que: la repulvérisation ponctuelle (photo #60), la correction de l'uni de surface par un enrobé classique.

Dans le cas du liant d'accrochage, il a été tout simplement éliminé des opérations.

Pour ce qui est de l'absence de planéité de la surface stabilisée, elle a provoqué une variation de 35 à 68 mm pour une épaisseur nominale de 60 mm pour l'enrobé MB-20. Ce dernier contenant parfois des granulats de plus de 25 mm de diamètre.

C) Les résultats du suivi de l'évolution chronologique du comportement structurel

1) La fissuration

Une amélioration radicale a été notée en ce qui a trait au patron de fissure de fatigue qui affectait la surface de l'ancien pavage d'une manière générale (photos #1 à 30, 37 à 46, 57 à 60 et 79 à 82).

Cependant, quelques fissures transversales et lézardes sont apparues dans des zones gélives en absence de transition adéquate et dans des conditions de drainage défavorables. Ajouter à ceux-ci des fissures longitudinales au C coïncidant avec les joints froids et la liaison longitudinale manquante entre les travées successives des couches stabilisées (photos #4, 20, 26, 28, 38, 39, 62 à 65 et 67 à 70). D'autres fissures ont été aperçues au dégel de même que des fissures longitudinales dans les traces des roues accompagnées des ornières mentionnées dans l'alinéa suivant.

2) L'orniérage

Selon nos relevés de décembre 1992, la profondeur d'ornière est en général; insignifiante (1 à 3 mm). Cependant à certains endroits, l'épaisseur critique de MB-20 (40 mm) conjuguée à des granulats ayant plus de 25 mm de diamètre ont provoqué le ramollissement par contamination, avant la cure de la couche de base, causant ainsi des ornières allant de 13 à 15 mm. Ces déformations ont été de plus accompagnées de fissures de fatigue.

Sur le même enrobé nous avons noté également du désenrobage et même de l'arrachement massif et le début d'un nid de poule (photos #95 à 100).

Lors de l'échantillonnage des matériaux par tranchée, la récupération des matériaux stabilisés était très difficile à ces endroits et ailleurs, en raison d'une cure inachevée après 8 mois. Selon les responsables du district 36, ces mêmes secteurs ont été sollicités dès le premier printemps par des transports lourds pendant la barrière de dégel.

3) La profilométrie, la texture et l'uni de surface

En absence de relevé mays d'hiver avant stabilisation, les relevés d'été avant et après stabilisation démontrent une amélioration moyenne de 50% pour les deux voies (entre 34 à 62%). On trouve aussi une amélioration d'environ 15 à 18% même si on compare les relevés d'hiver actuels avec les relevés d'été avant stabilisation (figure 12).

Par contre dans des secteurs gélifs à l'ouest, la route a perdu 50% de son indice mays pendant le premier hiver après stabilisation comparé à celui de l'été précédent (1991), sans toutefois que son indice soit descendu en bas de la limite admissible fixée pour de telle classe de route (tableau 2).

Ces améliorations sont attribuables en grande partie à la disparition des dégradations de la couche de roulement, à l'amélioration du profil longitudinal et transversal et de l'uni d'une part et à l'homogénéisation de la couche de base, de sa mise hors gel par l'introduction d'émulsion et de GBC, de même que par l'étanchéisation de la structure d'autre part.

A souligner que dans les secteurs gélifs aux kilométrages 1,0 à 2,0 et 5,0 à 6,0 on assiste à un rapprochement du roulement d'hiver au seuil d'admissibilité. Ce qui prouve l'inefficacité du procédé pour la mise hors gel des tronçons ayant des fondations ou infrastructures gélives ou des transitions inadéquates avec des conditions de drainage pauvre à l'endroit des changements de sol.

Les photos #22, 84 et 86 démontrent des déformations ponctuelles reliées à des contaminations provoquées par l'eau.

Pour ce qui est de la texture de surface, elle est satisfaisante sur le MB-16 en général mais extrêmement ouverte à certains points du MB-20 où le désenrobage et l'arrachement massif ont déjà amorcé un début de nid de poule (photos #97 à 100). De plus, il y a des endroits qui ont déjà subi un rapiéçage.

4) La portance

Les résultats des relevés de portance dynaflect effectués avant et après l'intervention et sur les matériaux stabilisés avant revêtement, apparaissent aux figures 5 et tableau 1. L'analyse comparative de ces résultats démontre une baisse à court terme de 16 et 23% de la portance dans la voie en direction est et ouest respectivement. Cette réduction temporaire de la portance est un des points culminants pour l'éligibilité du tronçon à une stabilisation à l'émulsion. Elle est causée en grande partie par le ramollissement de la couche de base après l'addition d'émulsion de même qu'en raison de la déflexion anormalement élevée d'un enrobé fraîchement posé. Des phénomènes difficiles à déceler avec précision, la contribution de l'un comparé à l'autre. Ces mêmes phénomènes pouvant être à l'origine de la vulnérabilité du tronçon face à la fatigue prématurée au cours des premières semaines après la mise en service. Il exige donc que la portance de la chaussée sélectionnée soit initialement supérieure à la portance minimum requise (surdimensionnement à faible déflexion).

La figure 5 et le tableau 1 démontrent également qu'après neuf (9) mois, la chaussée affiche un gain de 21 et 8% comparé à sa portance initiale dans les voies est et ouest respectivement.

Par ailleurs, selon les derniers relevés effectués en novembre 1992, la chaussée affiche toujours une portance à tendance croissante dans la voie est. Pour ce qui est de la voie ouest, certaines baisses ponctuelles peuvent être attribuables à la contamination par l'eau et le changement du profil hydrique de même que la fatigue du revêtement, le MB-20 en particulier.

Des études comparatives mettant en compétition la stabilisation à l'émulsion et au bitume moussé (Autoroute 55 à l'Estrie) démontreront l'évolution chronologique comparative des deux produits à court, moyen et à long terme en ce qui a trait à la portance de la chaussée.

5) La cure

Une fois que les matériaux décohésionnés ont été malaxés avec l'émulsion, le bitume résiduel enrobe les particules et les granulats, l'eau s'absorbe, se percole ou s'évapore. Les substances volatiles du bitume s'évaporent également et la matrice bitumineuse se durcit.

Au cours de ce processus purement physique, la capacité structurante de la couche traitée accroît sur une période indéterminée dépendamment, le IC, la teneur en eau, les conditions du drainage et environnementales, l'épaisseur de la couche, la nature des matériaux, le taux de bitume et les conditions d'évaporation et de percolation, etc..

Ainsi, le succès même de l'opération dépendra grandement de l'évolution de la cure de cette couche, qui devient l'élément névralgique structural de la chaussée.

En l'absence d'essais périodiques tels que: Marshall ou Duriez, la tenue à l'eau, la résistance à la compression simple de même qu'à l'orniéreur, etc., nous avons essayé d'établir une corrélation graphique entre le SCI (comme indicateur de la rigidité de la couche traitée) et le IC (baptisé indice de chaleur) sous forme de relation implicite:

$$\text{SCI} = f(\text{IC}, \text{La Cure})$$

Tel que le démontre la figure 3, un indice de chaleur d'environ 2000 à 3000= +°C x jours suffit pour que le SCI atteigne son asymptote dans nos conditions climatiques. Selon les relevés de température compilés à l'aéroport de Sherbrooke de telles conditions calorifiques sont disponibles si la stabilisation est effectuée tôt au printemps ou au début de l'été. Si non, la cure sera retardée jusqu'au début du printemps suivant, la période où la plupart de nos routes sont susceptibles à perdre jusqu'à 60% de leur portance pendant le dégel.

Les résultats des relevés dynaflect jumelés aux essais en laboratoire permettront non seulement de choisir le stabilisant le plus performant dans nos conditions climatiques et matériaux mais aussi d'examiner les effets des additifs, ciment, chaux, régénérants, etc., sur la cure et le gain de la performance structurelle.

6) Analyse des bassins de déflexion vs La cure

Le calcul de la portance a été fait par les déflexions mesurées par les deux premiers géophones. Pour l'évaluation de la performance structurelle globale et l'état de la cure, nous procédons à l'analyse des bassins de déflexion en se servant des signaux émis par l'ensemble des cinq géophones.

Les figures 6A représentent quatre séries de relevés chacun indiquant environ la moyenne arithmétique de 83 points de relevés, totalisant 415 signaux de géophone par direction par série d'essai. Ils démontrent que la portance moyenne dans les deux voies est presque identique et qu'il y a une croissance systématique de la performance structurale après stabilisation et que la route a repris environ 200% de la performance perdue un mois après l'intervention.

La superposition des déflexions enregistrées par le cinquième géophone indique que la stabilisation de la couche de base n'a laissé aucun impact sur la performance de l'infrastructure, ce qui est une réalité.

Les figures 6B₁ et 6B₂ indiquent que la portance initiale entre 2+300 et 2+500 en direction Est est plus forte qu'entre 2+350 et 2+550 en direction ouest. Ils démontrent également que la voie ouest aux mêmes kilométrages a perdu beaucoup plus de sa portance un mois après stabilisation tandis que la portance des deux voies après 26 mois de cure ont atteint un niveau identique.

Les figures 6B₃ et 6B₄ démontrent que la portance initiale et finale de la chaussée dans les zones adjacentes situées entre 5+600 à 5+850 sont similaires.

Les bassins apparaissant à la figure 6C₂ au km = 6+400, zone fissurée indiquent une portance plus faible après stabilisation comparé à sa portance initiale, tandis que dans les zones non fissurées la portance est en croissance normale avec le temps (6C₁, 6C₂ et 6C₄).

Par ailleurs, les figures 6D démontrent l'impact des fluctuations saisonnières du niveau d'eau traversant la route (aux kilométrages 0+200 et 0+350). Ces impacts se manifestent, en particulier, par la variation de la déflexion enregistrée par le cinquième géophone, indicateur de la portance de l'infrastructure.

7) La viabilité ou PSI (Present Serviceability Index)

La notion de viabilité permet une appréciation globale de la performance fonctionnelle de la chaussée à n'importe quel moment de sa vie. Ainsi, pour évaluer le rendement du tronçon stabilisé nous avons choisi la relation simplifiée proposée par le SHRP (1992) pour L'ATLANTIQUE NORD sous forme de:

$$PSI = 6,770 - 1,87 \log (IRI)$$

Nous avons introduit dans cette équation les résultats des relevés mays en cm/km à la place de IRI (l'indice international de la profilométrie). La figure 10 schématise ainsi l'historique de la viabilité de la planche expérimentale au cours des diverses interventions précédentes, la stabilisation de 1990 inclusivement. Cette application a abouti à un PSI qui corrobore plus ou moins l'état réel de la chaussée tel que: son assiette initiale, son aptitude satisfaisante répondant aux critères de stabilisation. Cet exercice confirme en même temps la pertinence d'adaptation de la formule pour remplacer le IRI par Mays. A l'annexe "D" on retrouve quelques détails sur l'application de cette formule.

8) Les impacts des conditions géologiques et géomorphologiques

La combinaison des résultats d'analyse des paramètres de déflexion avec les résultats d'analyse géomorphologique par la photo-interprétation, nous a permis d'effectuer les constatations suivantes:

- La voie en direction ouest affiche une portance initiale plus élevée que celle en direction est, ceci en raison de la profondeur relativement faible du roc dans cette voie qui est adjacente au flanc de coteau. Cependant, cette même voie en raison

d'une teneur en eau excédentaire a perdu beaucoup plus de sa portance dès le premier mois après stabilisation. En effet, la voie ouest est arrosée directement par les eaux de ruissellement provenant du talus nord. Tandis que la voie Est est relativement bien drainée par le terrain adjacent en pente en direction sud. Ainsi son profil hydrique avantageux a permis à la voie est d'acquérir une portance finale plus élevée malgré sa portance initiale comparativement basse;

- Par ailleurs, dans les deux voies, chaque fois que la chaussée est encastrée par les talus nord et sud, elle affiche une portance initiale faible. Ceci est plus perceptible dans la voie est tel qu'entre les kilométrages 3+500 et 4+100, 5+400 et 6+000, 6+500 et 6+900 ainsi qu'entre 7+400 et 8+000. Par contre, chaque fois que le décohesionnement a peu atténué la teneur en eau par aération, il y a un gain de la portance neuf (9) mois après stabilisation. C'est surtout le cas des zones situées entre 1+000 et 1+400, 1+500 et 2+000, 3+500 et 4+000 ainsi qu'entre 4+800 et 5+300 dans la voie ouest. Il en est de même dans les zones situées entre 3+000 et 4+200 ainsi que 1+400 et 2+500 en direction est où le gain de portance dans la même période est d'environ 4 tonnes (+ 25%);
- Aux kilométrages 4+000 à 4+200 et 7+000 à 7+300 dans la voie ouest, l'évolution de la portance après stabilisation est insignifiante et même parfois négative neuf (9) mois après traitement. Cette baisse est spectaculaire un mois après traitement dans la même voie (-200 à -300%). Ici encore, c'est la teneur en eau excédentaire et les conditions défavorables du drainage qui est en cause selon la topographie du terrain;
- Un autre phénomène assez controversé et très transitoire est la baisse de la portance juste après recouvrement de la couche de base stabilisée avec une couche d'enrobé fraîchement posée. Ce phénomène peut être relié à la grande flexibilité de l'enrobé neuf mais aussi à la condensation de l'eau à l'intérieur des matériaux stabilisés probablement.

Tout ce qui vient d'être énuméré démontre l'importance de la teneur en eau sur la stabilisation d'où l'impact déterminant des paramètres pouvant affecter d'une manière ou d'une autre ce facteur à savoir: les conditions du drainage et la topographie, le profil hydrique, l'assèchement par scarification, l'apport d'eau par l'émulsion, température ambiante, la pluie pendant les travaux.

IX- CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

- 1) Le tronçon sous étude malgré l'absence d'études préliminaires d'identification et de faisabilité préalables répondait à environ 75% des critères d'admissibilités pour le procédé;
- 2) Le bilan des résultats obtenus est positif dans son ensemble; les dégradations telles que les fissures, les ornières, etc., sont disparues, la fondation supérieure a été homogénéisée, la portance a eu un accroissement moyen de 25% et une amélioration moyenne de l'indice de roulement d'environ 50% après deux ans de mise en service;
- 3) Le dynaflect a démontré un potentiel d'auscultation très puissant. Ses données sont cohérentes et ses résultats très satisfaisants en raison de la profondeur limitée de la stabilisation;
- 4) Le F.W.D. peut compléter les résultats dynaflect par son grand rayon d'action, par les mesures in situ de module des couches. La combinaison de ces résultats aux résultats des essais rhéologiques et mécaniques en laboratoire, peut ouvrir la voie à un dimensionnement structurel rationnel d'intervention;
- 5) Si le procédé a amélioré les propriétés structurelles et fonctionnelles du tronçon par renforcement, homogénéisation, étanchéisation et uniformisation de la fondation supérieure, il n'a pu néanmoins corriger la susceptibilité au gel ou les déficiences structurelles d'origine profonde identifiées à certains endroits du tronçon sous étude;

- 6) Pour favoriser les bonnes conditions de mise en place et la cure, minimiser le risque de fatigue et de dégradation prématurées et afin de maximiser le rendement et la viabilité, les travaux doivent commencer tôt au printemps ou au début d'été;
- 7) Chaque projet doit passer par les étapes respectives telles que:
 - L'évaluation, l'identification de la structure en place et l'étude de la faisabilité de même que le choix du tronçon;
 - La formulation et le dimensionnement du rendement, etc.;Toutes ces étapes doivent être accompagnées par des relevés, les essais in situ et en laboratoire tel qu'ils apparaissent en détail à l'annexe "A";
- 8) Dans le cas de stabilisation par émulsion, la chaussée choisie doit afficher au moins la portance minimale requise en terme de dynaflect, afin de compenser la perte de portance au cours de la cure au début et au premier printemps en particulier;
- 9) Une attention particulière doit être consacrée aux bonnes liaisons latérales des travées adjacentes de la couche de base lors de stabilisation ainsi que celles d'enrobé de la couche de roulement afin de s'assurer de l'homogénéité transversale pour prévenir tous risques de fendillement ou fissuration ultérieure;
- 10) La conception doit exiger une stabilisation sur toute la profondeur de pulvérisation. L'homogénéité, uniformité, isotropie doivent rester en vigueur pour la granulométrie, la dispersion du liant, l'enrobage des matériaux et leur compactage (les normes et devis);
- 11) La teneur en eau est un paramètre essentiel pour l'enrobage et compactage. Sa déficience ou son excédent peut être autant néfaste pour la densification que pour la cure. Des actions doivent être prises contre la contamination des matériaux stabilisés par l'amélioration des conditions du drainage dans l'emprise et sur les accotements en particulier;

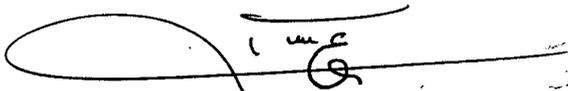
- 12) Les secteurs gélifs ou aux faibles performances structurales doivent être exclus des opérations si non des correctifs ponctuels appropriés doivent être entrepris avant même les travaux de stabilisation;
- 13) Il faut éviter ou minimiser la circulation sur la surface stabilisée. A rappeler que les dommages sont multipliés quand cette surface est circulée et affectée simultanément par la pluie;
- 14) Le revêtement doit assurer l'étanchéité de la couche de base. Son épaisseur doit être uniforme et suffisante, compte tenu du diamètre des plus gros granulats. A égale épaisseur, le MB-16 a affiché un meilleur rendement que le MB-20 comme couche de roulement;
- 15) La maîtrise de la planéité de la surface stabilisée après compactage final reste encore à explorer, sans oublier sa protection contre l'agressivité de circulation sur le chantier;
L'uniformité de l'épaisseur et l'uni de surface de la couche de roulement en dépendent grandement. La correction au moyen d'un enrobé conventionnel avant la pose de la couche de roulement doit être considérée comme la solution du dernier recours selon nous;
- 16) Pour prévenir toute fatigue prématurée causée par le décollement, il est indispensable de choisir non seulement un liant d'accrochage aux propriétés et au taux de pose appropriés mais aussi prendre des actions concertées entre tous les intervenants pour élaborer une stratégie efficace pour ce qui est des équipements et leurs configurations sur le chantier afin que l'application du liant d'accrochage soit effectuée en avant immédiat de la paveuse et à l'abri de tous dommages par le déplacement des véhicules sur le chantier;
- 17) Compte tenu de l'accroissement inévitable de particules fines après chaque décohesionnement, le MTQ doit, selon nous, penser dès maintenant à une stratégie de réhabilitation des chaussées déjà recyclée par ce procédé et une fois que ces dernières ont atteint leur indice de viabilité minimum admissible ($\text{psi} \leq 2,5$ par exemple);

- 18) Étant donné que la présente étude est la plus âgée des expériences du MTQ sur ce procédé, il est souhaitable d'y conserver des zones témoins en cas d'entretien indispensable, afin de donner une continuité au présent suivi;
- 19) En considérant la popularité croissante du procédé de stabilisation après décohesionnement d'une part et les enrobés à haute performance (amiantés, aux polymères et aux liants améliorés, etc...) d'autre part, nous proposons d'élargir l'expérience d'une combinaison de ces deux techniques dans le programme d'opération 1993-94. Puisque sur les axes suffisamment circulées la complémentarité de ces deux techniques; l'une exempte de dégradations et homogène et l'autre, étanche aux propriétés mécaniques et aux caractéristiques de surface performante, doivent aboutir à un rendement prometteur.

Finalement, nous aimerions remercier tous les intervenants de la région 05, du district 36, du SAQ et en particulier M. Jean-Paul Richard et l'équipe pour leur bonne collaboration dans ce dossier.



Pierre Lefrançois, t.t.p.
Division des chaussées



Aziz Amiri, Dr. ing.
Division des chaussées

PL/AA/hg

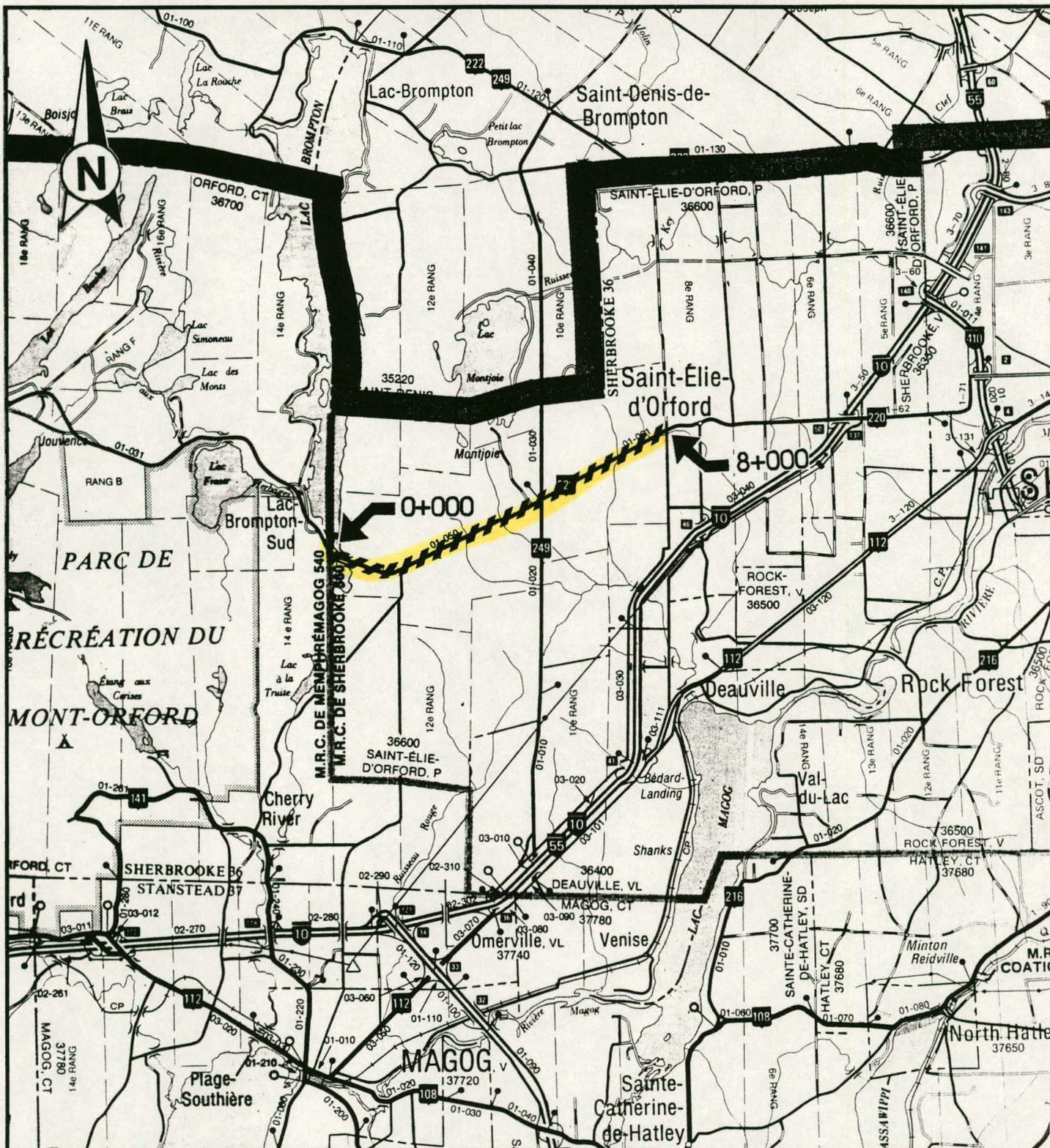
LEXIQUE ET ABRÉVIATIONS

- Décohésionnement:** Consiste à concasser l'ancien revêtement de façon à sectionner l'enrobé à travers la matrice bitumineuse sans écraser (théoriquement) les granulats. Ce qui est en opposition avec la pulvérisation dans laquelle le plan de sectionnement peut aussi bien passer à travers les granulats que la matrice bitumineuse. Une opération qui peut considérablement modifier la granulométrie initiale des matériaux.
- Stabilisation:** Consiste à accroître la résistance au fluage et à la déformation des matériaux décohésionnés par incorporation d'un liant hydrocarboné, émulsifié.
- Émulsion de bitume:** Il s'agit d'un liant bitumineux préparé par la dispersion sous forme des gouttelettes de bitume (1 à 10 μm de diamètre) dans l'eau à l'aide d'un agent émulsifiant.
- CMS-2:** Émulsion cationique à rupture ou à séchage moyen.
- RS-1:** Émulsion à la rupture ou à séchage rapide.
- La rupture de l'émulsion:** Il consiste à la séparation de l'eau du bitume.
- La cure ou mûrissement:** (voir page 13).
- Mays:** Appareil de mesure de l'indice de confort par profilométrie.
- IRI:** Indice International de la profilométrie ("International Roughness Index").
- PSI:** Indice de viabilité ("Present Serviceability Index").
- G.B.C.:** Gravier bitumineux concassé provenant du concassage de l'ancien pavage.
- Dynalect:** Appareil de mesure de la déflexion à charge dynamique et cyclique de huit (8) Hz de fréquence.

LEXIQUE ET ABRÉVIATIONS (SUITE)

- Géophone:** Capteur électronique de la déflexion par enregistrement de la vibration d'un point situé sur le bassin de déflexion.
- La déflexion:** La déformation verticale en grande partie réversible, de la surface de la chaussée sous une charge statique ou dynamique.
- Bassin de déflexion:** La déformation de la surface de la chaussée autour du point d'impact, en trois dimensions.
- S.C.I.:** Indice de la courbure de la surface lors de la mesure de la déflexion avec dynaflect (la différence de déflexion mesurée par le 1^{er} et 2^e géophone).
- D.M.D.:** Déflexion maximum dynaflect, mesurée avec le 1^{er} géophone.
- J.M.A.:** Volume journalier moyen annuel de la circulation.
- V.L.:** Débit de véhicules lourds.
- F.W.D.:** Appareil de mesure de la déflexion par la chute d'une charge ("FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER").
- I.C.:** Indice de chaleur = température moyenne journalière en °C (toujours positive) x le nombre de jours; cumulatif depuis la stabilisation.

FIGURE 1 PLAN DE LOCALISATION DU SECTEUR ETUDIE



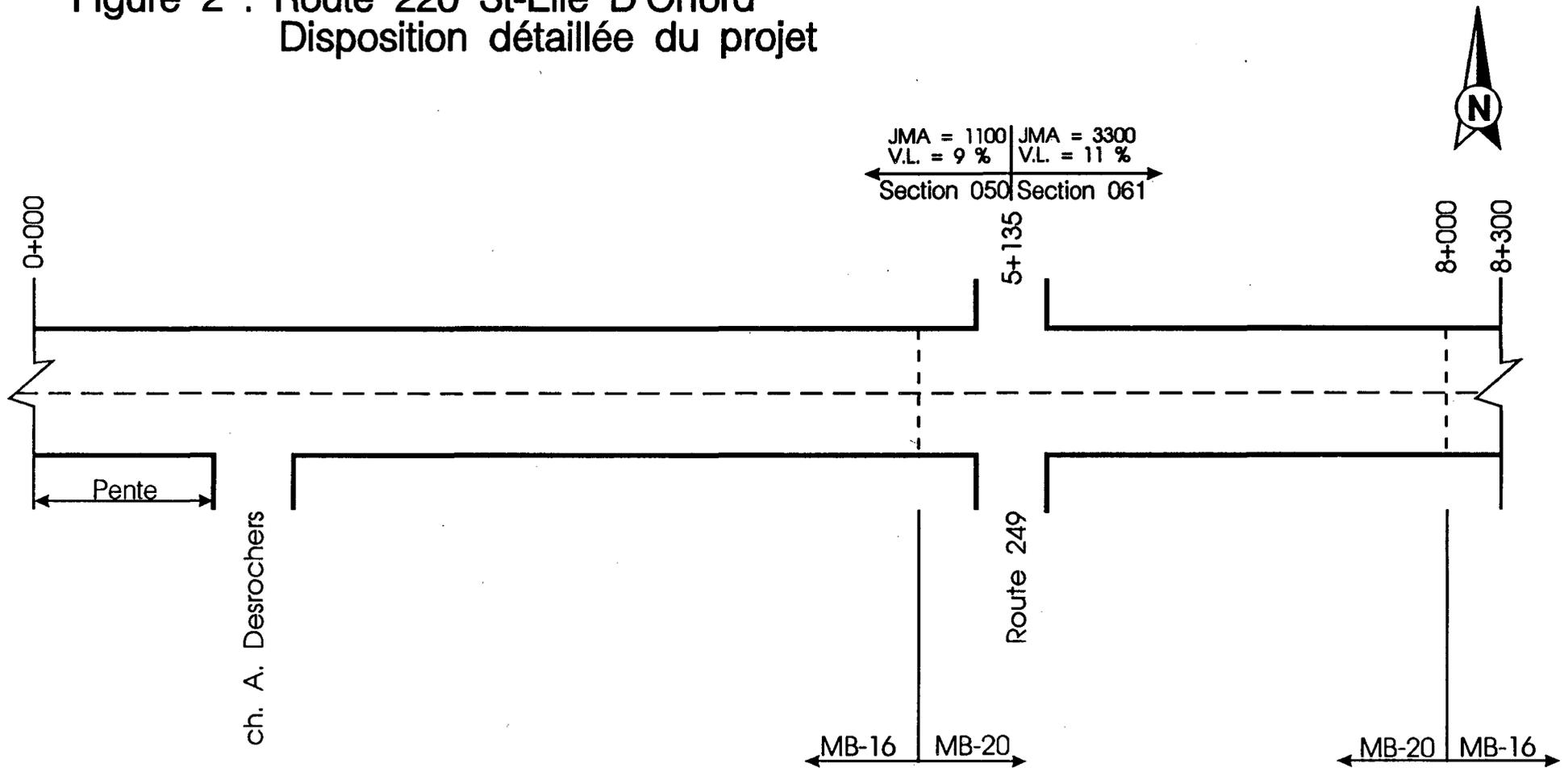
ROUTE 220

MUNICIPALITE DE ST- ÉLIE D'ORFORD

ECHELLE : 1 : 125 000

REGION 05 DISTRICT 36

Figure 2 : Route 220 St-Élie D'Orford
Disposition détaillée du projet



Dégradations avant

- Carrelage généralisé
- Ornières généralisées
- Fiss. longitudinales multiples
- Fiss. transversales multiples
- Quelques zones gélives

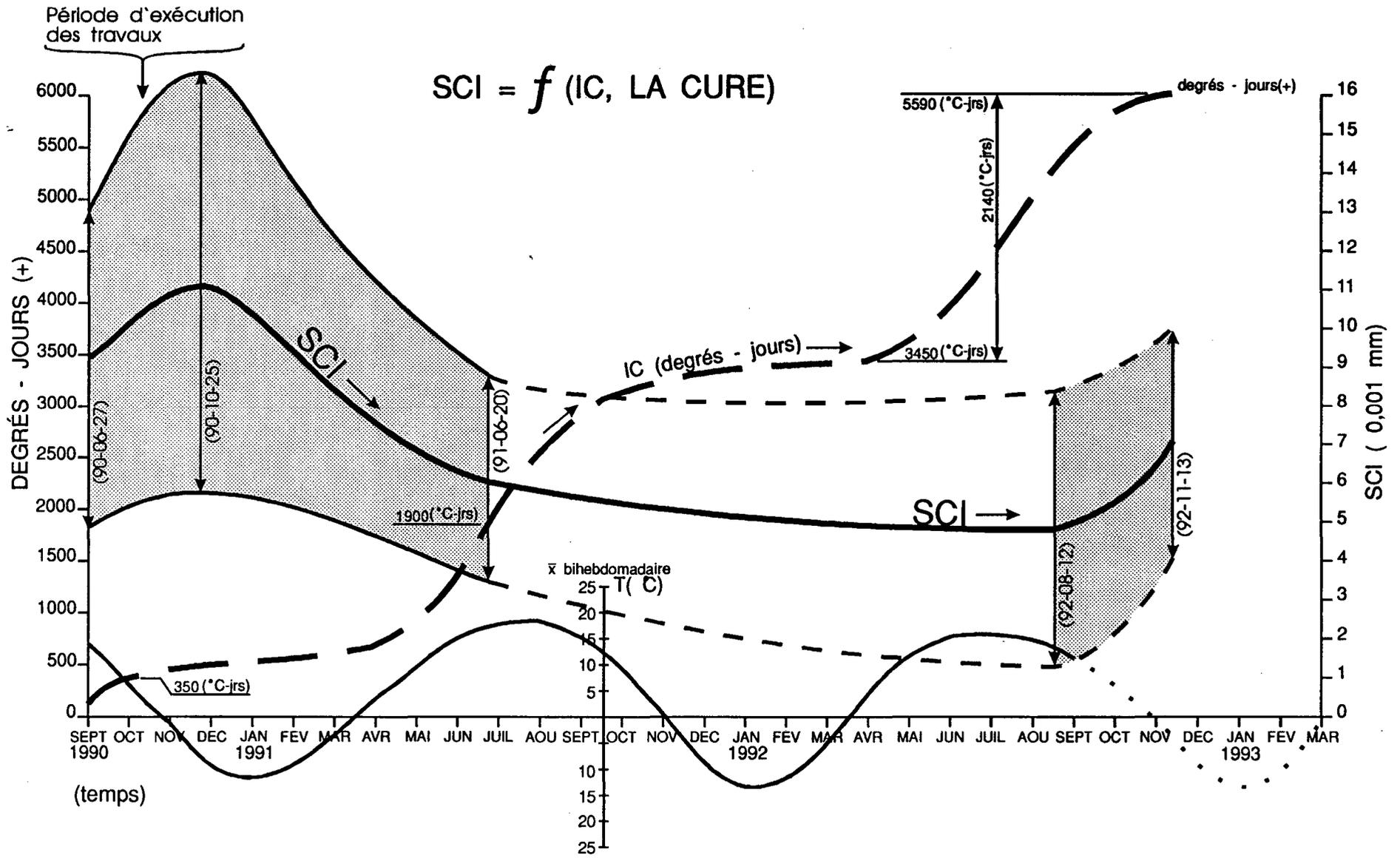
Dégradations ponctuelles après

- Fiss. longitudinales souvent multiples
- Quelques Fiss. transversales
- Désenrobage et arrachement
- Quelques soulèvements (transitions)

Problèmes de mise en oeuvre

- Compaction
- Dispersion du liant (temp.)
- Bris par trafic après pluie
- Repulvérisation parfois nécessaire après stab.

Figure 3 : Détermination du minimum d'indice de chaleur pour atteindre une cure stable dans les conditions environnementales du Québec.



A ces résultats doivent être ajouté les essais de contrainte - déformation σ vs ϵ .
 Détermination des propriétés rhéologiques vs la cure.

Figure 4A : Variation de la portance en fonction du temps
 Route 220 St-Élie D'Orford Direction est

 9 mois après
 1 mois après

Date des essais : 1990-06-27	Date des essais : 1990-09-12	Date des essais : 1990-10-25	Date des essais : 1991-06-20
— $\bar{x} = 13,01$ $\sigma = 1,59$	— $\bar{x} = 11,77$ $\sigma = 1,14$	..... $\bar{x} = 10,94$ $\sigma = 1,28$	- - - $\bar{x} = 16,15$ $\sigma = 2,18$

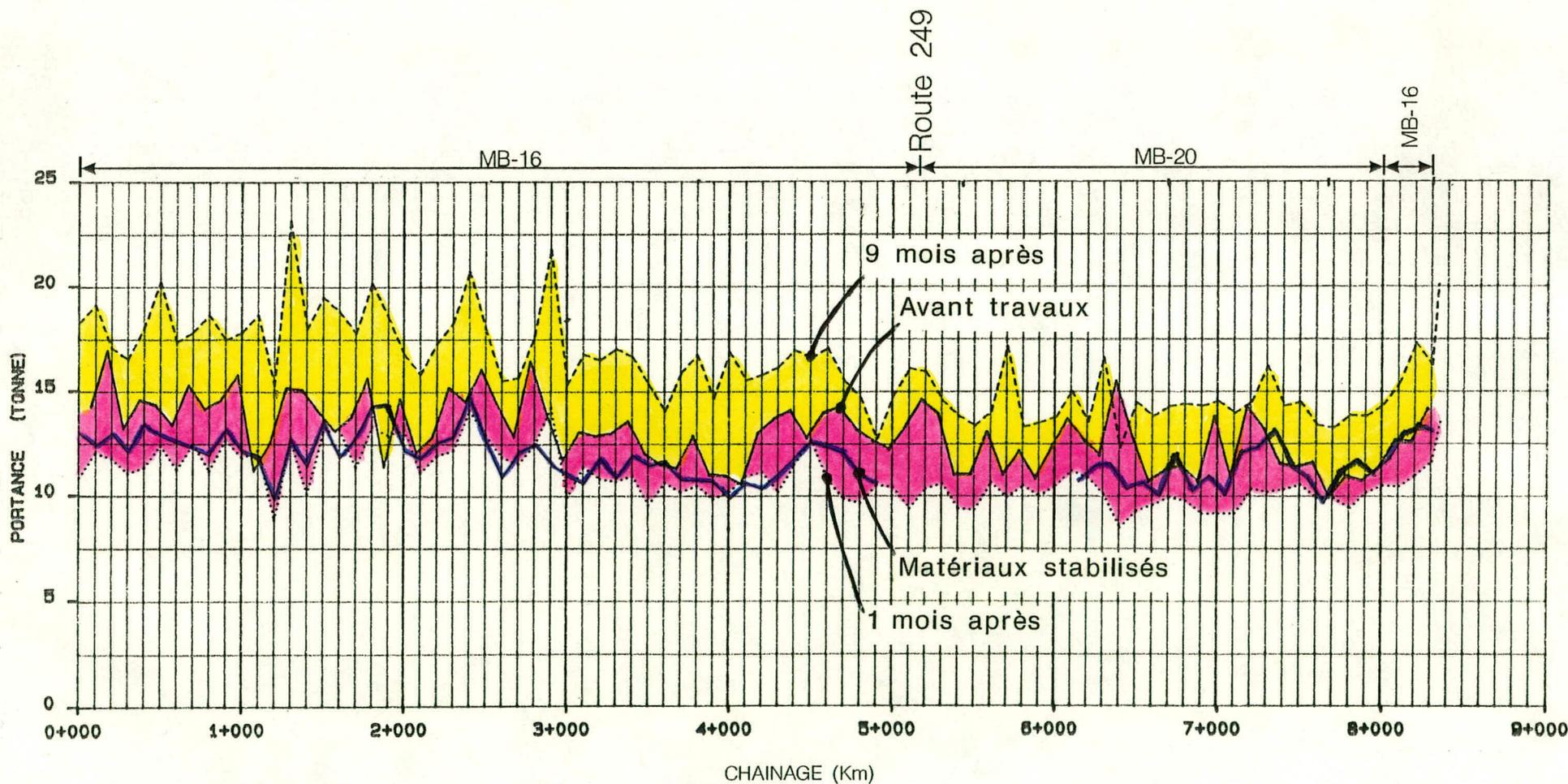




Figure 4B : Variation de la portance en fonction du temps
Route 220 St-Élie D'Orford Direction ouest

9 mois après
1 mois après

Date des essais : 1990-06-27 — $\bar{x} = 14,41$ $\sigma = 1,56$	Date des essais : 1990-09-12 — $\bar{x} = 11,82$ $\sigma = 1,27$	Date des essais : 1990-10-25 $\bar{x} = 11,08$ $\sigma = 1,28$	Date des essais : 1991-06-20 - - - $\bar{x} = 16,00$ $\sigma = 1,70$
---	---	---	---

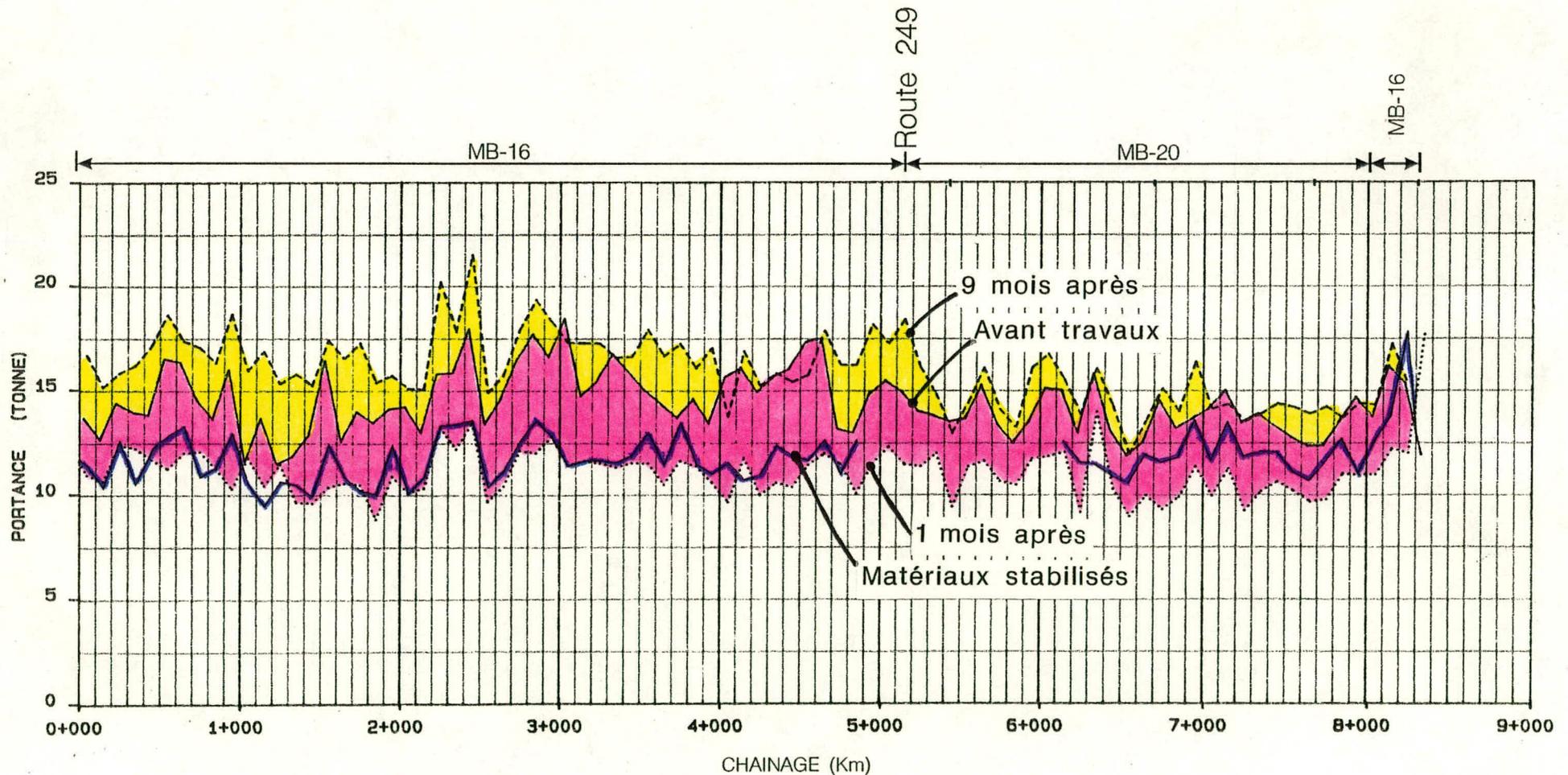


FIGURE 5A : CP, DMD, SCI, A vs Km

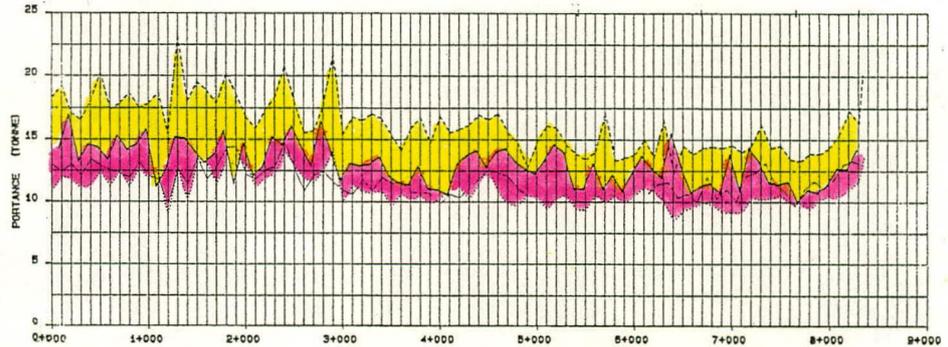
ROUTE 220 DIRECTION EST

9 mois après
1 mois après

CP

ÉVALUATION DE LA CAPACITÉ DE SUPPORT
(DYNAFLECT)

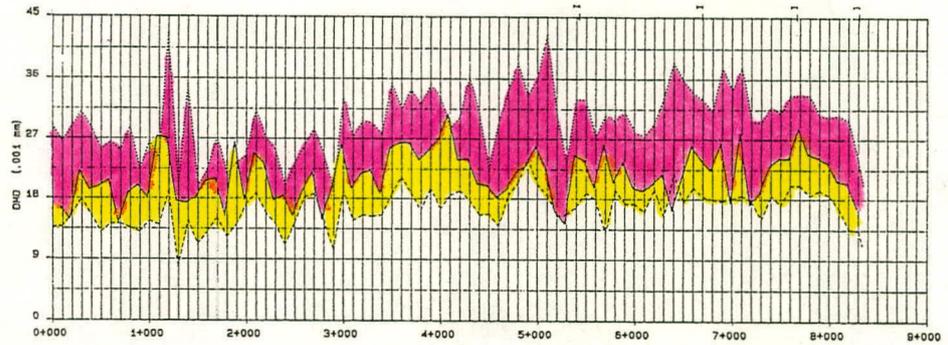
DATE DES ESSAIS : 1990-06-27	_____ $\bar{X} = 13,01$	$\sigma = 1,59$
DATE DES ESSAIS : 1990-10-25	..... $\bar{X} = 10,94$	$\sigma = 1,28$
DATE DES ESSAIS : 1991-06-20	----- $\bar{X} = 16,15$	$\sigma = 2,18$



DMD

ÉVALUATION DE LA CAPACITÉ DES COUCHES INFÉRIEURES DE LA CHAUSSÉE
(DYNAFLECT)

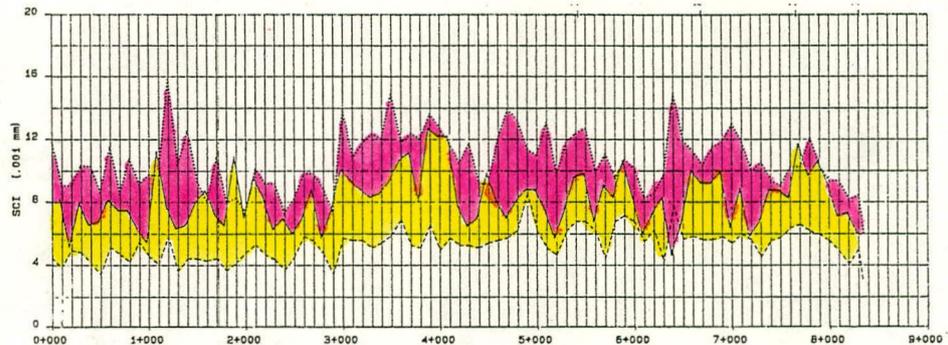
DATE DES ESSAIS : 1990-06-27	_____ $\bar{X} = 21,49$	$\sigma = 3,77$
DATE DES ESSAIS : 1990-10-25	..... $\bar{X} = 29,52$	$\sigma = 5,09$
DATE DES ESSAIS : 1991-06-20	----- $\bar{X} = 16,40$	$\sigma = 2,86$



SCI

ÉVALUATION DE LA CAPACITÉ DES COUCHES SUPÉRIEURES DE LA CHAUSSÉE
(DYNAFLECT)

DATE DES ESSAIS : 1990-06-27	_____ $\bar{X} = 8,19$	$\sigma = 1,74$
DATE DES ESSAIS : 1990-10-25	..... $\bar{X} = 10,54$	$\sigma = 1,89$
DATE DES ESSAIS : 1991-06-20	----- $\bar{X} = 5,23$	$\sigma = 1,02$



A

AIRE DU BASSIN DE DÉFLEXION
(DYNAFLECT)

DATE DES ESSAIS : 1990-06-27	_____ $\bar{X} = 32,73$	$\sigma = 6,33$
DATE DES ESSAIS : 1990-10-25	..... $\bar{X} = 41,66$	$\sigma = 8,31$
DATE DES ESSAIS : 1991-06-20	----- $\bar{X} = 27,96$	$\sigma = 5,26$

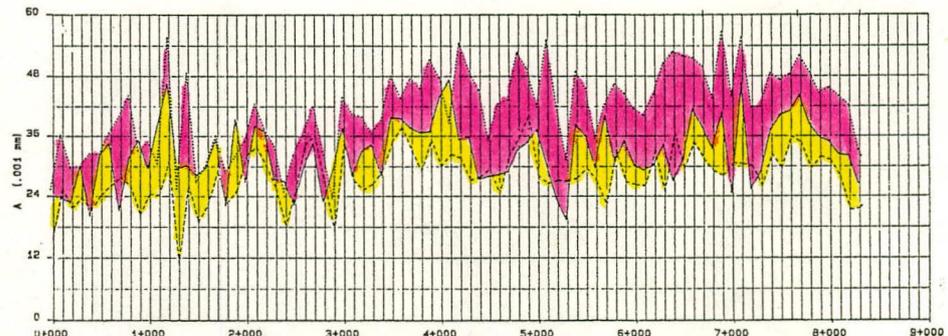


FIGURE 5B : CP, DMD, SCI, A vs Km

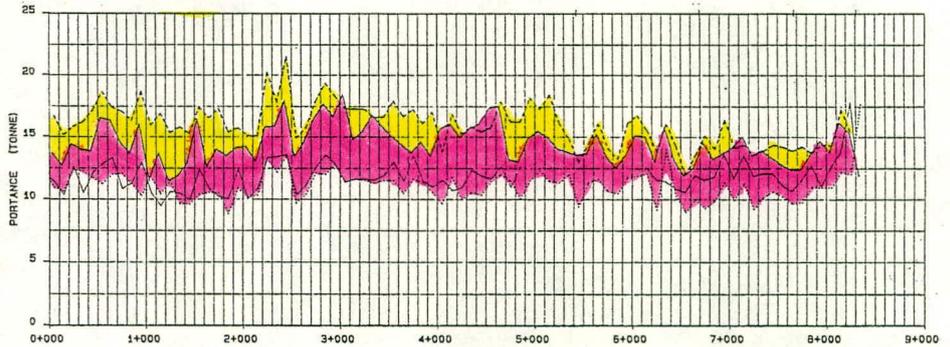
ROUTE 220 DIRECTION OUEST

9 mois après
1 mois après

CP

ÉVALUATION DE LA CAPACITÉ DE SUPPORT
(DYNAFLECT)

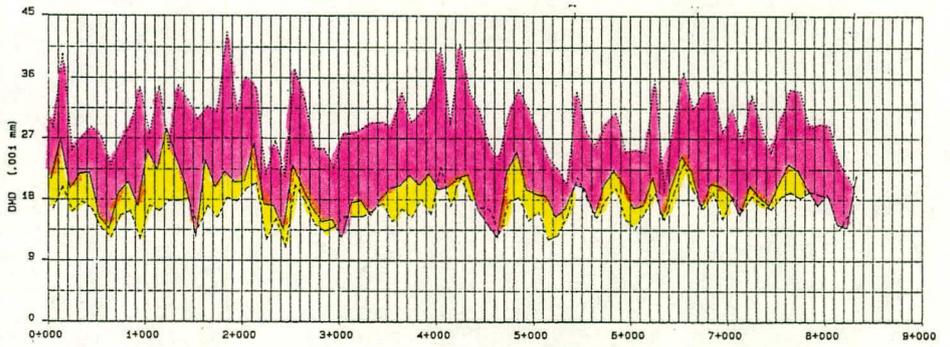
DATE DES ESSAIS : 1990-06-27	_____ $\bar{X} = 14,41$ $\sigma = 1,56$
DATE DES ESSAIS : 1990-10-25	..... $\bar{X} = 11,08$ $\sigma = 1,28$
DATE DES ESSAIS : 1991-06-20	----- $\bar{X} = 16,00$ $\sigma = 1,70$



DMD

ÉVALUATION DE LA CAPACITÉ DES COUCHES INFÉRIEURES DE LA CHAUSSEE
(DYNAFLECT)

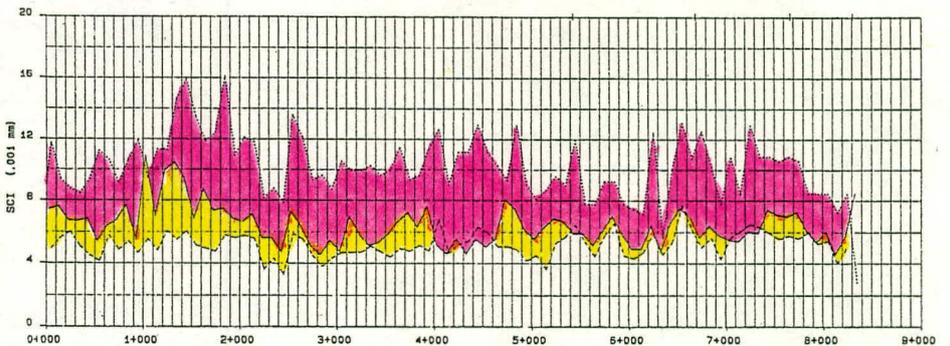
DATE DES ESSAIS : 1990-06-27	_____ $\bar{X} = 19,33$ $\sigma = 3,41$
DATE DES ESSAIS : 1990-10-25	..... $\bar{X} = 29,41$ $\sigma = 4,93$
DATE DES ESSAIS : 1991-06-20	----- $\bar{X} = 16,76$ $\sigma = 2,48$



SCI

ÉVALUATION DE LA CAPACITÉ DES COUCHES SUPÉRIEURES DE LA CHAUSSEE
(DYNAFLECT)

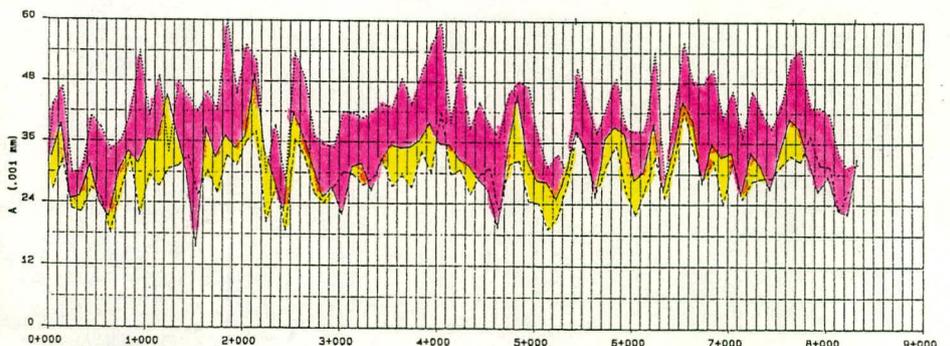
DATE DES ESSAIS : 1990-06-27	_____ $\bar{X} = 6,44$ $\sigma = 1,29$
DATE DES ESSAIS : 1990-10-25	..... $\bar{X} = 10,19$ $\sigma = 2,12$
DATE DES ESSAIS : 1991-06-20	----- $\bar{X} = 5,16$ $\sigma = 0,79$



A

AIRE DU BASSIN DE DÉFLEXION
(DYNAFLECT)

DATE DES ESSAIS : 1990-06-27	_____ $\bar{X} = 32,41$ $\sigma = 6,29$
DATE DES ESSAIS : 1990-10-25	..... $\bar{X} = 42,54$ $\sigma = 7,61$
DATE DES ESSAIS : 1991-06-20	----- $\bar{X} = 29,03$ $\sigma = 4,99$



Moyenne de tous les relevés par direction

Figure 6A₁: Bassin de déflexion
Route 220 St-Elle-D'orford
(Moyenne globale du projet dlr. est)

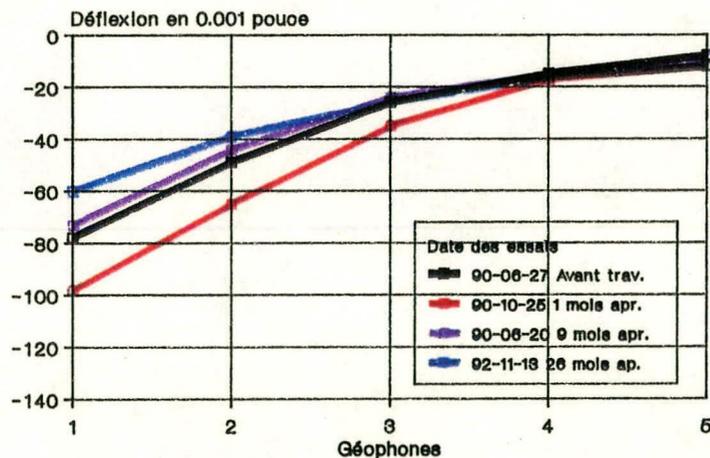
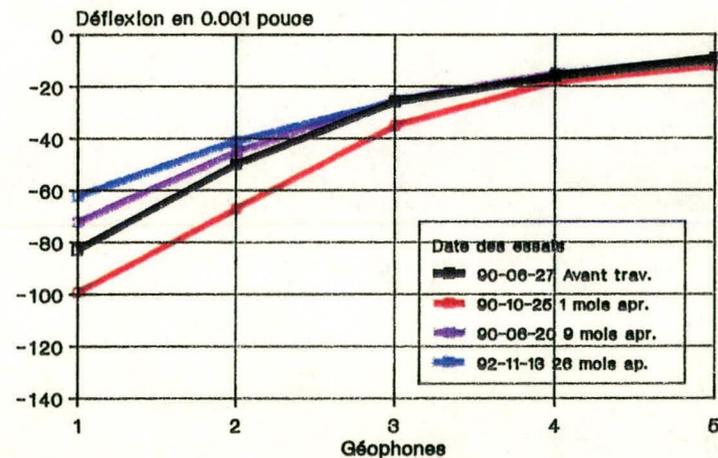


Figure 6A₂: Bassin de déflexion
Route 220 St-Elle-D'orford
(Moyenne globale du projet dlr.ouest)



Évolution des bassins de déflexion en fonction des conditions de cure progressive (moyenne de 300 mètres stratégiques)

Figure 6B₁: Bassin de déflexion
Route 220 St-Elle-D'orford
(Moyenne Dir.est 2+300 à 2+500 non flss)

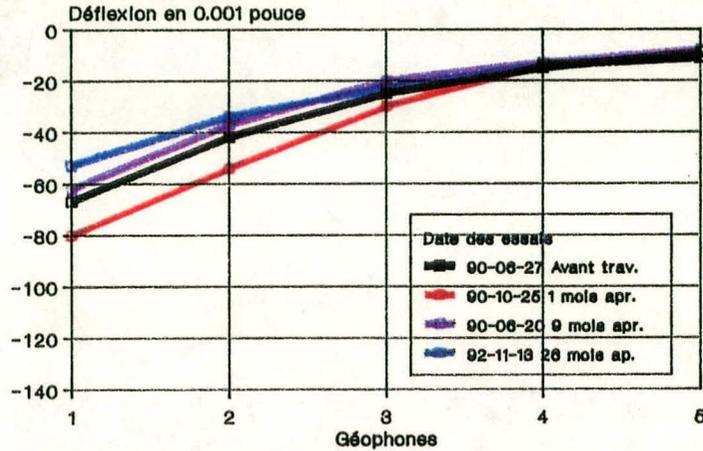


Figure 6B₂: Bassin de déflexion
Route 220 St-Elle-D'orford
(Moyen.Dir.ouest 2+350 à 2+550 non flss)

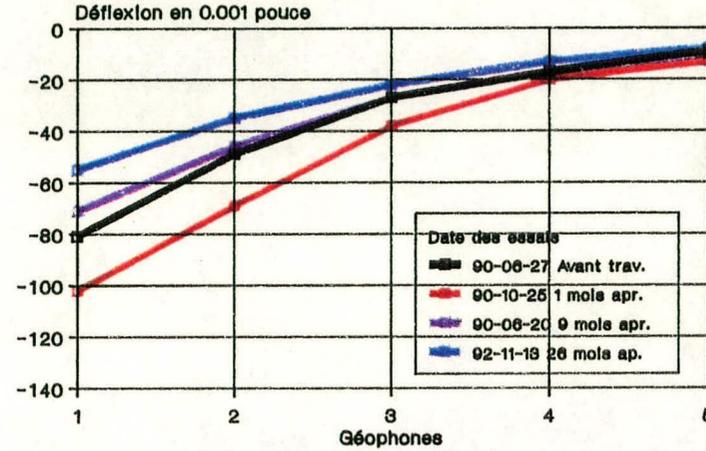


Figure 6B₃: Bassin de déflexion
Route 220 St-Elle-D'orford
(Moyenne Dir.est 5+600 à 5+800 flssuré)

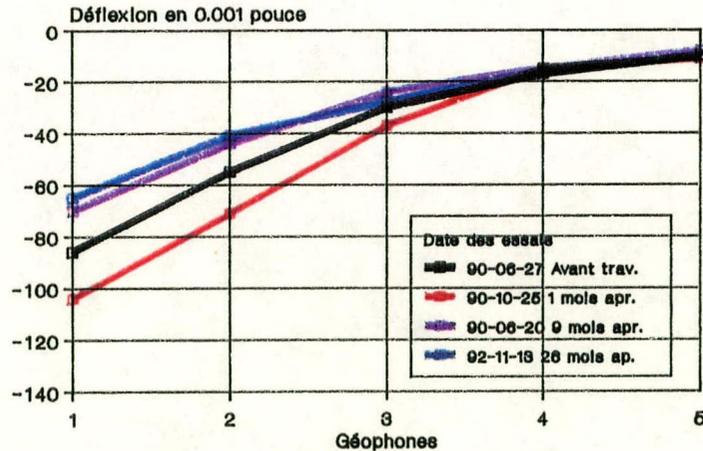
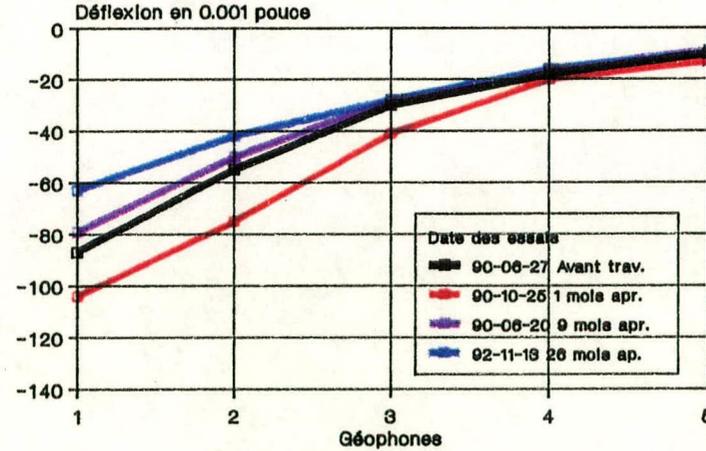


Figure 6B₄: Bassin de déflexion
Route 220 St-Elle-D'orford
(Moyen.Dir.ouest 5+650 à 5+850 non flss)



Évolution des bassins de déflexion en fonction des conditions de cure progressive

Figure 6C₁: Bassin de déflexion
Route 220 St-Elle-D'orford
(Direction est 3+600 non fissuré)

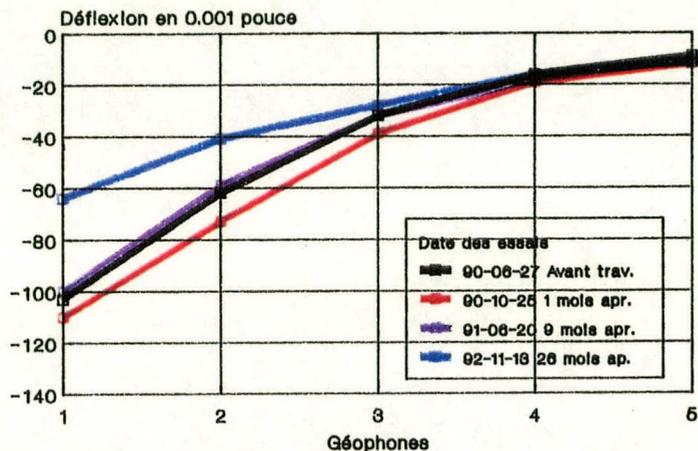


Figure 6C₂: Bassin de déflexion
Route 220 St-Elle-D'orford
(Direction est 6+400 fissuré)

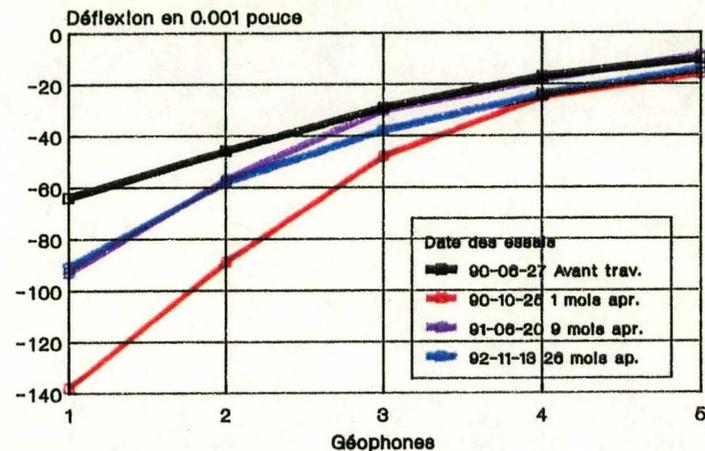


Figure 6C₃: Bassin de déflexion
Route 220 St-Elle-D'orford
(Direction ouest 6+200)

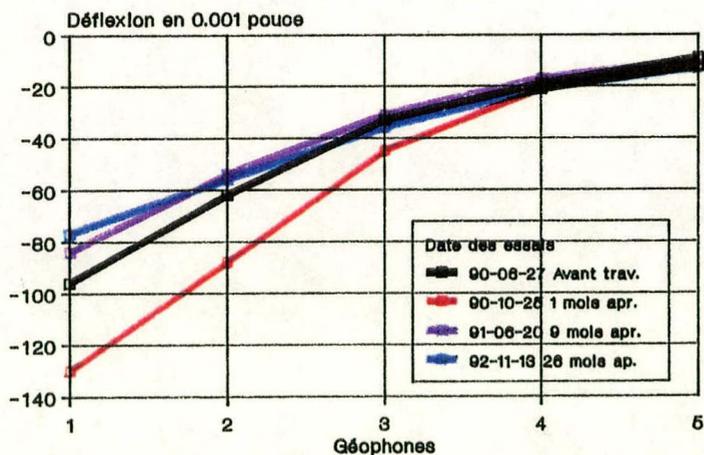
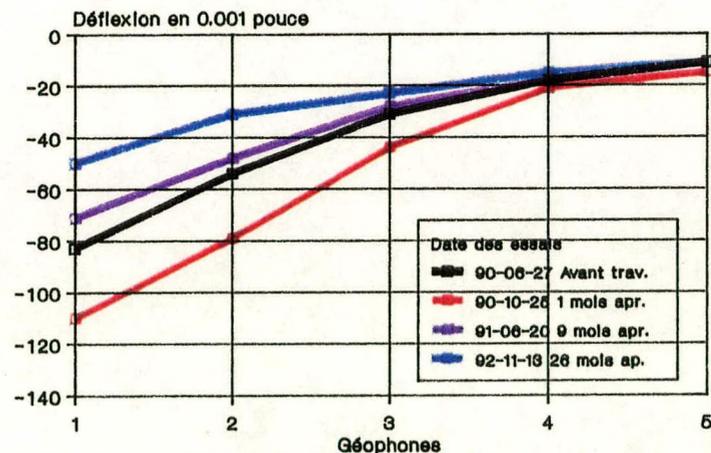


Figure 6C₄: Bassin de déflexion
Route 220 St-Elle-D'orford
(Direction est 8+100 non fissuré)



Impact de la fluctuation du niveau d'eau sur les bassins de déflexionet sur l'infrastructure en particulier (géophone no.5)

Figure 6D₁: Bassin de déflexion
Route 220 St-Elle-D'orford
(Direction est 0+200 non fissuré)

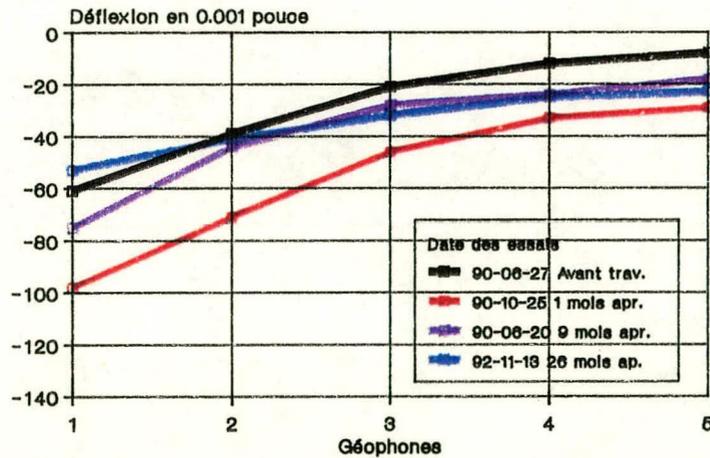


Figure 6D₂: Bassin de déflexion
Route 220 St-Elle-D'orford
(Direction ouest 0+350)

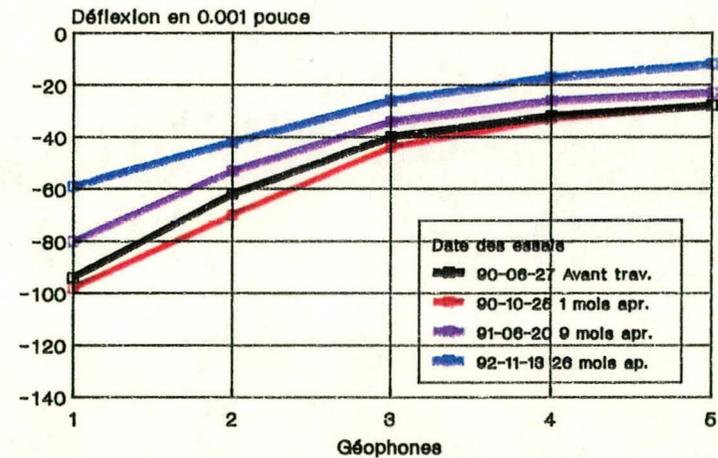
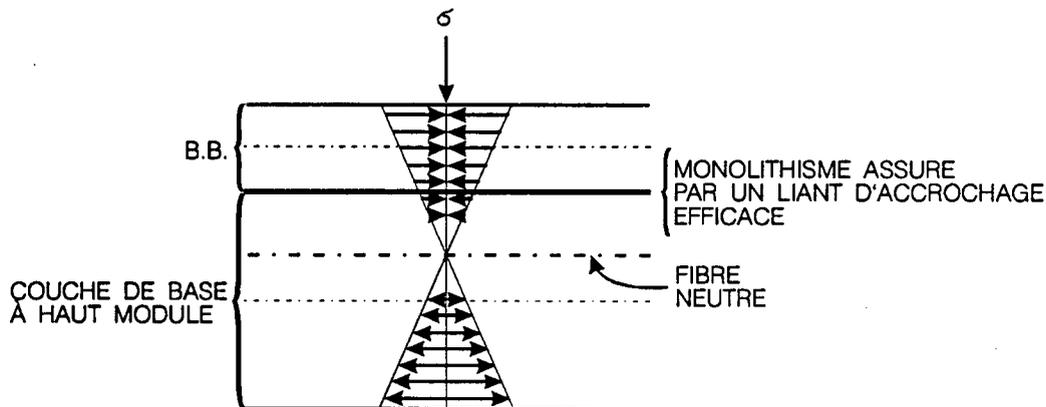
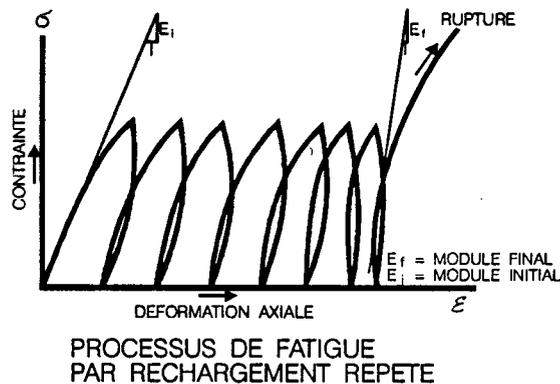
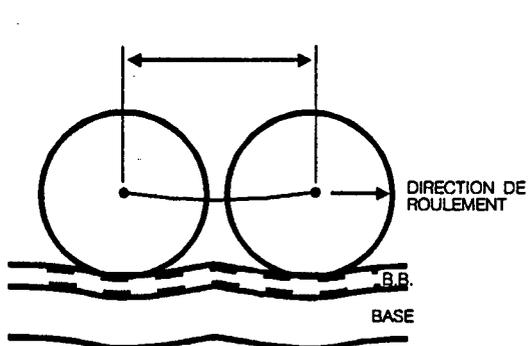
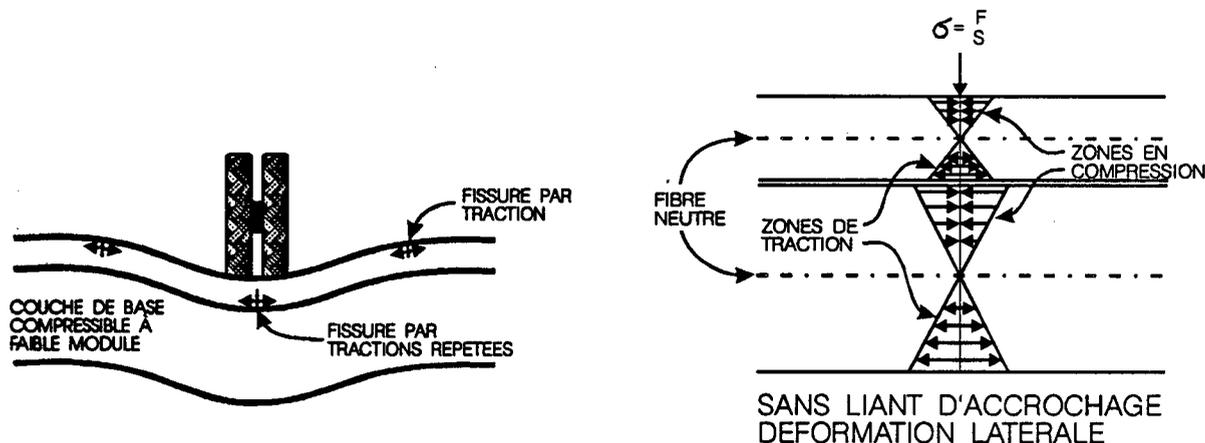


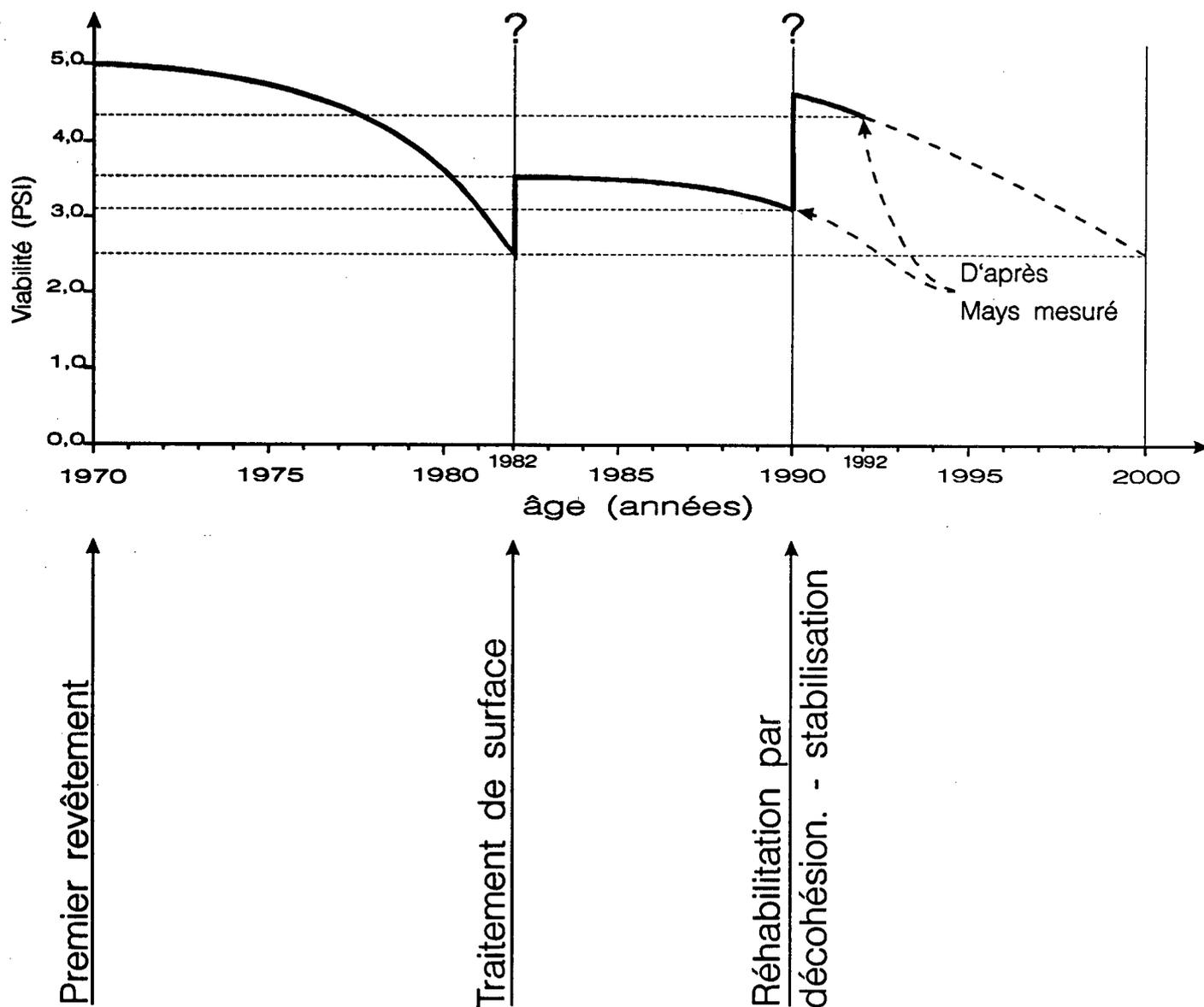
Figure 9 : Les effets du liant d'accrochage sur le mécanisme de fatigue du pavage sollicité par le trafic



DEPLACEMENT DE LA ZONE DE TRACTION PAR UN LIANT D'ACCROCHAGE VERS LA COUCHE DE BASE A HAUT MODULE

Figure 10 : Décohesionnement - Stabilisation
 Route 220 - St-Élie D'Orford
 Région 05 - Estrie
 1990 - 1992

Présentation schématique de l'évolution de la viabilité (PSI)



$$PSI = 6,399 - 1,87 \log (MAYS)$$

PSI : Present Serviceability Index

MAYS : Indice représentant la qualité de roulement relevée avec MAYS (cm/km)

SHRP PSI equation - flexible pavement North Atlantic

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

Figure 11 : Courbe granulométrique
ROUTE 220 ST-ELIE-D'ORFORD
Granulats stabilisés (91-05-29)

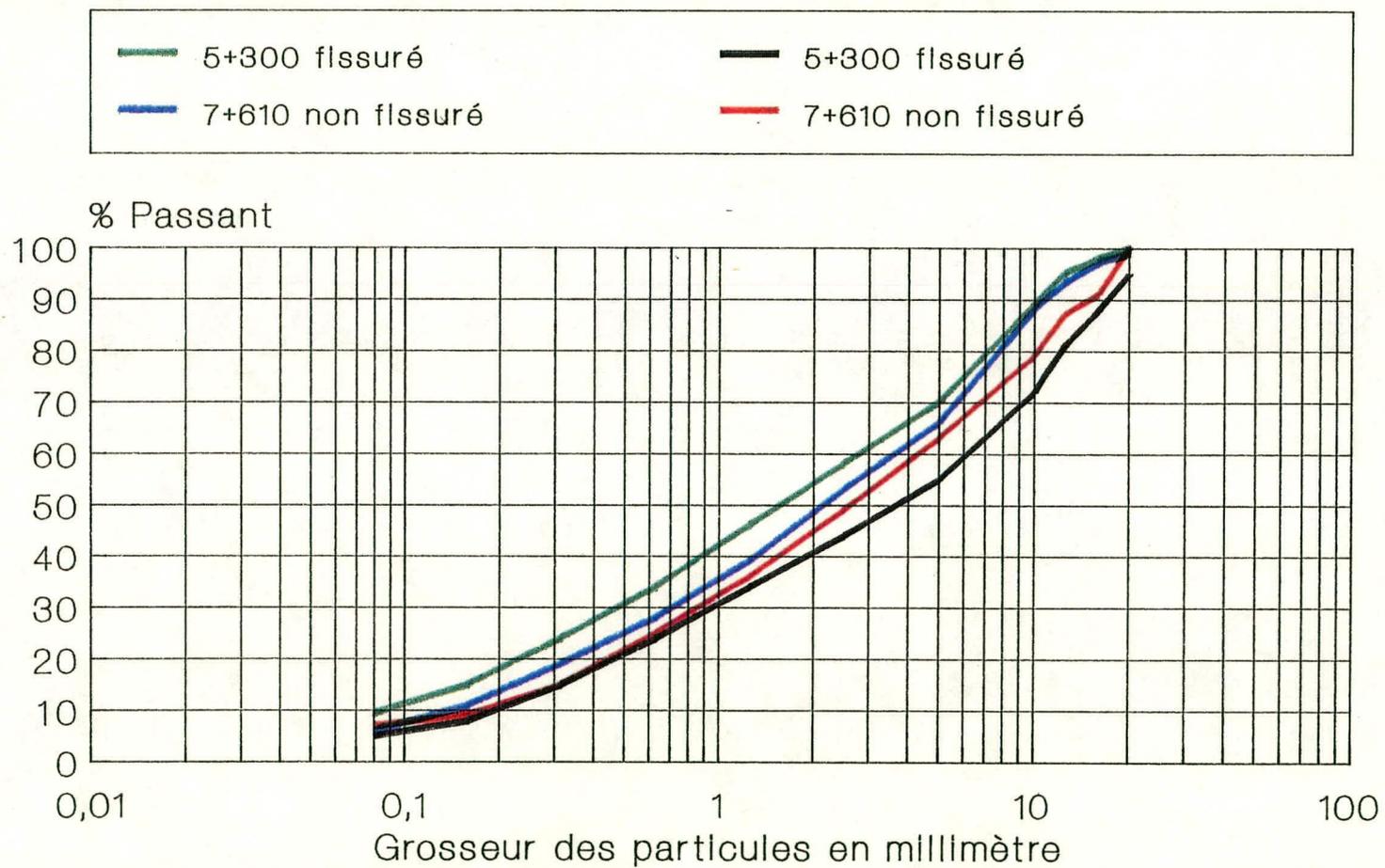
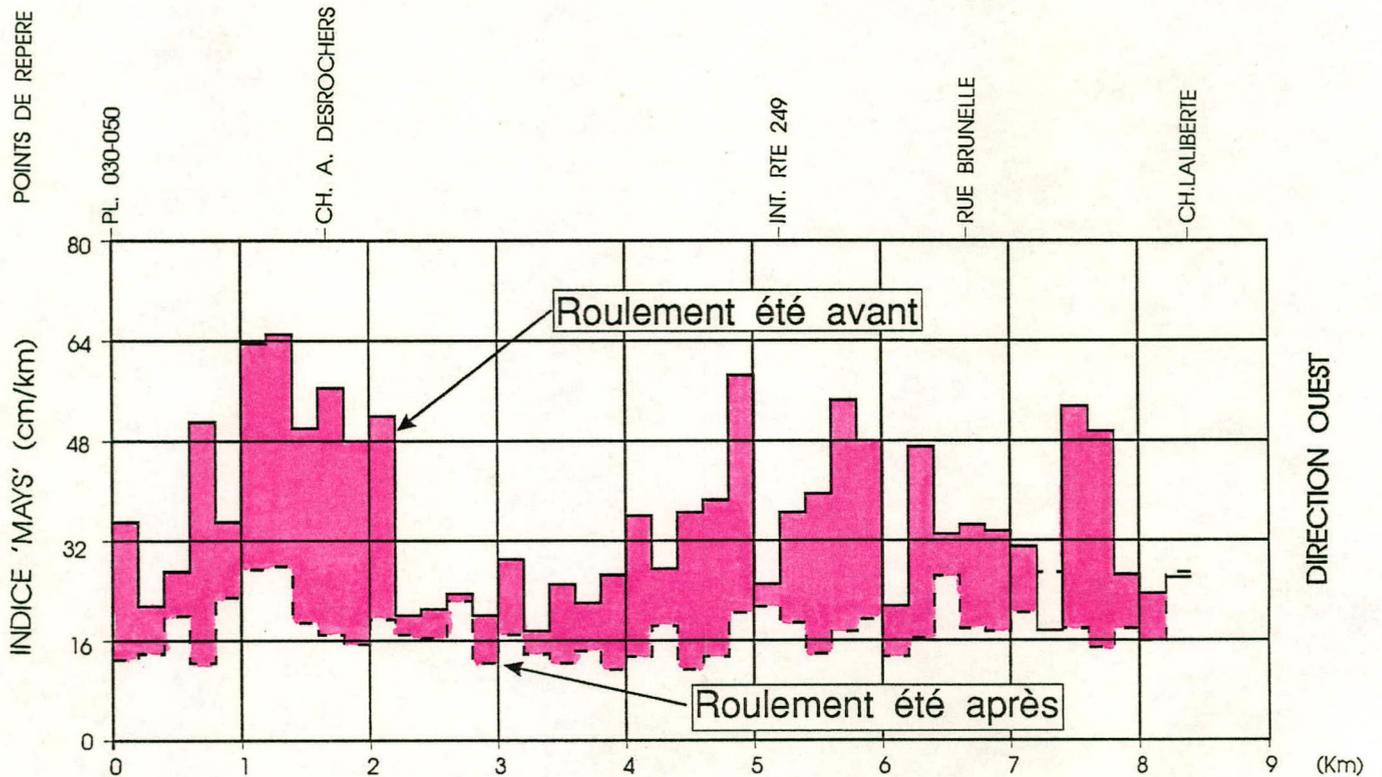
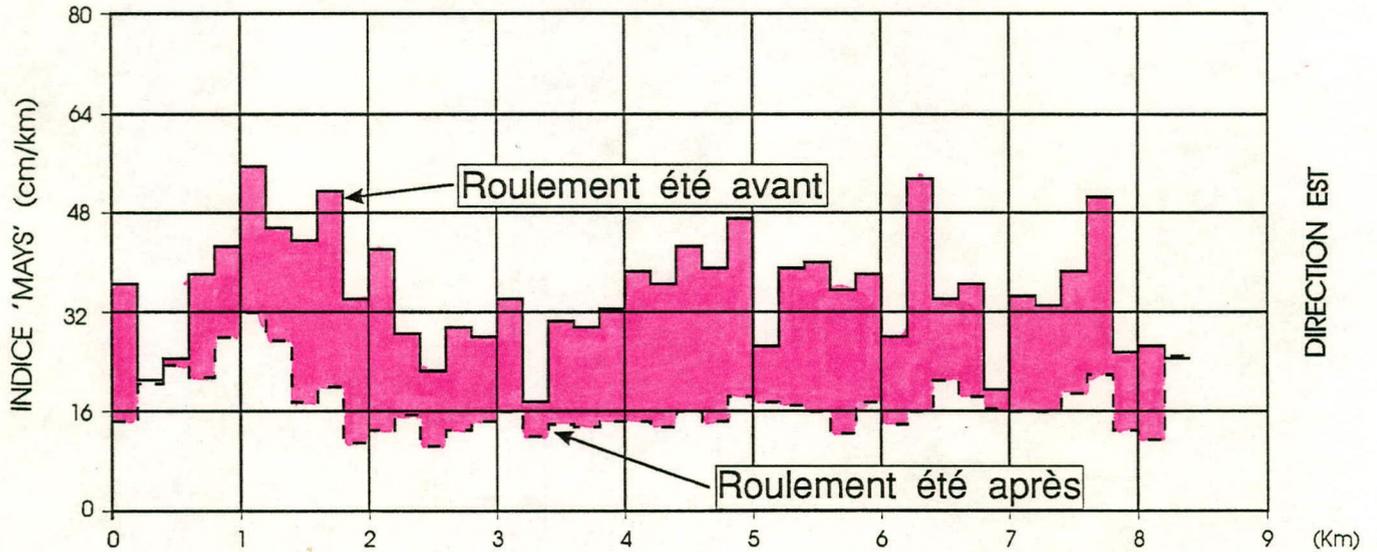




FIGURE 12A : QUALITÉ DE ROULEMENT MAYS

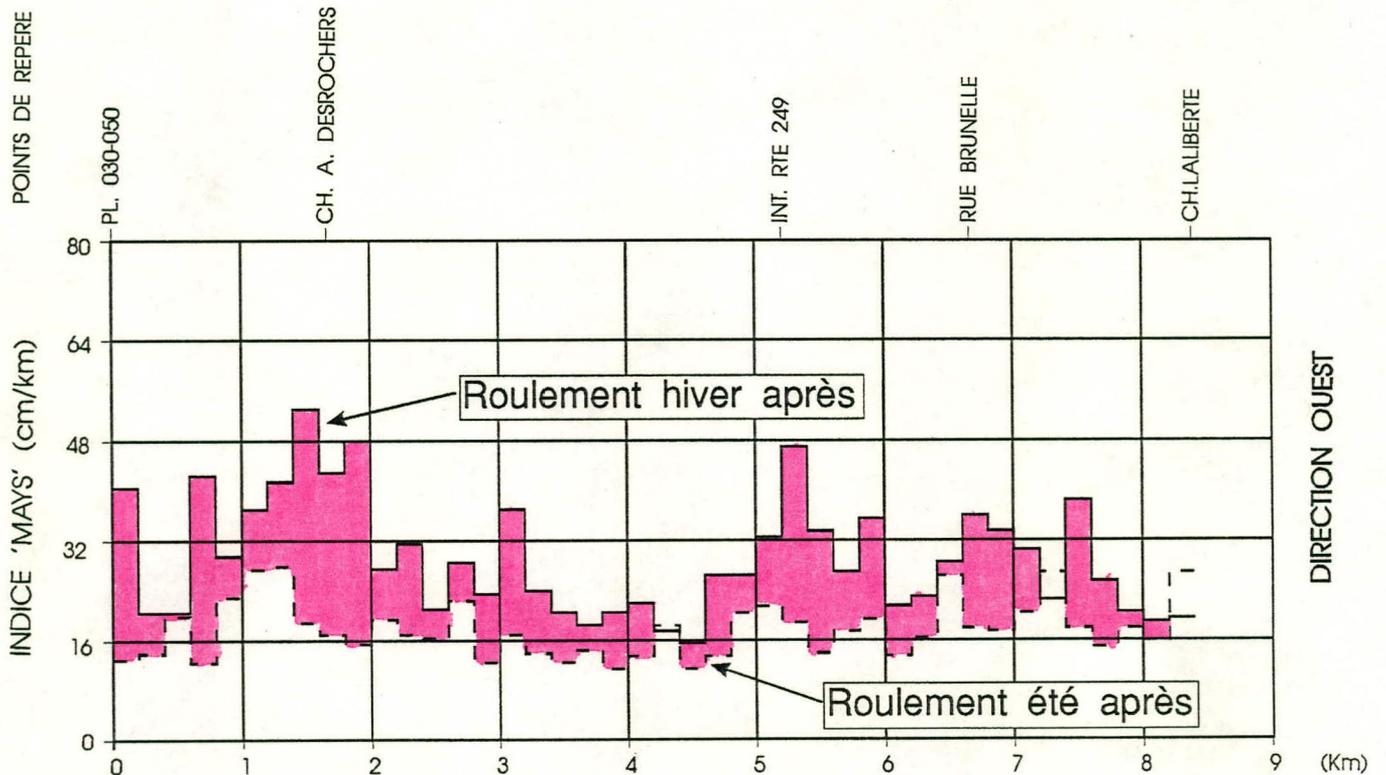
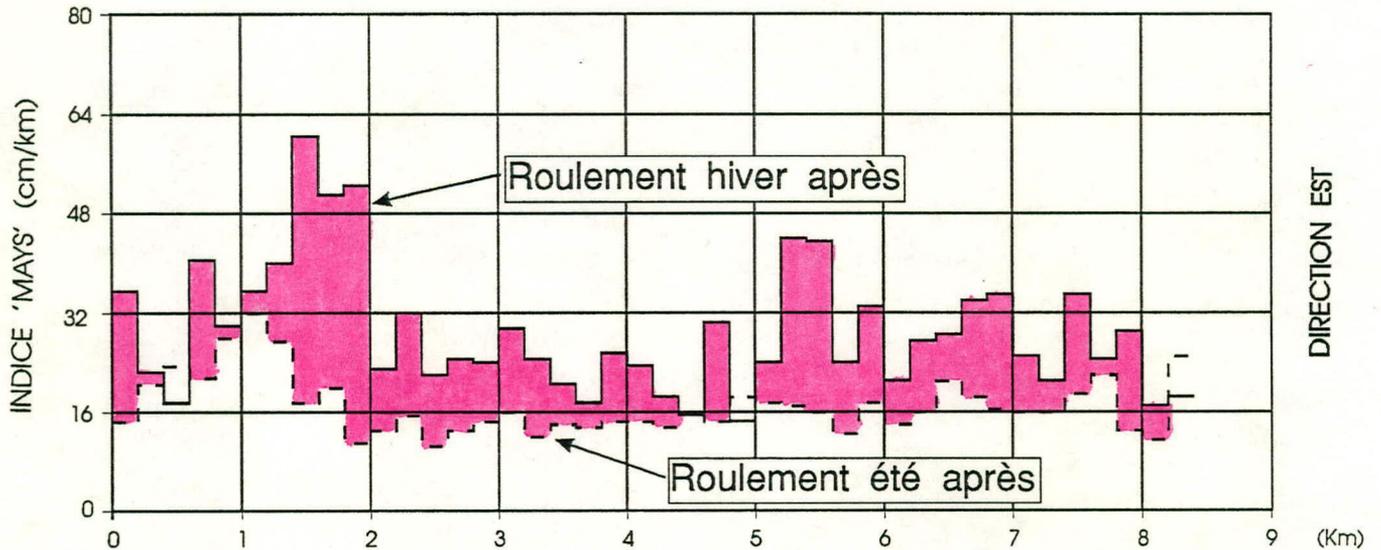
ROUTE 220 ST-ÉLIE D'ORFORD

DATE DES ESSAIS : 1990-08-09	DATE DES ESSAIS : 1992-08-13
TEMP. (°C) : 22	TEMP. (°C) : 22
VITESSE (km/h) : 80	VITESSE (km/h) : 80



ROUTE 220 ST-ÉLIE D'ORFORD

DATE DES ESSAIS : 1991-03-12	DATE DES ESSAIS : 1992-08-13
TEMP. (°C) : 0	TEMP. (°C) : 22
VITESSE (km/h) : 80	VITESSE (km/h) : 80



**TABLEAU 1 : DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION
ROUTE 220 ST-ÉLIE-D'ORFORD
RÉGION 5 ESTRIE
1990 - 1992**

AMÉLIORATION DE LA PORTANCE (DYNAFLECT)

CHAINAGE Km	PERTE EN % 1990-10-25		GAIN EN % 1991-06-20		GAIN EN % (*) 1992-11-13	
	EST	OUEST	EST	OUEST	EST	OUEST
0.0 à 0.5	-21	-16	24	18	25	17
0.5 à 1.75	-16	-21	32	20	13	5
1.75 à 3.5	-13	-27	27	11	22	2
3.5 à 5.5	-18	-26	22	12	14	2
1.75 à 5.0	-14	-27	26	10	21	4
5.0 à 6.0	-18	-20	18	10	5	-1
6.0 à 8.3	-18	-23	19	5	4	-8
Globale	-16	-23	21	8	15	3

(*) : Ces données concernent les points critiques, affichant des dégradations visibles. De plus, elles sont le résultat de 29 points de relevés comparé aux autres relevés avec 160 points d'essai environ.

(**): Noter la différence de la voie ouest qui est toujours en arrière de la voie est (ensoleillement différent, w % différente, J.M.A., etc.)

(***): La portance n'est pas le seul objectif du procédé.

Service des Sols et Chaussées
A. Amiri, P. Lefrançois
1992-12-04

**TABLEAU 2 : DÉCOHÉSIONNEMENT-STABILISATION
ROUTE 220 ST-ÉLIE-D'ORFORD
RÉGION 5 - ESTRIE
1990-1992**

AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE ROULEMENT (MAYS)

Chainage Km	(*)Gain %			
	Hiver après VS Été avant (91-03-12) (90-08-09)		Été après VS Été avant (92-08-13) (90-08-09)	
	EST	OUEST	EST	OUEST
0.0 à 1.0	10.2	9.4	33.5	51.3
1.0 à 2.0	-4.1	21.4	53.0	62.2
2.0 à 5.0	30.6	20.5	57.1	48.2
5.0 à 6.0	5.9	13.8	55.0	55.0
6.0 à 8.3	21.9	19.8	48.5	41.2
Gain global	14.7	18.3	51.3	50.2

(*)N.B.: Dans nos conditions climatiques, la qualité de roulement est généralement moins bonne que celle d'été. Ici, en raison du manque de données hivernales avant intervention, nous avons comparé l'été avant avec l'hiver après (sous estimation de gain).

Service des sols et chaussées
A.Amiri , P.Lefrançois

PHOTOS

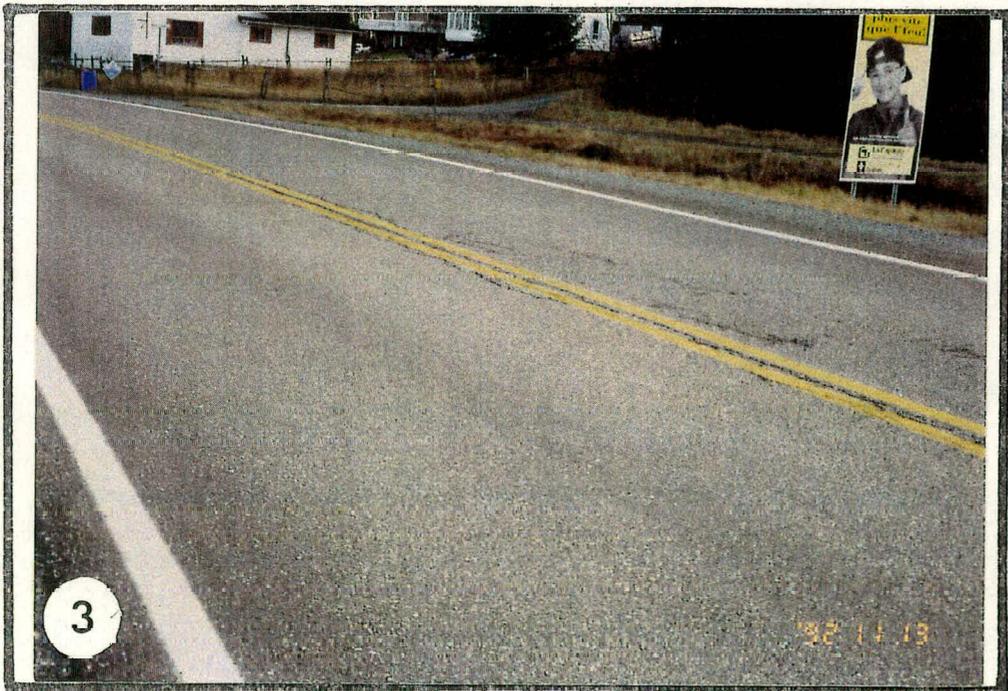
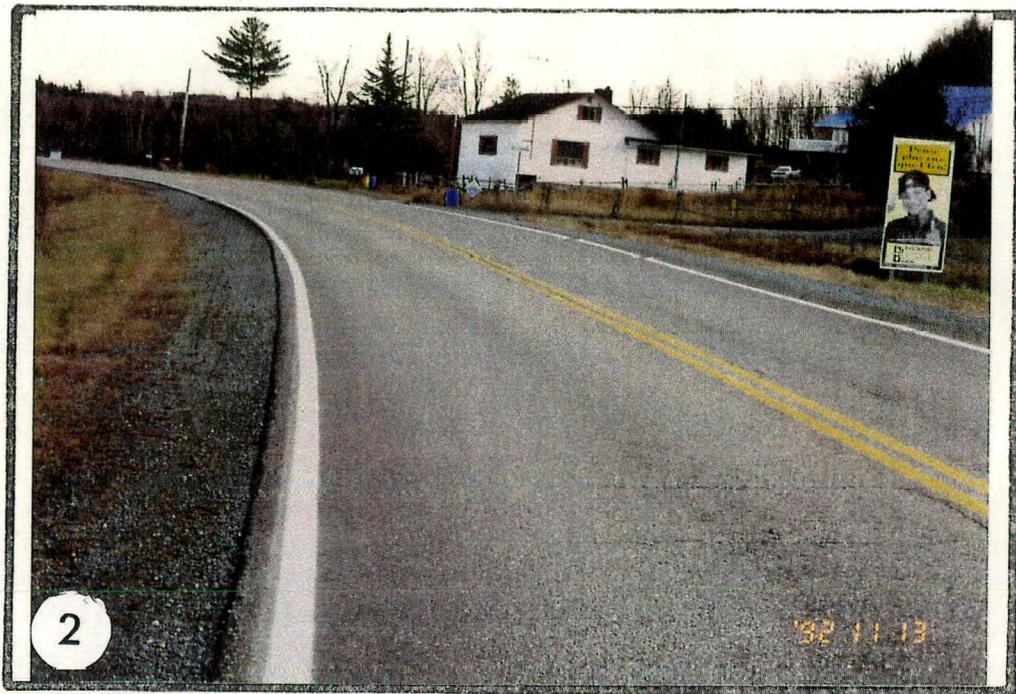
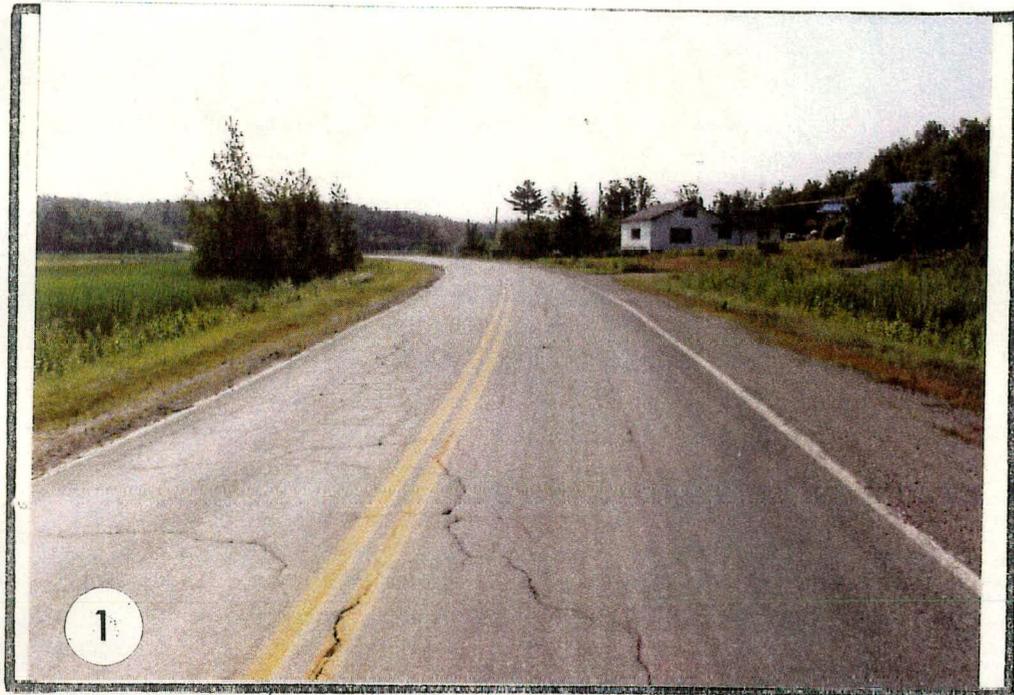
DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION

ROUTE 220 - ST-ELIE D'ORFORD

RÉGION 05 - ESTRIE

ÉVALUATION PAR ANALYSE COMPARATIVE DES DÉGRADATIONS AVANT ET APRES L'INTERVENTION

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
1	0+000	Lézardes et fissures polygonales provoquées par une super-structure et infrastructure saturées d'eau et le gel.
2 et 3	0+000	Poinçonnement causé par une faiblesse structurale ponctuelle.
3 et 4	0+000	Début de la fissuration au €, effet du gel.
N.B.:		Soulignons que l'assiette de la route était et reste satisfaisante dûe à une capacité de support assez forte.
4	0+000	A remarquer le profil bas de la chaussée et le plan d'eau libre en arrière-plan à gauche.



DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION

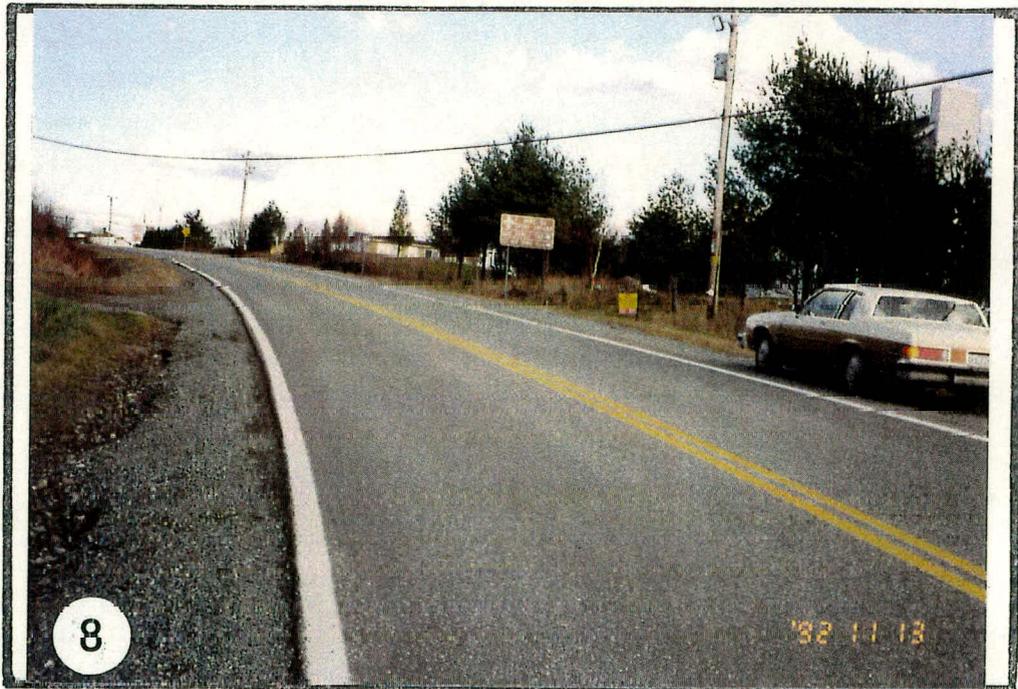
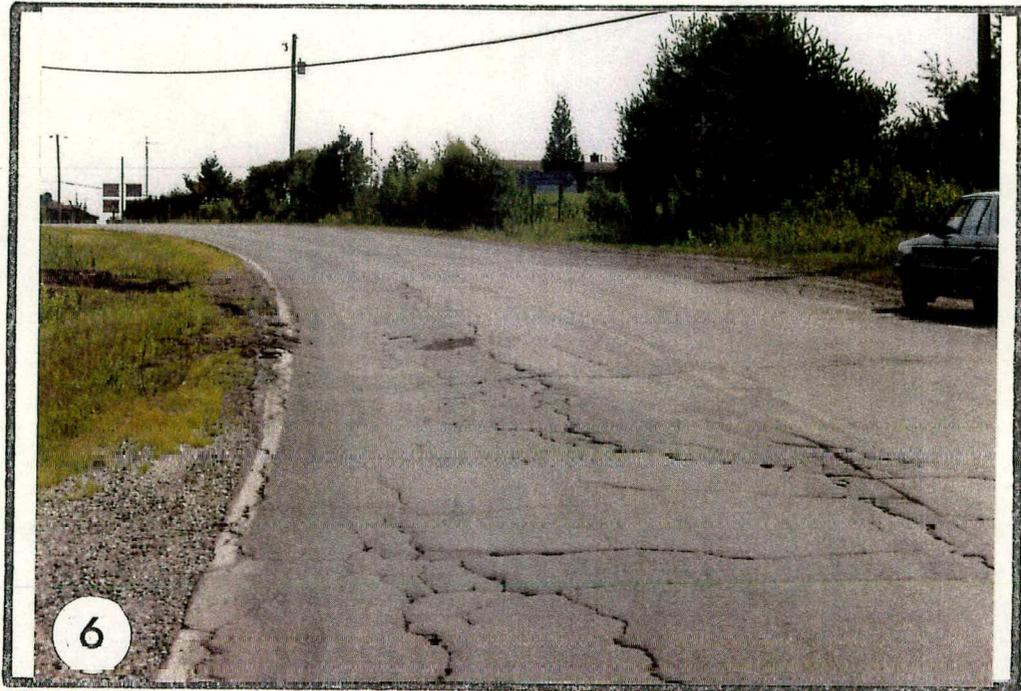
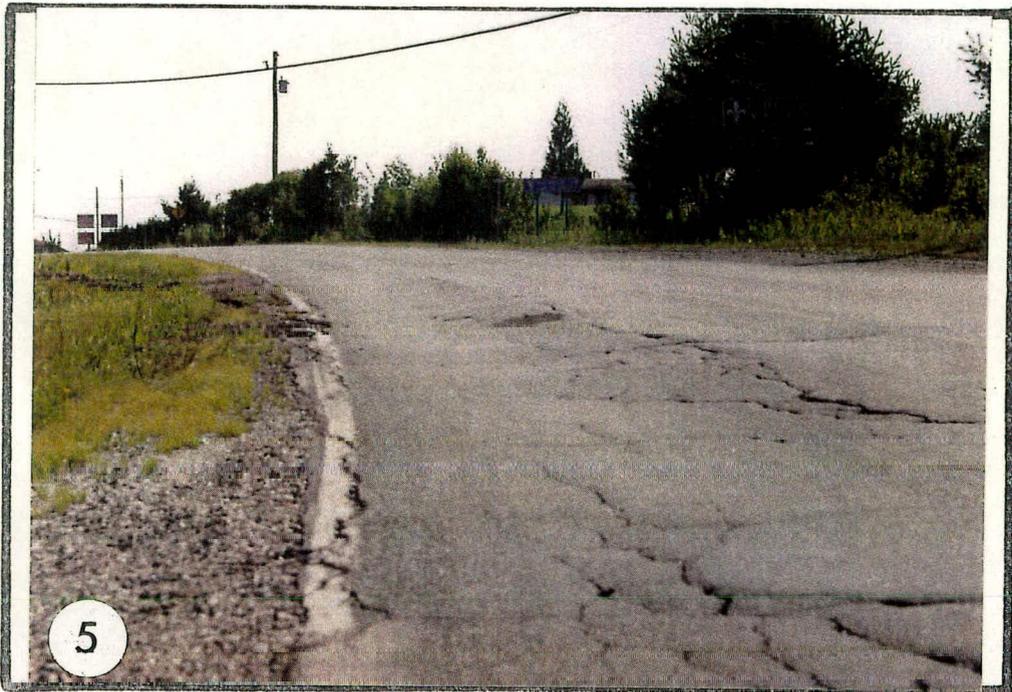
ROUTE 220 - ST-ELIE D'ORFORD

RÉGION 05 - ESTRIE

ÉVALUATION PAR ANALYSE COMPARATIVE DES DÉGRADATIONS AVANT ET APRES L'INTERVENTION

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
5 et 6	1+425	Fissures transversales, polygonales, lézardes provoquées par la fatigue thermique, vieillissement et le gel. Remarquez l'ouverture des fissures facilitant la contamination des fondations (eau, sel).
7 et 8	1+425	Résultat très satisfaisant; enrobé neuf et flexible avec une couche de base homogénéisée stable peu sensible à l'eau et aux variations de température.

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



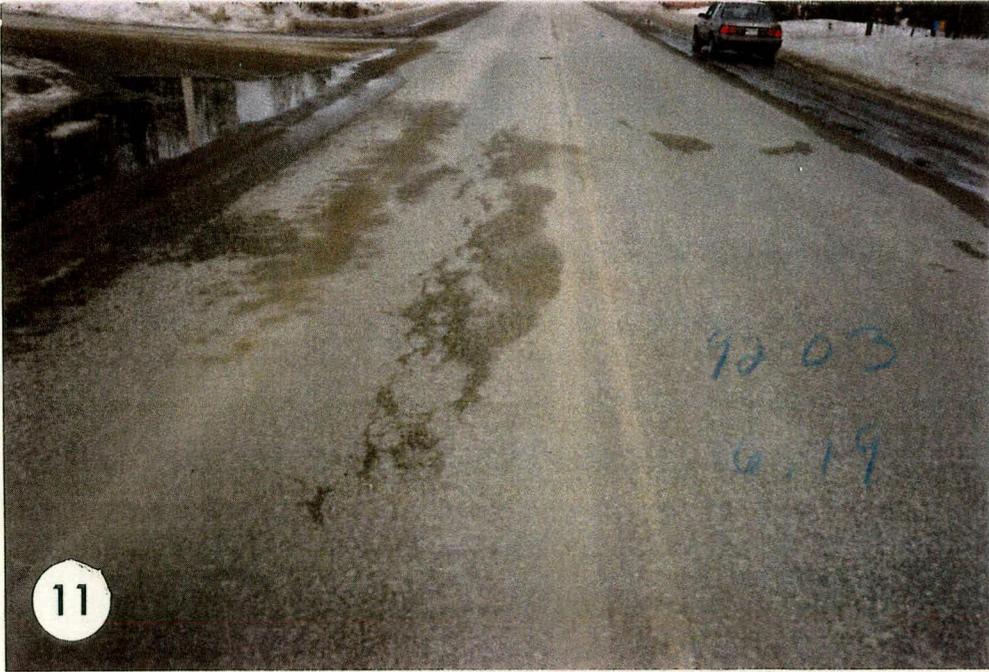
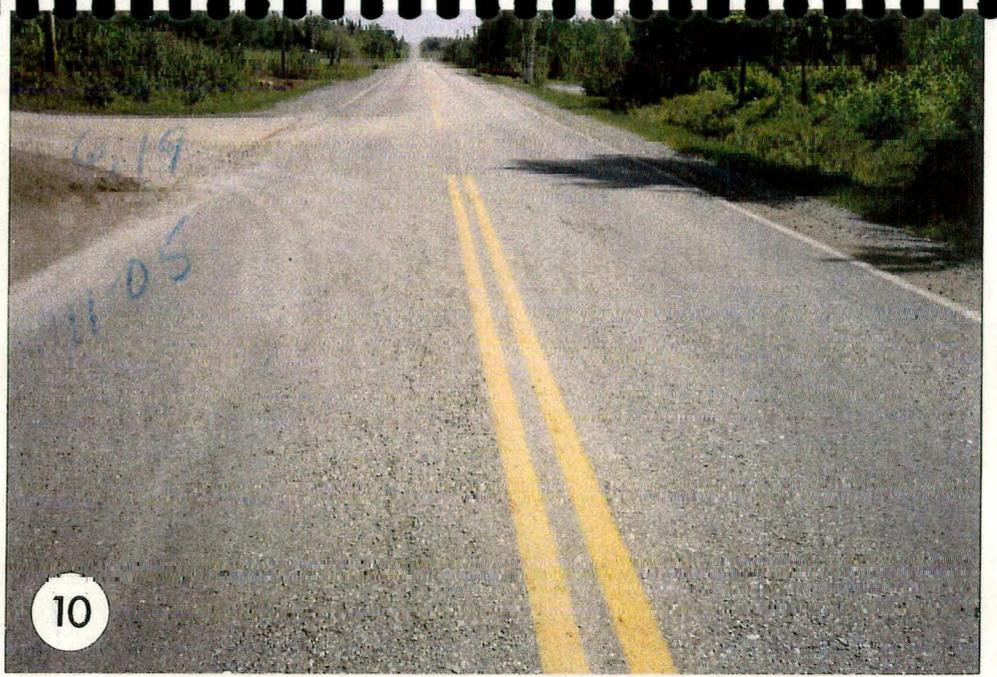
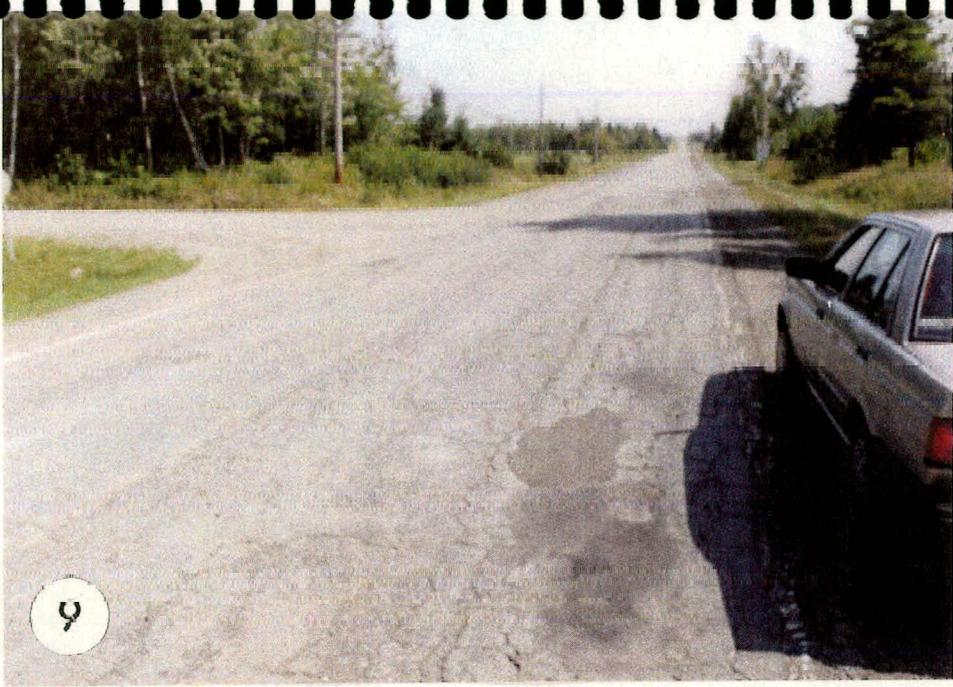
DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION

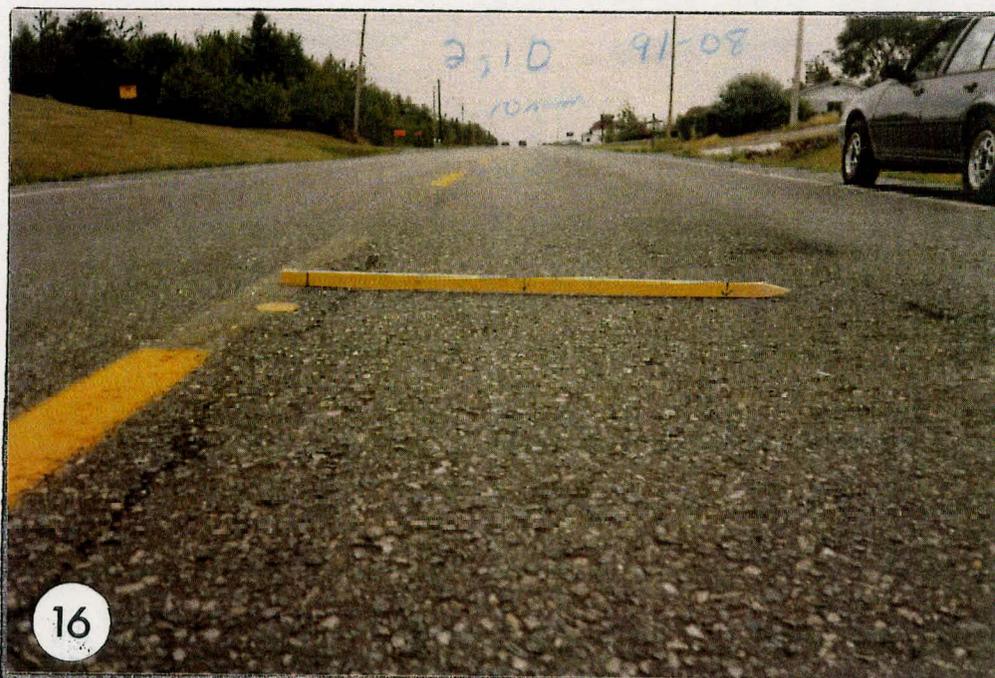
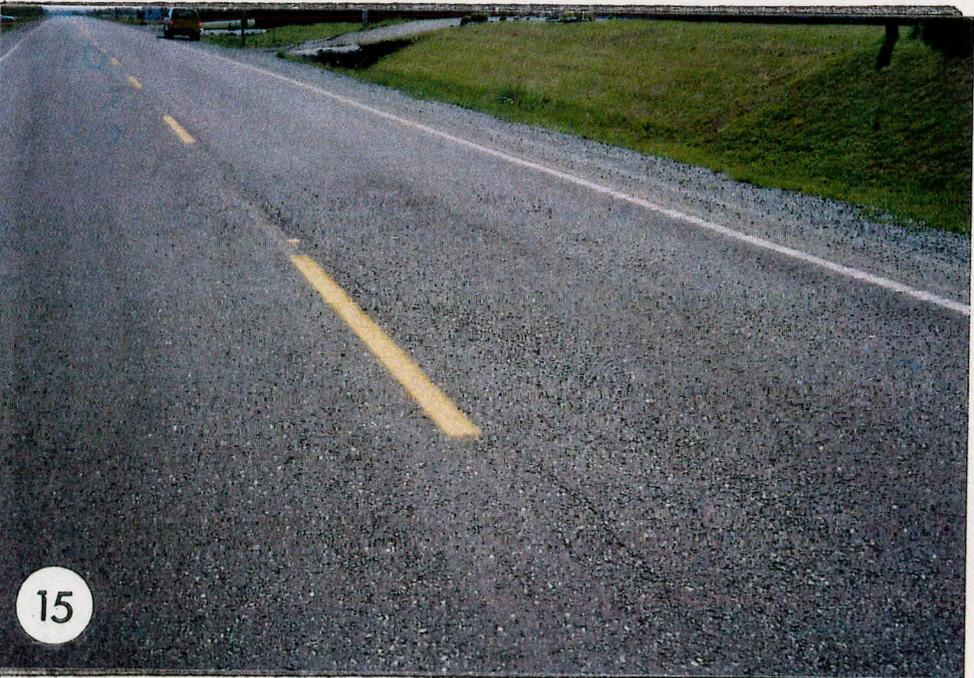
ROUTE 220 - ST-ELIE D'ORFORD

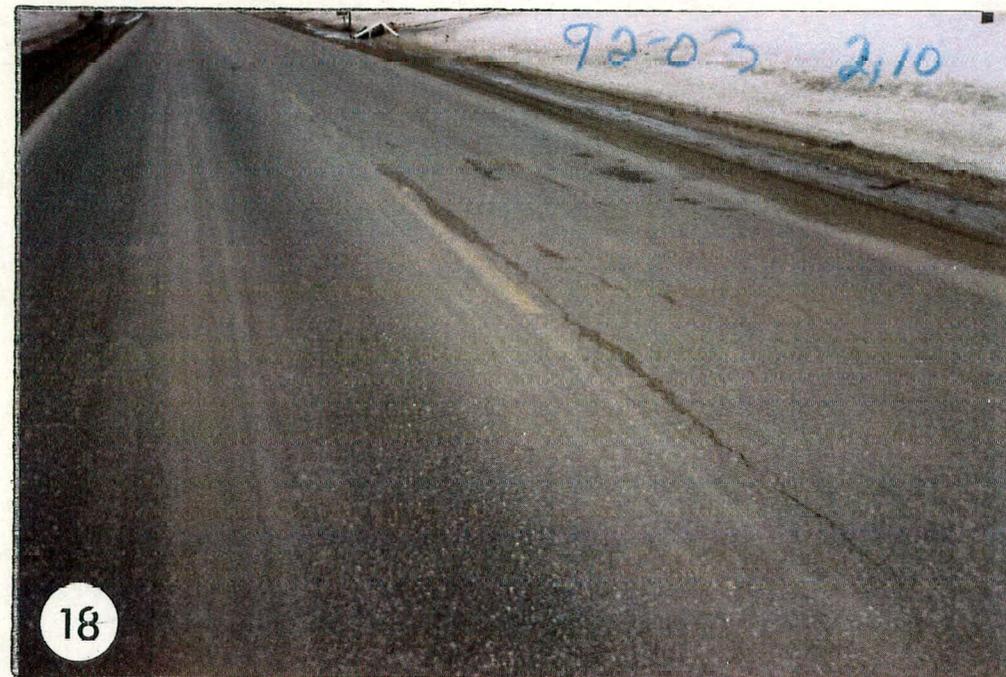
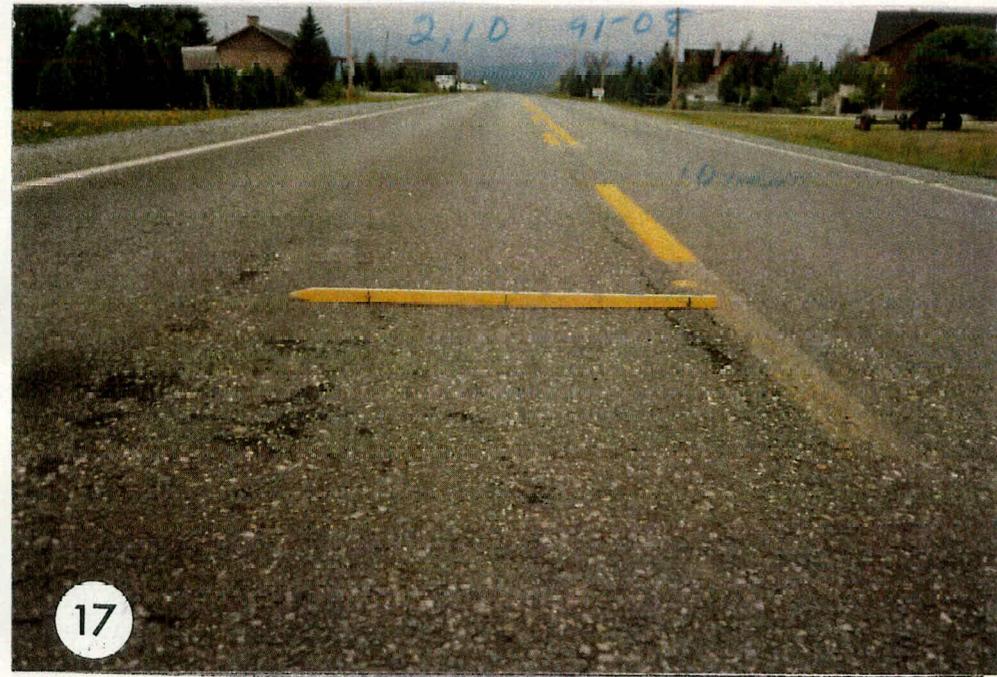
RÉGION 05 - ESTRIE

ÉVALUATION DU RENDEMENT DE PROCÉDÉ PAR ANALYSE COMPARATIVE DE L'ÉTAT DE SURFACE AVANT ET APRES L'INTERVENTION

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
9	6+223	Enrobé fatigué, oxydé, vieilli et affecté de polygones à petite maille (carrelage) et de rapiéçage.
10 et 11	6+223	Disparition complète du patron de fissures. Une couche de roulement neuve et flexible, posée sur une couche de base uniforme stable.







<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION

ROUTE 220 - ST-ELIE D'ORFORD

RÉGION 05 - ESTRIE

ANALYSE DE CAUSES ET EFFETS DE DÉGRADATION DE LA CHAUSSÉE AVANT ET APRES L'INTERVENTION

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
13	2+030	Couche de roulement affectée par des fissures longitudinales intenses et du carrelage (fatigue plus ou moins généralisée). Enrobé mince, profil en déblai, ornières structurales.
14 à 18	2+100	La cure retardée par une teneur en eau élevée, portance faible (pendant les premiers mois après stabilisation). Conséquences; fatigue, déformations plastiques (OR \leq 10 mm).
16 et 17	2+100	A remarquer le désenrobage et l'arrachement (début nid de poule).

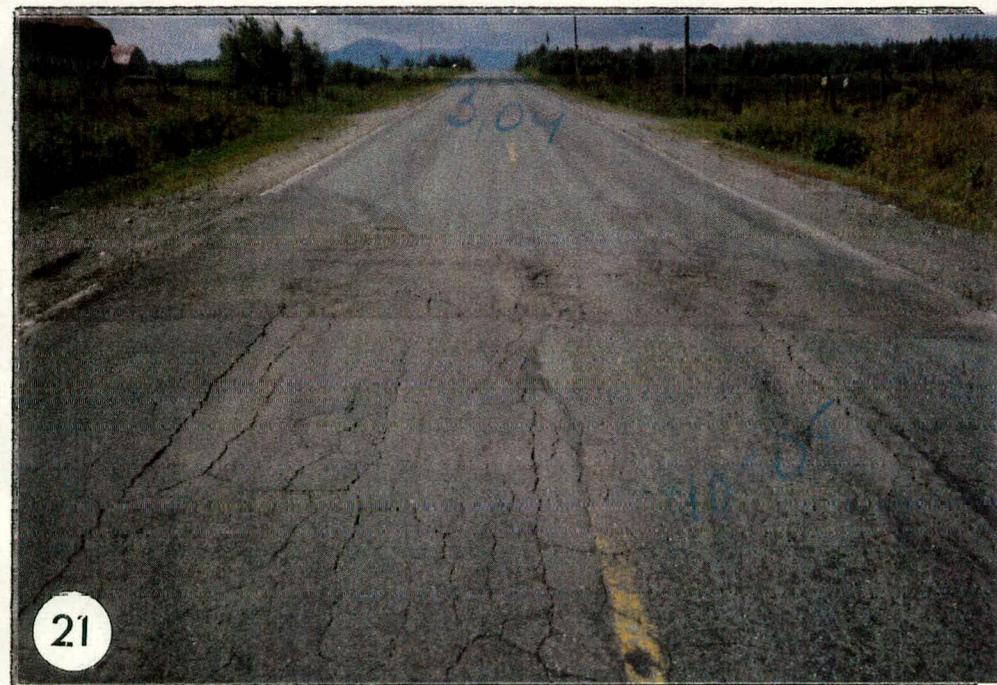
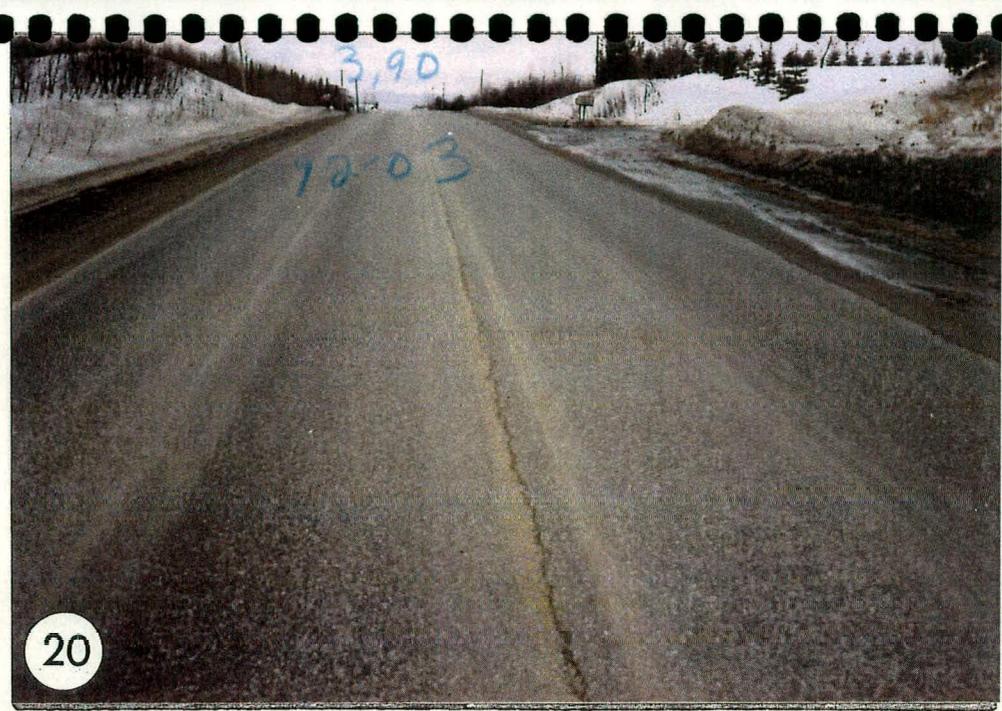
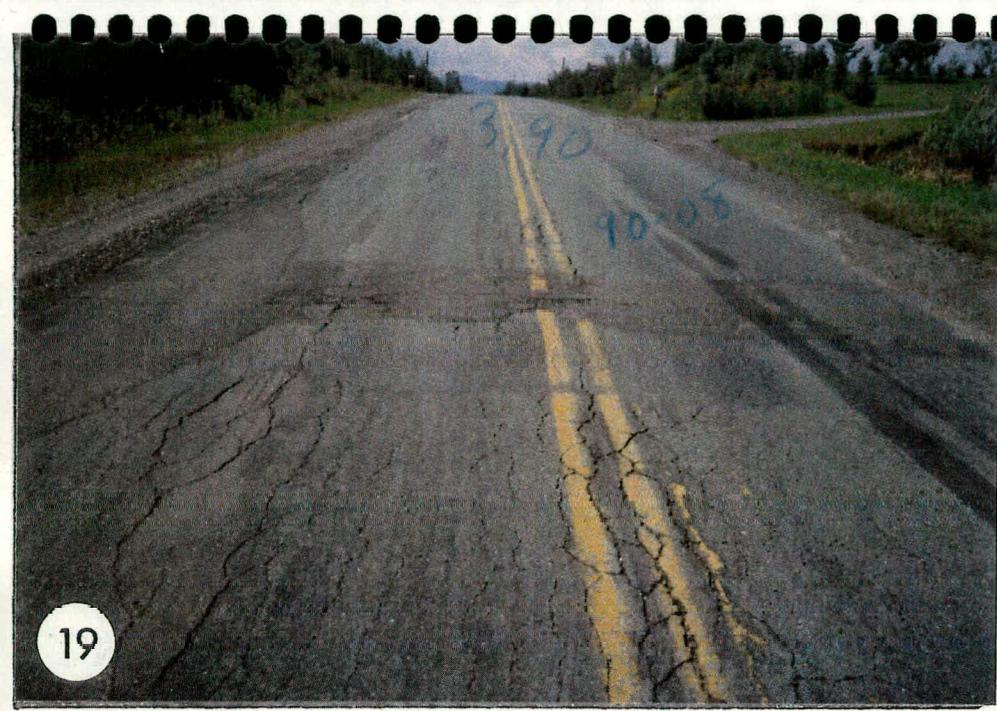
DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION

ROUTE 220 - ST-ELIE D'ORFORD

RÉGION 05 - ESTRIE

ANALYSE DES CAUSES ET EFFETS A PARTIR DE L'ÉTAT DE LA CHAUSSÉE AVANT ET APRES L'INTERVENTION

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
19	3+900	Fatigue généralisée, prononcée dans les traces de roues. Fondation supérieure déficiente.
20	3+900	Améliorations considérables. Fissure longitudinale au C reliée au joint froid.
21	3+040	Idem à la photo #19.
22	3+040	Amélioration notable. Remarquez la déformation ponctuelle provoquée par la présence d'eau, cure retardée ou stabilisation non uniforme.



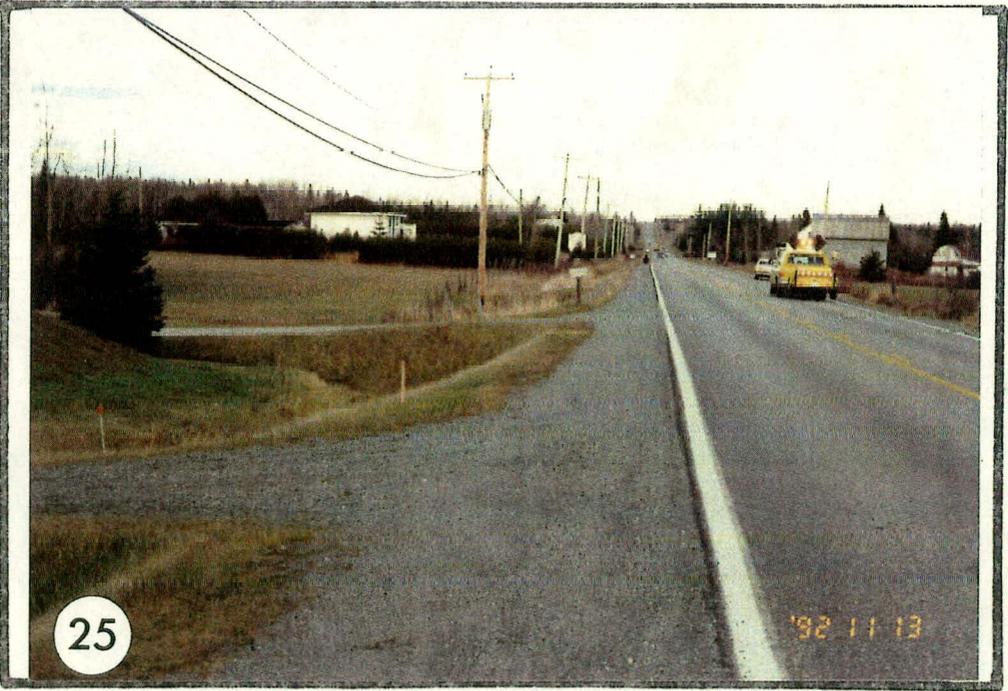
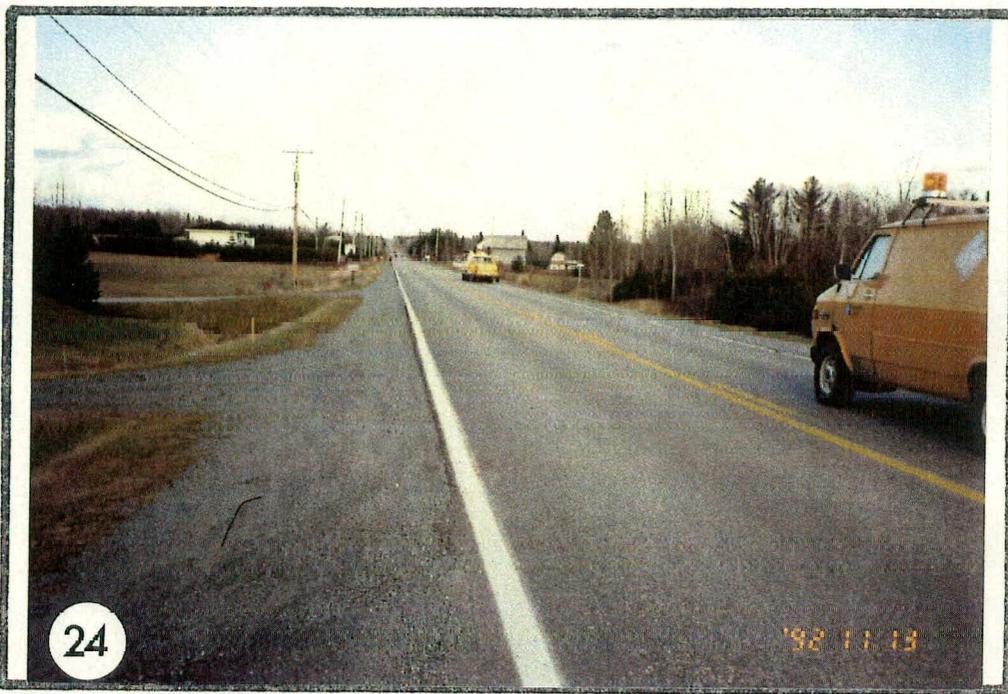
DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION

ROUTE 220 - ST-ELIE D'ORFORD

RÉGION 05 - ESTRIE

ÉVALUATION DU RENDEMENT DE PROCÉDÉ PAR COMPARAISON DE L'ÉTAT
DE SURFACE AVANT ET APRES L'INTERVENTION

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
23	5+493	Fatigue plus ou moins générale de la couche de roulement, provoquée par vieillissement, oxydation et fatigue thermique. Remarquez l'assiette satisfaisante de la route (route en remblai).
24 à 26	5+493	Aspect général satisfaisant.
26	5+493	A noter le joint froid au C plus ou moins ouvert. Remarquez le 4ième essai dynaflect, visant à suivre l'évolution de la cure pour analyse des bassins de déflexion.



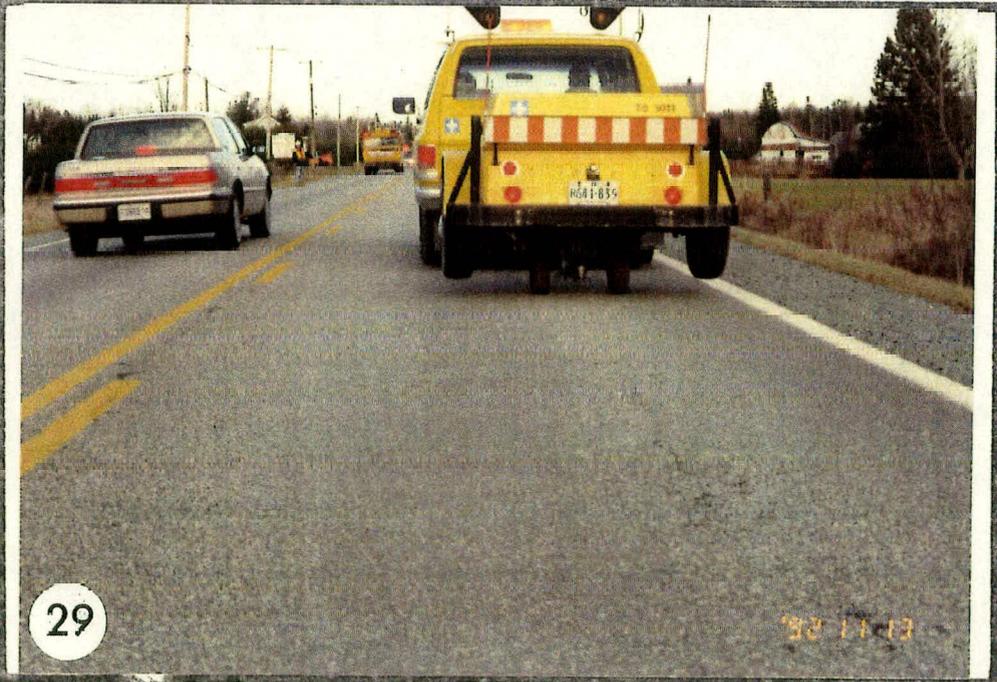
DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION

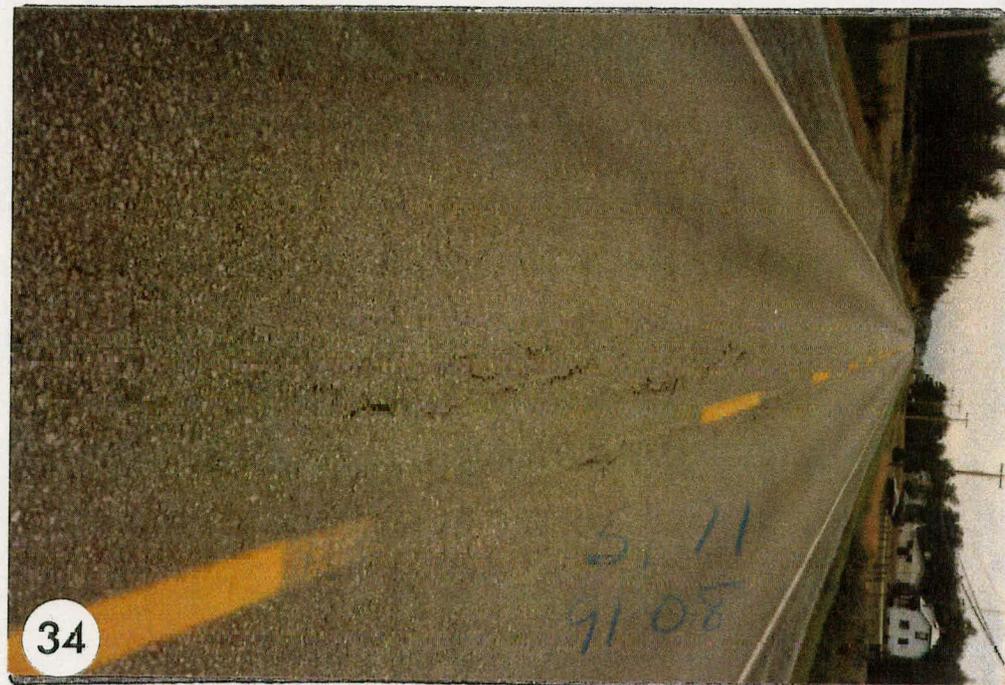
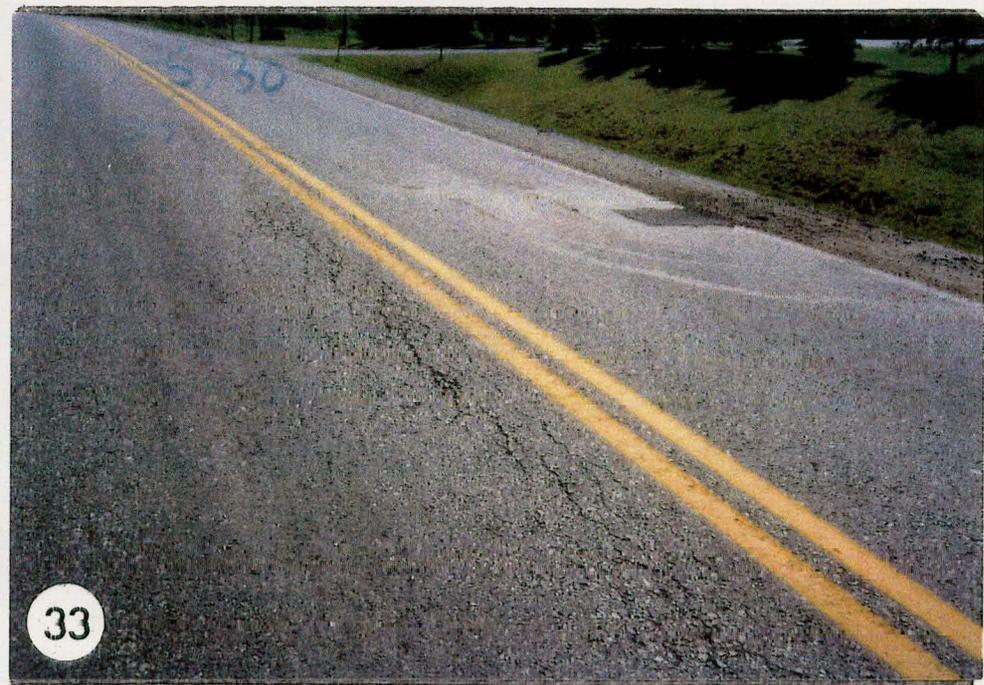
ROUTE 220 - ST-ELIE D'ORFORD

RÉGION 05 - ESTRIE

ÉVALUATION DU RENDEMENT DE PROCÉDÉ PAR ANALYSE COMPARATIVE DE L'ÉTAT DE SURFACE

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
27	5+736	Fissures polygonales aux mailles serrées (carrelage) provoquées par vieillissement. Oxydation et de la fatigue thermique de même que la déficience de la couche de base (F.S.) causée par un sol médiocre contaminé par l'eau et déglacant infiltrés par les fissures.
28	5+736	Fissure longitudinale plus ou moins ouverte au Φ (causé par le joint froid).
28, 29, 30	5+736	Le Dynaflect sur ses roues métalliques et les 5 géophones pour relevé de déflexion.
29	5+736	A remarquer l'arrachement avancé dans les roulières (début de nid de poule, MB-20).







<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

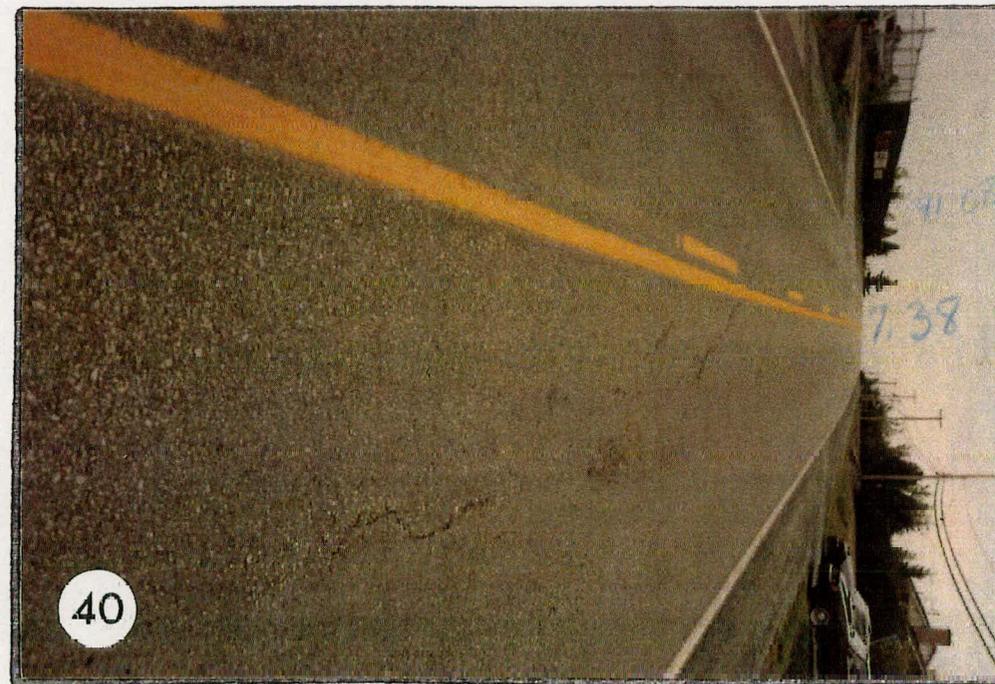
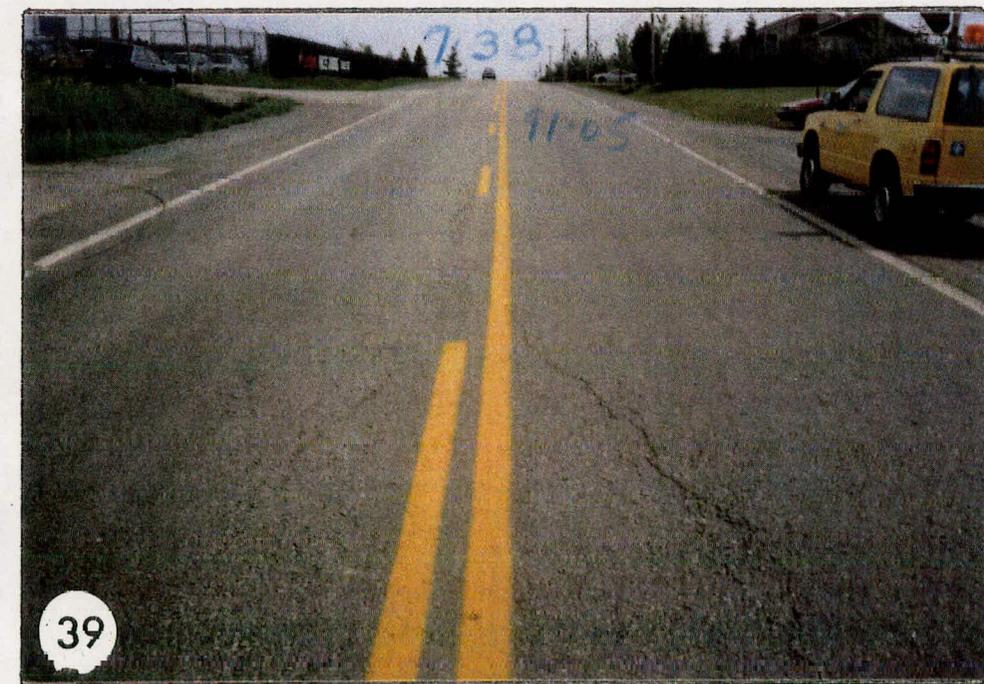
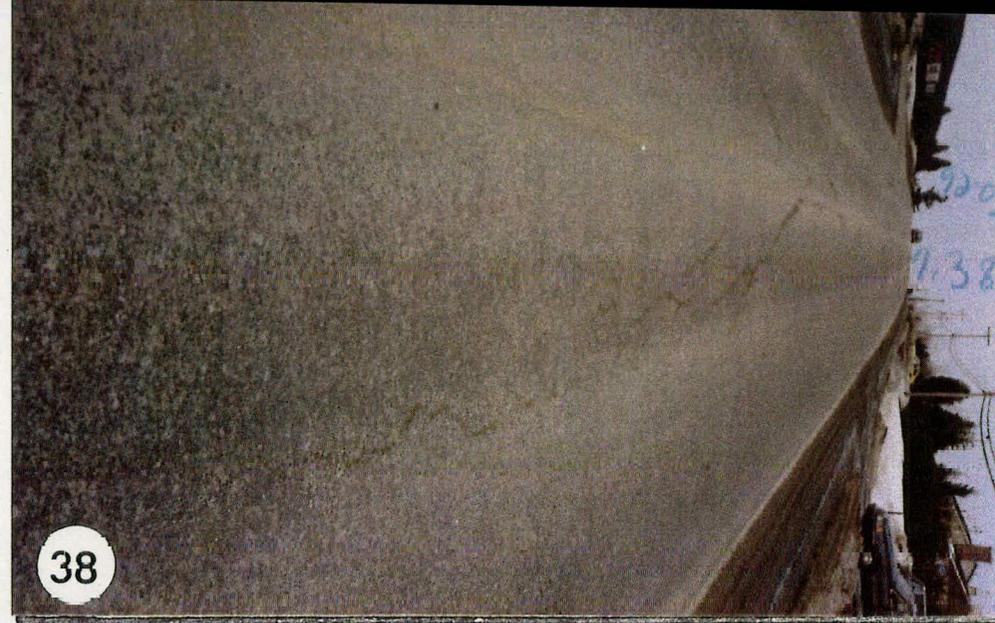
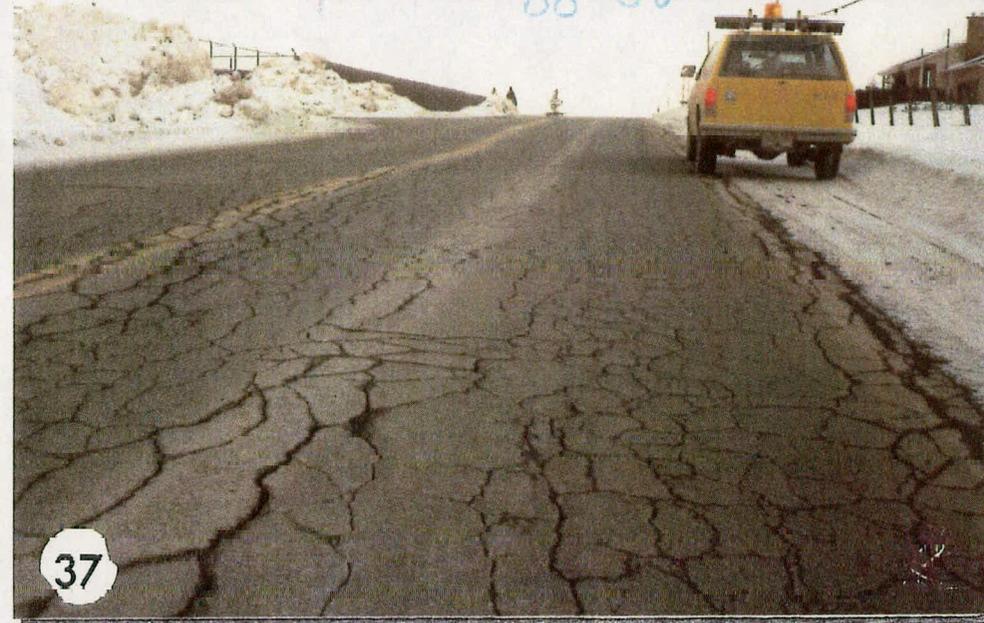
DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION

ROUTE 220 - ST-ELIE D'ORFORD

RÉGION 05 - ESTRIE

**ANALYSE DE CAUSES ET EFFETS A PARTIR DE L'ÉTAT DE LA CHAUSSÉE
AVANT ET APRES L'INTERVENTION**

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
31	5+950	Fissuration, orniérage et fatigue généralisée due à un vieillissement de l'enrobé et une couche de base médiocre, humide à faible portance (chaussée en déblai).
32, 33, 34	5+950	Évolution progressive des fissures longitudinales multiples dans les traces de roues, causées par une faible portance de la couche de base (la cure retardée, W% élevé) sans oublier l'utilisation inappropriée du MB-20 à épaisseur faible et variable (60 à 35 mm selon le C.R.).
35 et 36	5+130	Les carottes d'enrobé MB-20 de 35 mm d'épaisseur. Notez l'absence d'adhésion entre le revêtement et la couche de base.





41

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION

ROUTE 220 - ST-ELIE D'ORFORD

RÉGION 05 - ESTRIE

**ANALYSE DE CAUSES ET EFFETS A PARTIR DE L'ÉTAT DE LA CHAUSSÉE,
AVANT ET APRES L'INTERVENTION**

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
37	7+390	Carrelage intense généralisé causé par un revêtement vieilli, oxydé et durci, posé sur une couche de base médiocre, humide à faible portance.
38 et 41	7+390	Début de lézarde provoquée par le gel.
39 et 40	7+390	Fatigue et ornière causées par un enrobé MB-20 mince, sollicité par un transport lourd intense dès le premier printemps (la cure à peine amorcée).

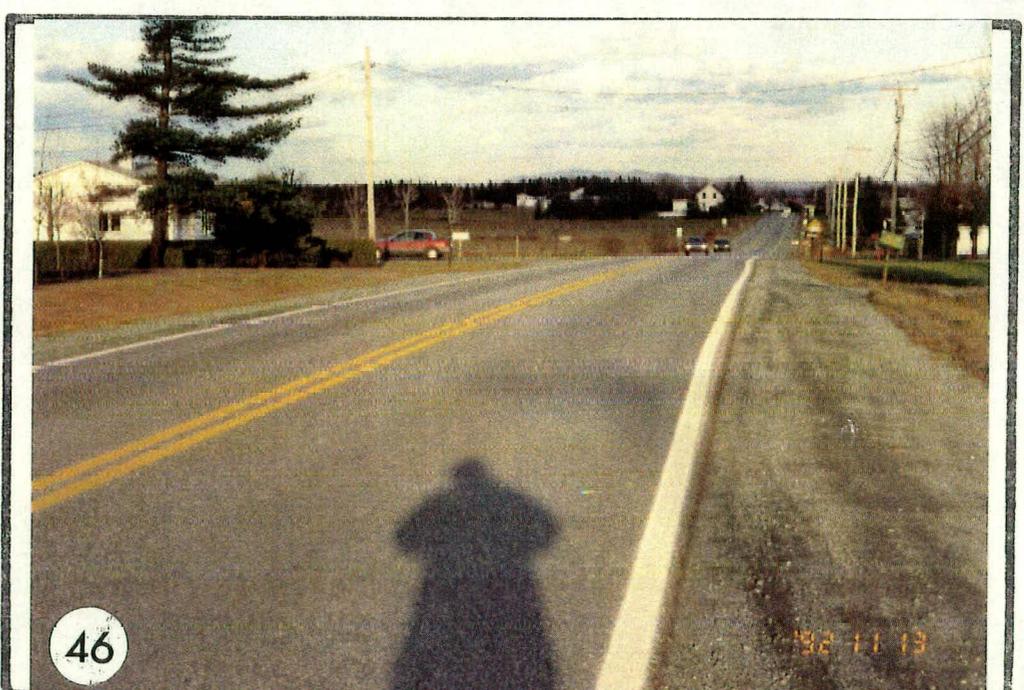
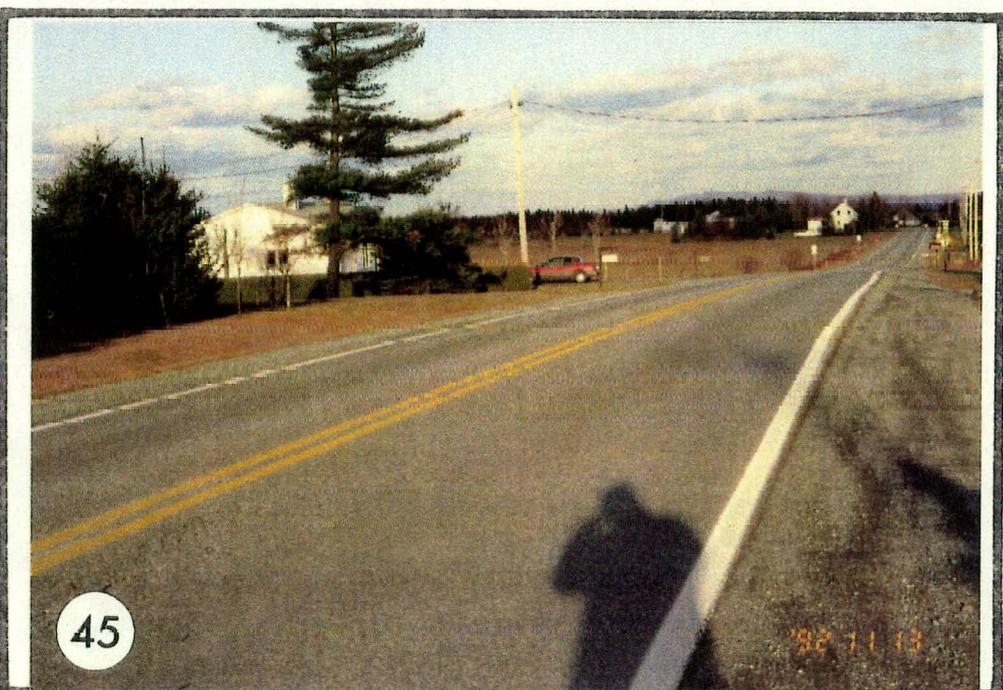
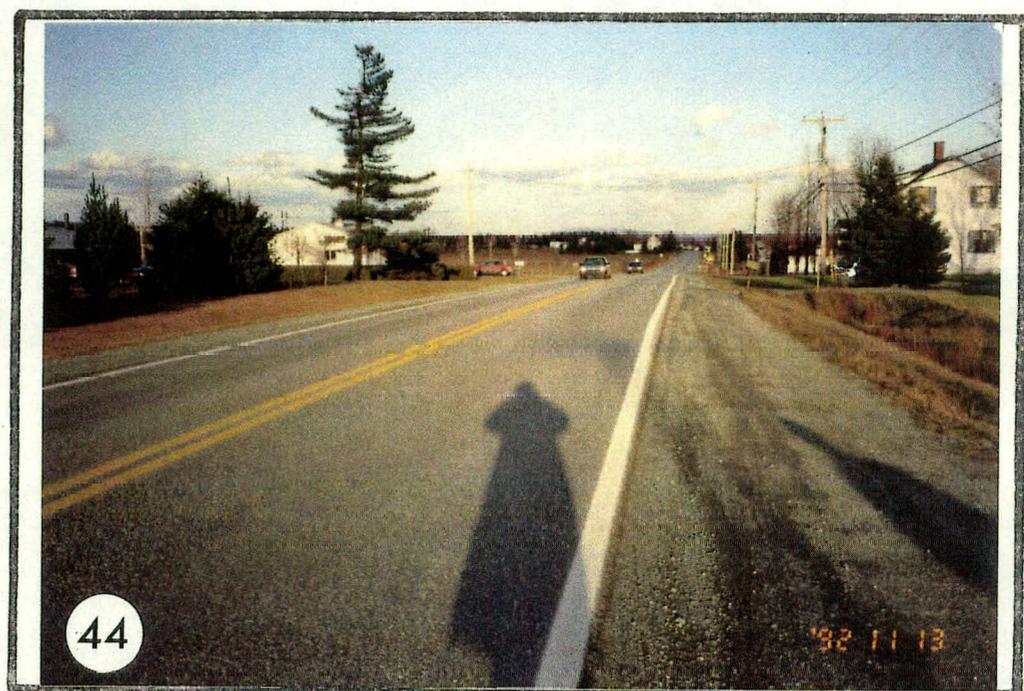
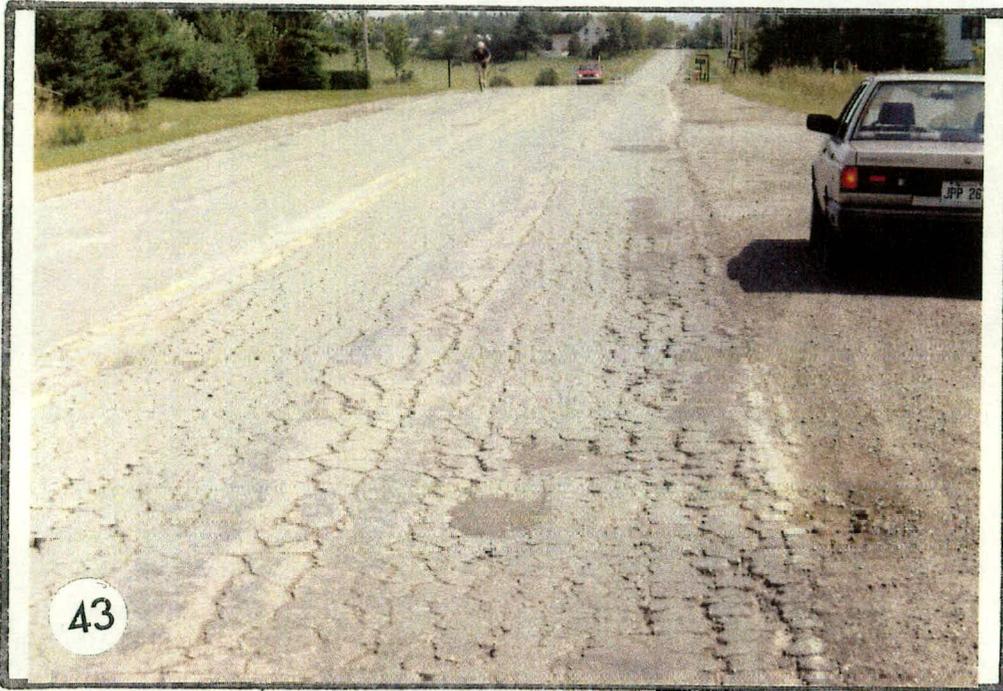
DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION

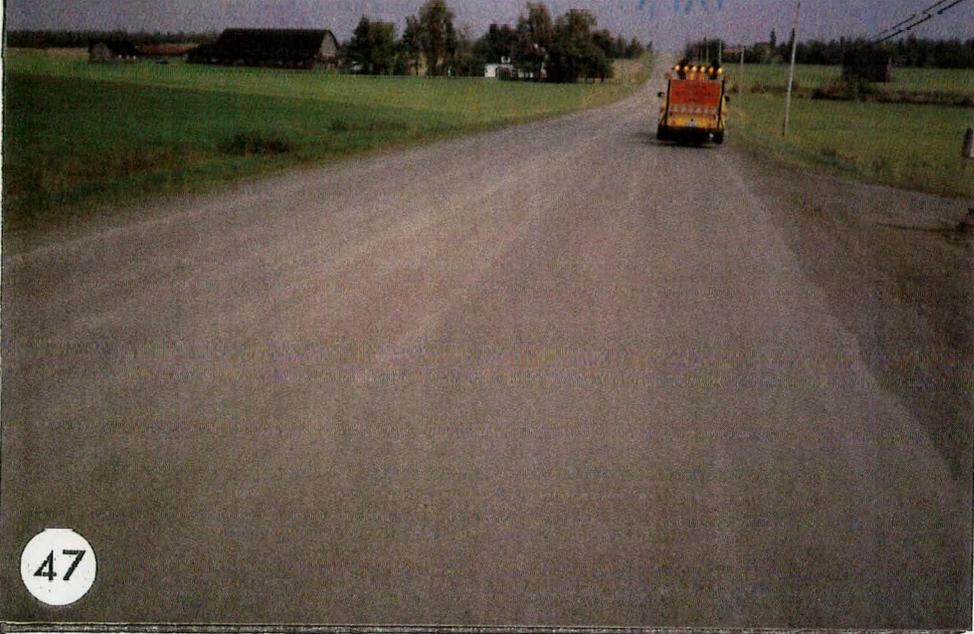
ROUTE 220 - ST-ELIE D'ORFORD

RÉGION 05 - ESTRIE

ÉVALUATION DU RENDEMENT PAR ANALYSE DE L'ÉTAT DE LA CHAUSSÉE
AVANT ET APRES L'INTERVENTION

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
43	7+603	La couche de roulement affectée par du carrelage intense causé par fatigue généralisée, vieillissement et oxydation de l'enrobé.
44 à 46	7+603	Aspect général très satisfaisant de la chaussée à la suite de la stabilisation après 2 ans de service.
45	7+603	A noter la texture ouverte dans les traces de roues dû au dénudement et arrachement des granulats causé par le trafic sur MB-20.

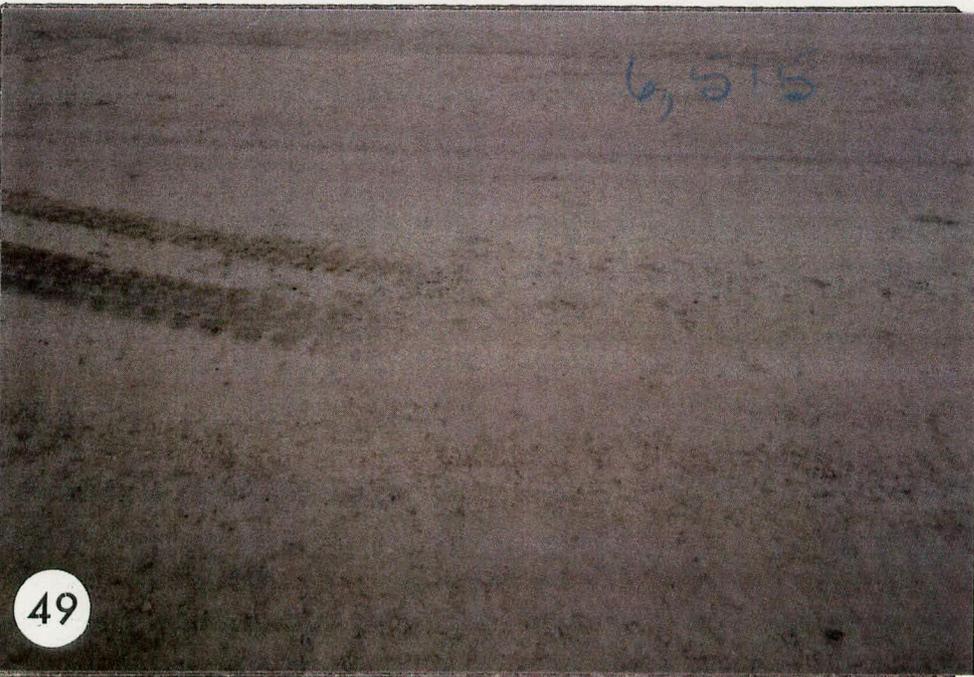




47

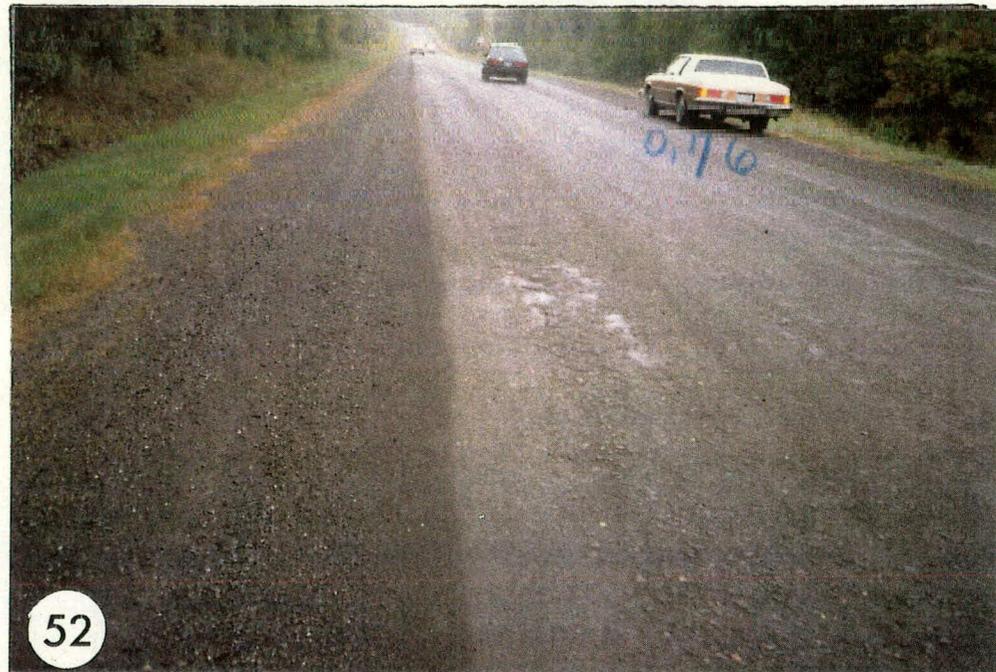


48



49





<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION

ROUTE 220 - ST-ELIE D'ORFORD

RÉGION 05 - ESTRIE

PRÉPARATION DE LA SURFACE DE COUCHE TRAITÉE AVANT REVETEMENT

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
47	7+000	Aspect général, l'uni et l'humidité satisfaisant du tronçon avant pose.
48	7+000	Texture de la surface stabilisée en grand plan.
49	6+515	Démontre une texture lisse, fermée et riche en 80 µm.
51	5+150	Aspect général des matériaux avant stabilisation et compactage.
52	0+760	Arrachement massif et le départ des fines provoqué par le trafic (pluie ou % W élevé avant stabilisation).

DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION

ROUTE 220 - ST-ELIE D'ORFORD

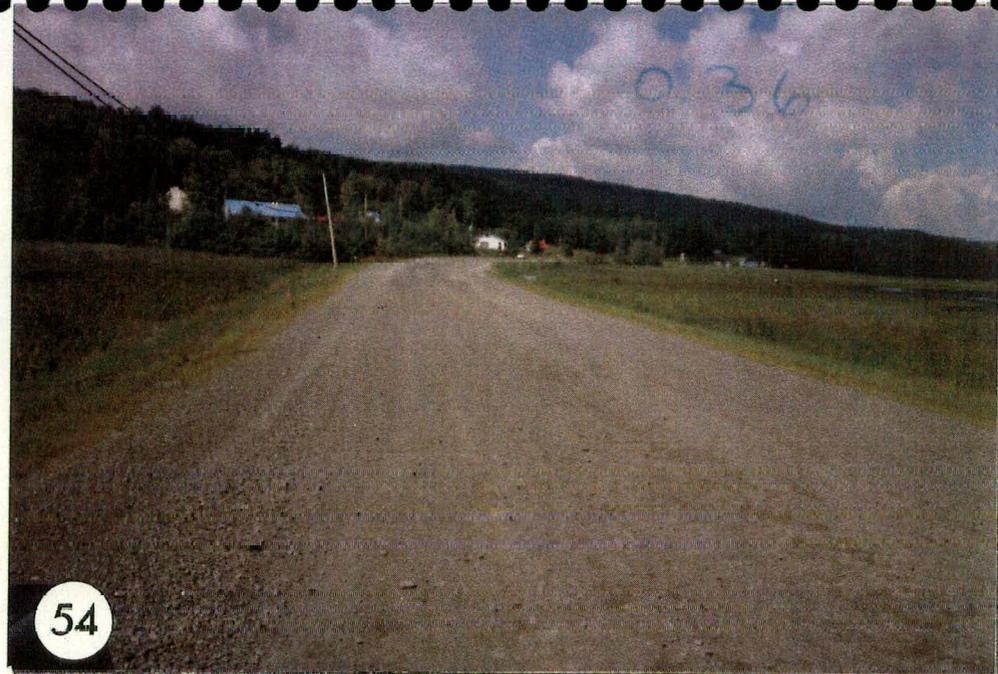
RÉGION 05 - ESTRIE

L'UNI, L'HOMOGENÉITÉ ET L'HUMIDITÉ DE LA SURFACE AVANT STABILISATION

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
53	0+360	Texture de surface très hétérogène et granularité non conforme. Notez l'humidité apparente de la matrice à stabiliser.
54	0+360	L'uni dégradé par le trafic.
55	0+930	Idem à la photo #53.
56	1+720	Idem à la photo #53.



53



54



56



57

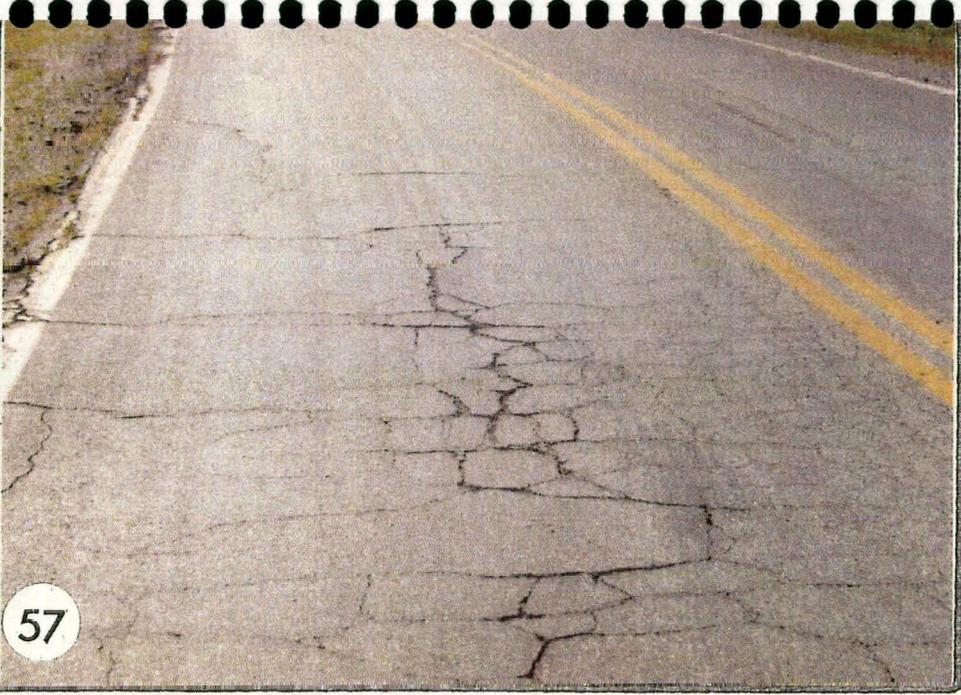
DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION

ROUTE 220 - ST-ELIE D'ORFORD

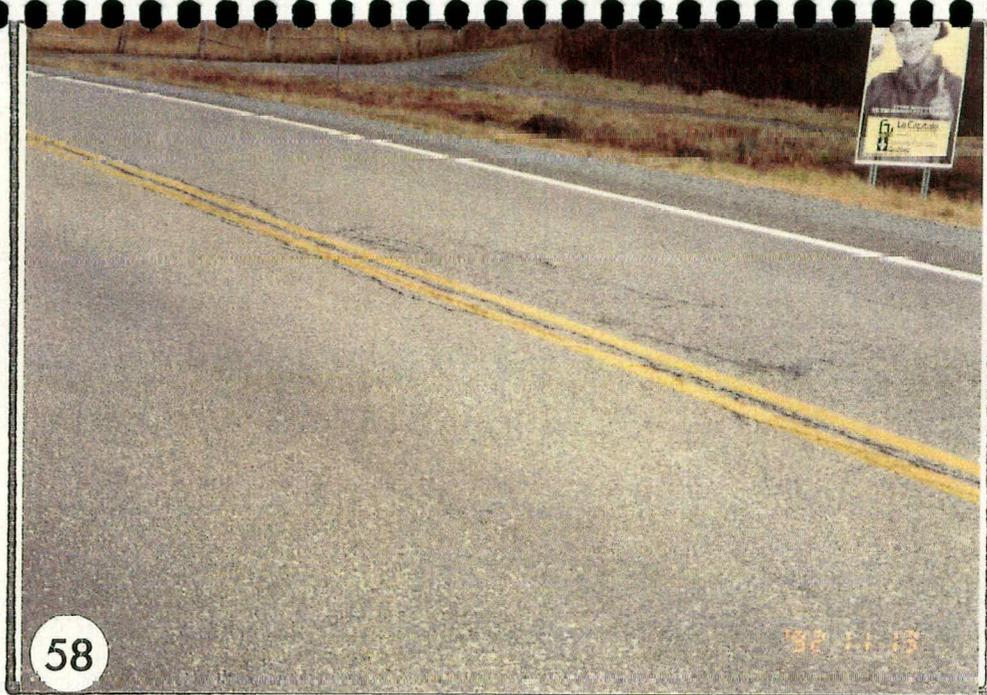
RÉGION 05 - ESTRIE

LES CONDITIONS HYDRIQUES VS LE COMPORTEMENT AVANT, PENDANT ET APRES L'INTERVENTION

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
57	0+010	Fatigue prononcée d'un enrobé accompagné d'arrachement.
58	0+010	Poinçonnement accompagné de la fatigue ponctuelle délimité par des fissures périphériques. Notez la fissure longitudinale au C , phénomène relié à l'excédent de W% (cure retardée, gel).
59	0+010	Aspect général de la chaussée au début du troisième hiver. A remarquer le plan d'eau en arrière-plan, à gauche.
60	0+010	La cure retardée et la reprise ponctuelle de la stabilisation causée en grande partie par un profil hydrique défavorable.

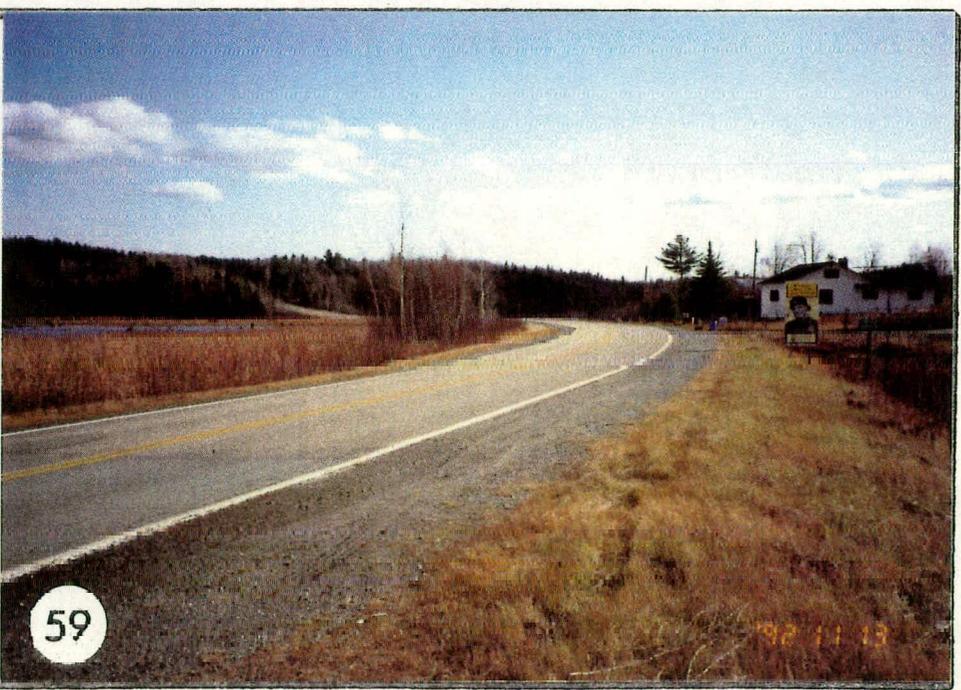


57



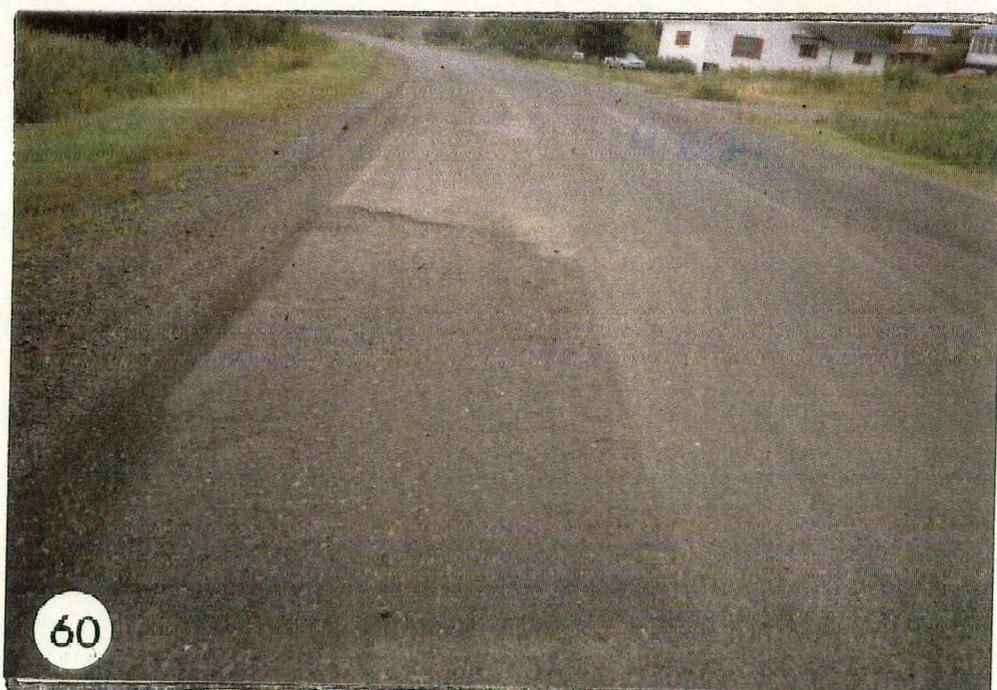
58

1982 11 13

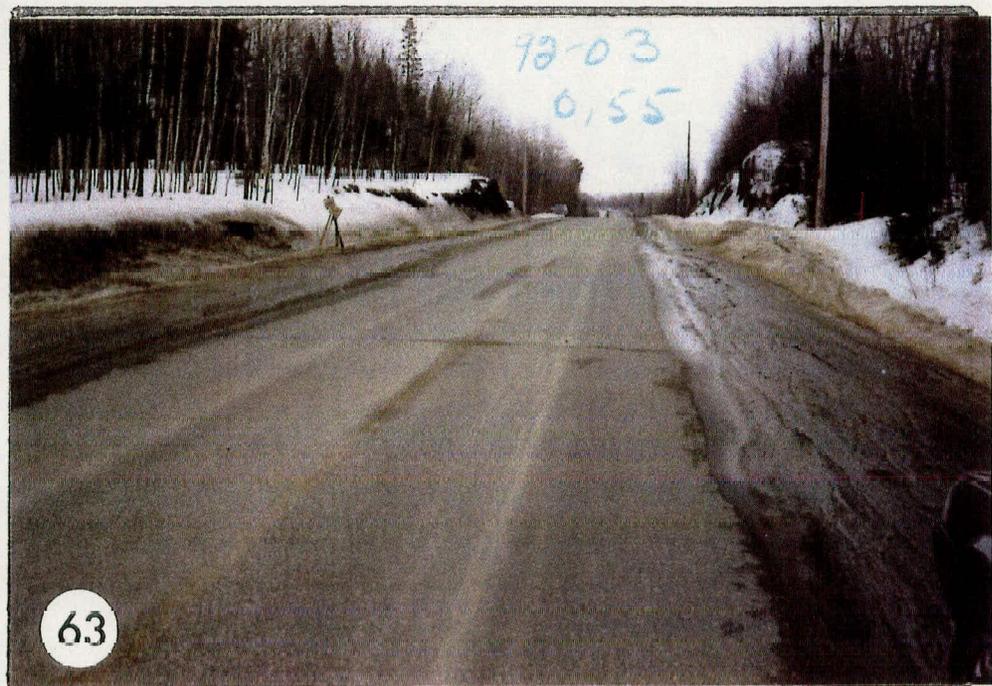
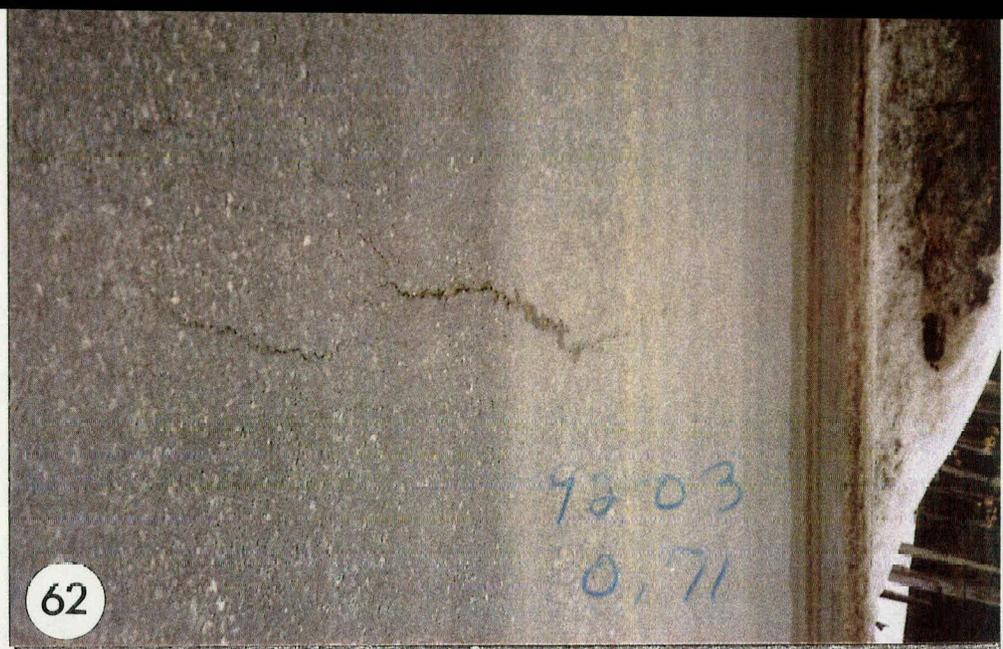
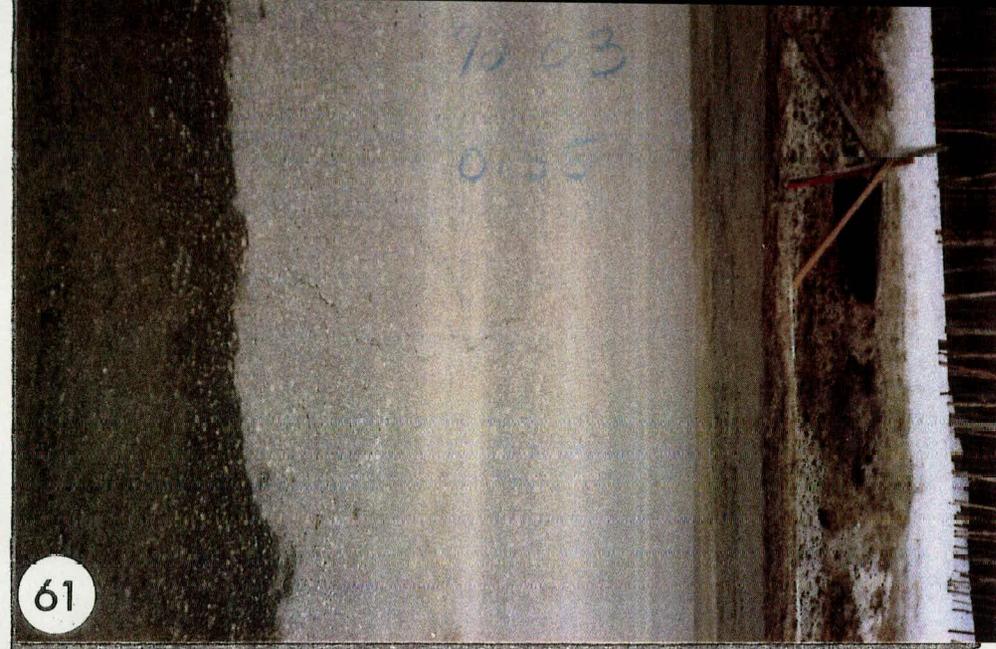


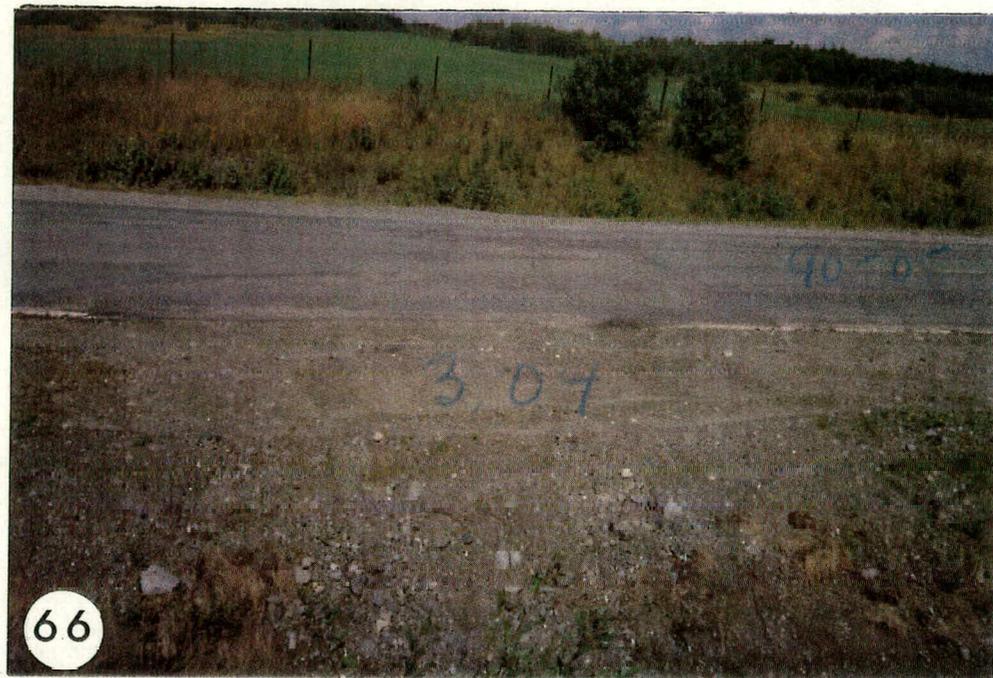
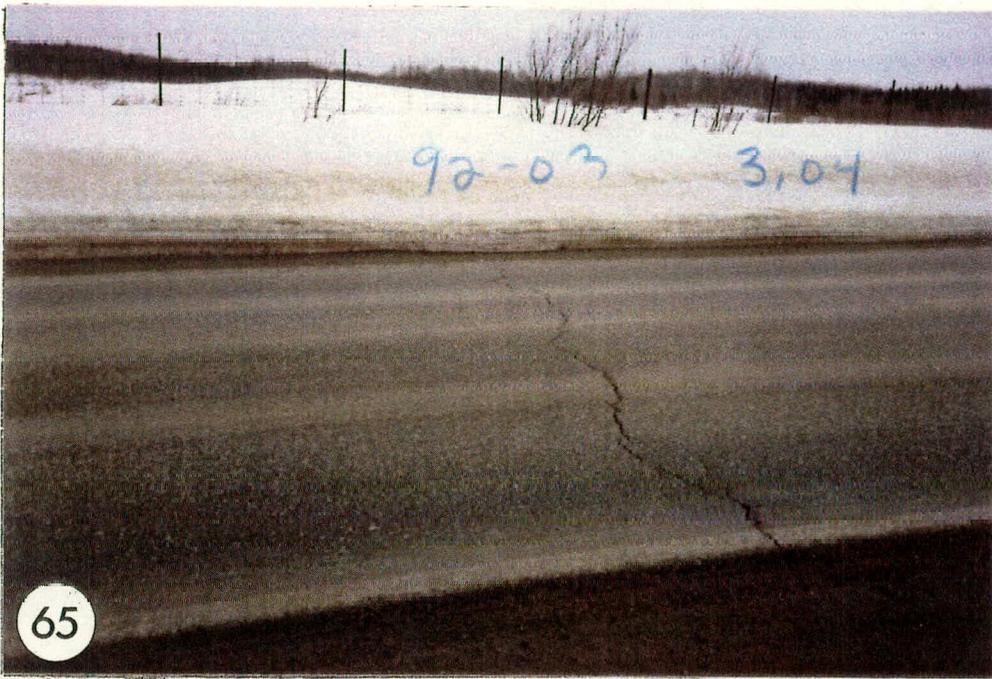
59

1982 11 13



60





<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

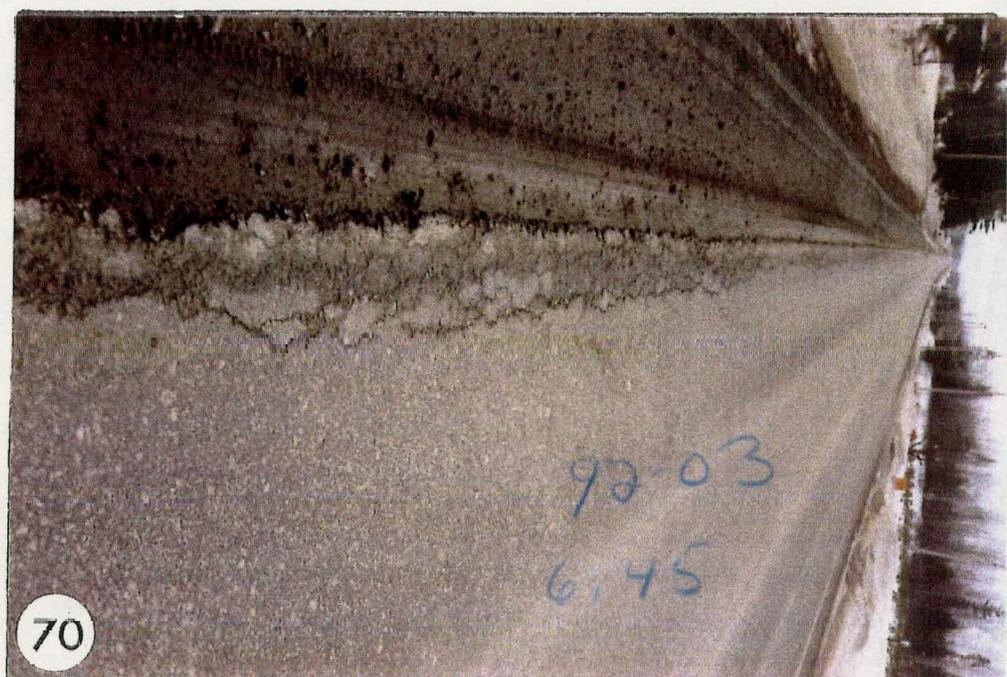
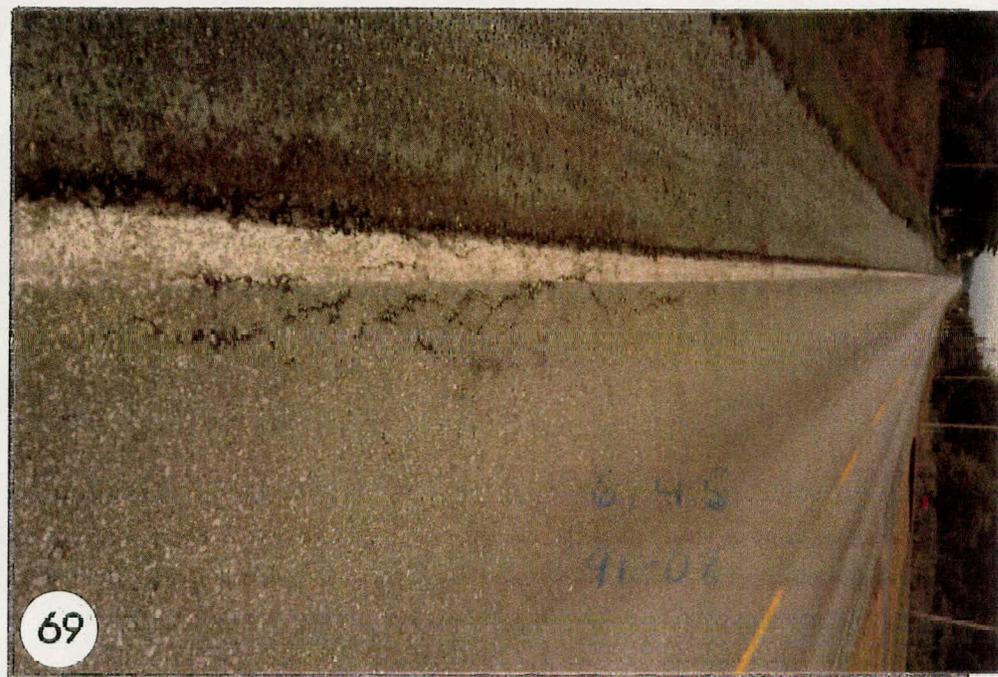
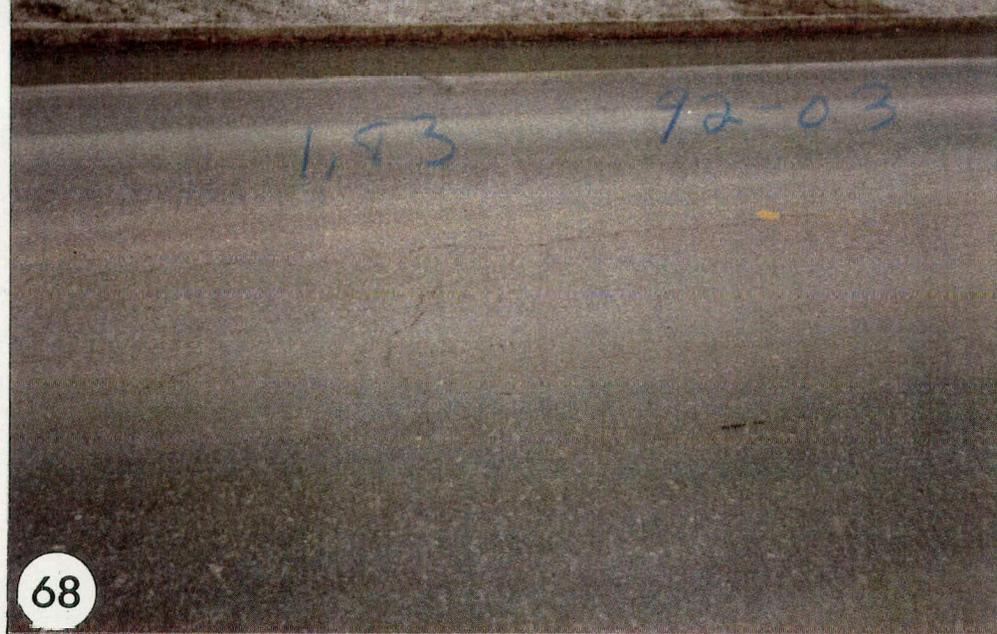
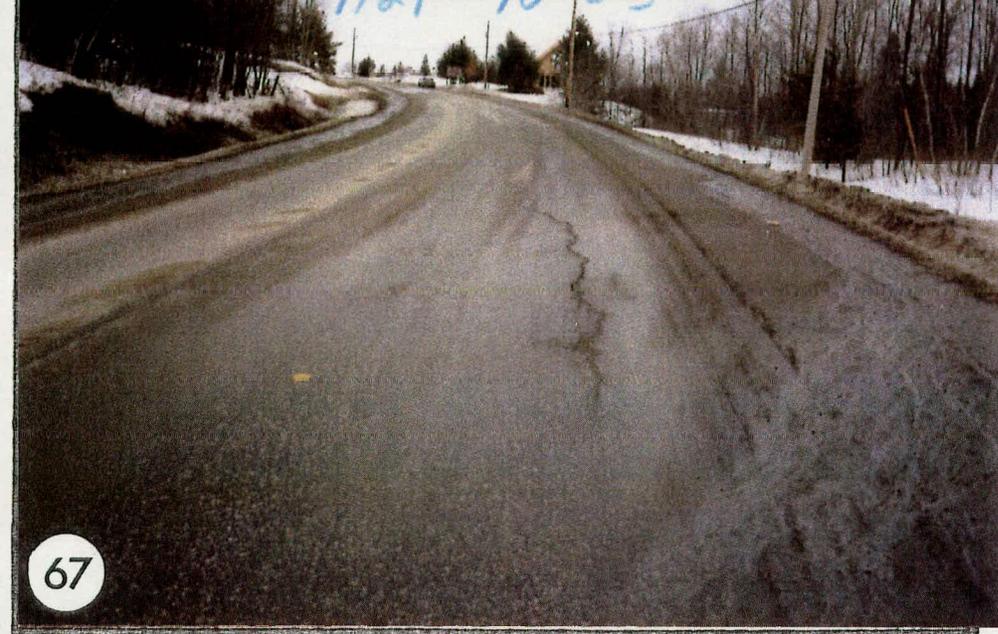
DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION

ROUTE 220 - ST-ELIE D'ORFORD

RÉGION 05 - ESTRIE

FISSURES TRANSVERSALES RELIÉES AUX CONDITIONS HYDRIQUES, GÉOLOGIQUES ET TOPOGRAPHIQUES DÉFAVORABLES

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
61	0+550	Début d'une fissure transversale à l'endroit d'une coupe rocheuse en pente.
62	0+710	Idem à la photo #61.
63 et 64	0+550	Fissure transversale provoquée par le gel en absence de transition et dans des conditions géologiques, topographiques et hydriques défavorables.
65 et 66	3+040	F.T. provoquée par une préparation inadéquate du passage d'une venue d'eau.





<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

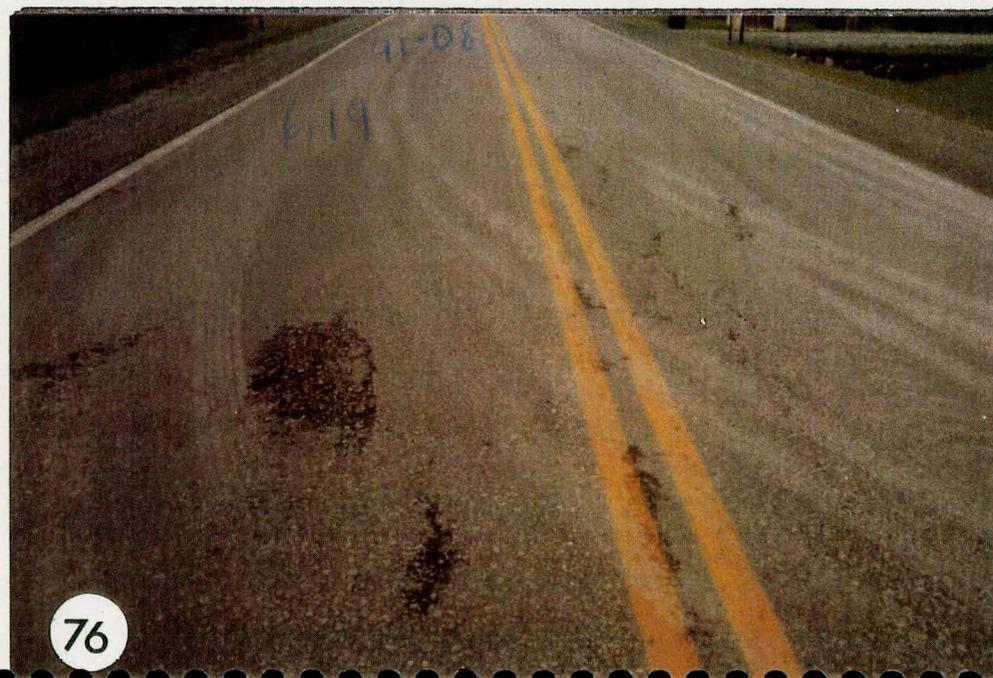
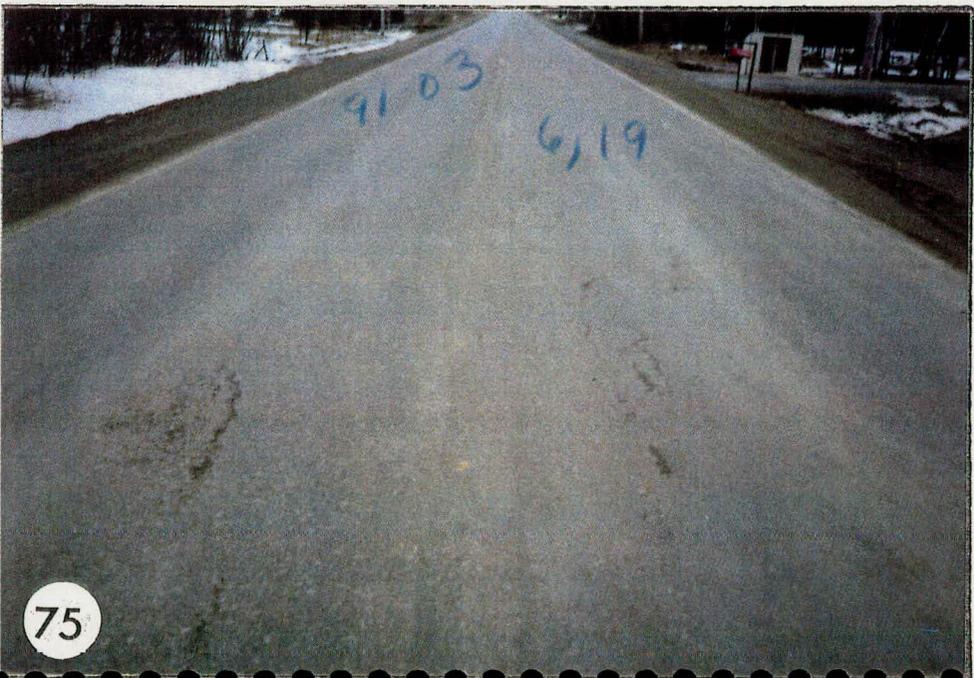
DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION

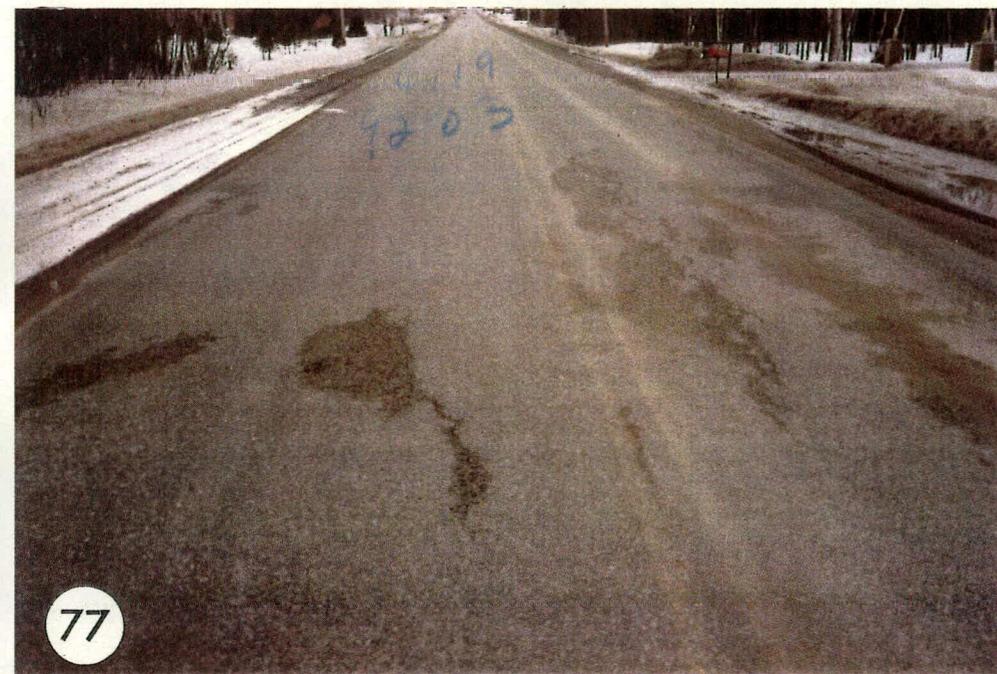
ROUTE 220 - ST-ELIE D'ORFORD

RÉGION 05 - ESTRIE

**DÉGRADATIONS RELIÉES A LA BAISSÉ DIFFÉRENTIELLE DE LA CAPACITÉ
DE SUPPORT CAUSÉE PAR LA PERTURBATION DE LA CURE**

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
67	1+290	Rupture ponctuelle provoquée par un mouvement différentiel dû au gel ou la discontinuité du profil en travers du roc en place.
68	1+830	Poinçonnement dans la roulière causé par une faible portance.
69 et 70	6+450	Évolution de fissures de bord; accotement mal drainé.
71	5+300	Absence d'adhésion causée par la couche de base humide et liant d'accrochage inexistant. Noter la déformation de la couche de base encore humide.
72	---	Poinçonnement délimité par des fissures longitudinales de rupture; cure retardée, W% élevé.





<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION

ROUTE 220 - ST-ELIE D'ORFORD

RÉGION 05 - ESTRIE

CAPACITÉ DE SUPPORT RÉDUITE PAR UNE CURE TARDIVE CAUSÉE PAR L'HUMIDITÉ DU SOL

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
73 et 74	6+090 à 6+260	L'humidité excessive retarde la cure et augmente l'agressivité du trafic sur la surface à traiter et la couche de roulement par la suite.
75 et 76	6+190	Dégradations prématurées causées par une cure tardive provoquée par W% élevée.
77 et 78	6+190	Idem aux photos #75 et 76; évolution des dégradations un peu plus tard.

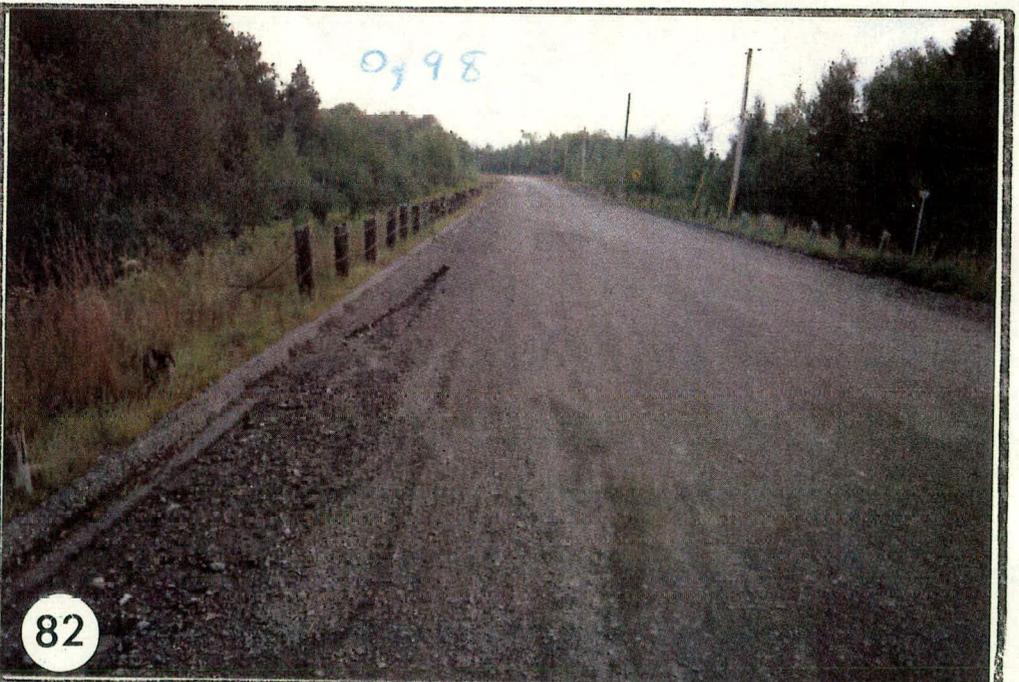
DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION

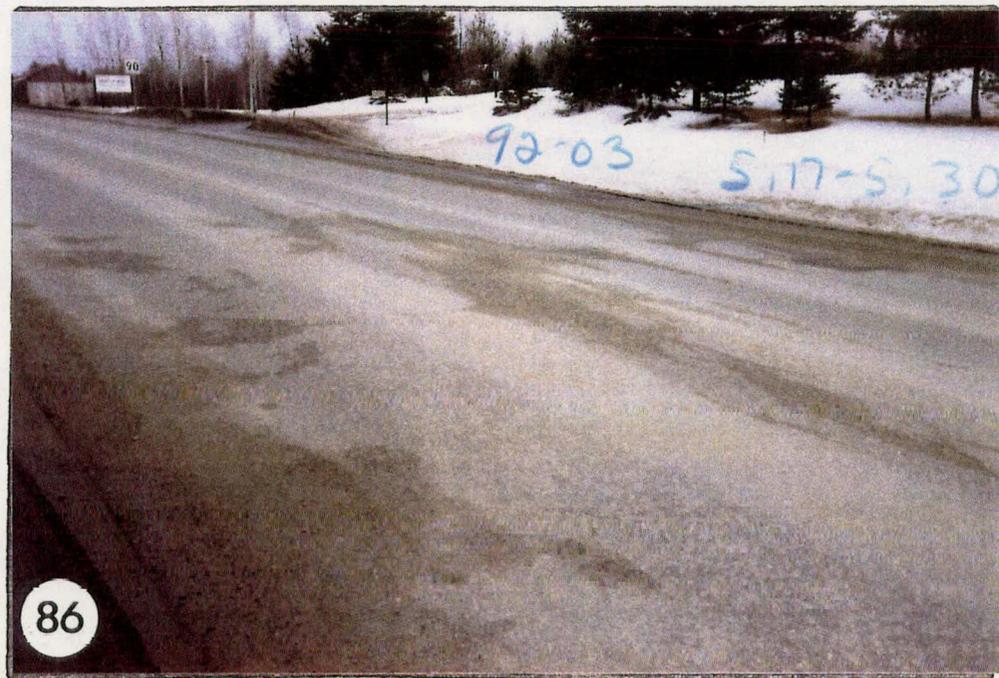
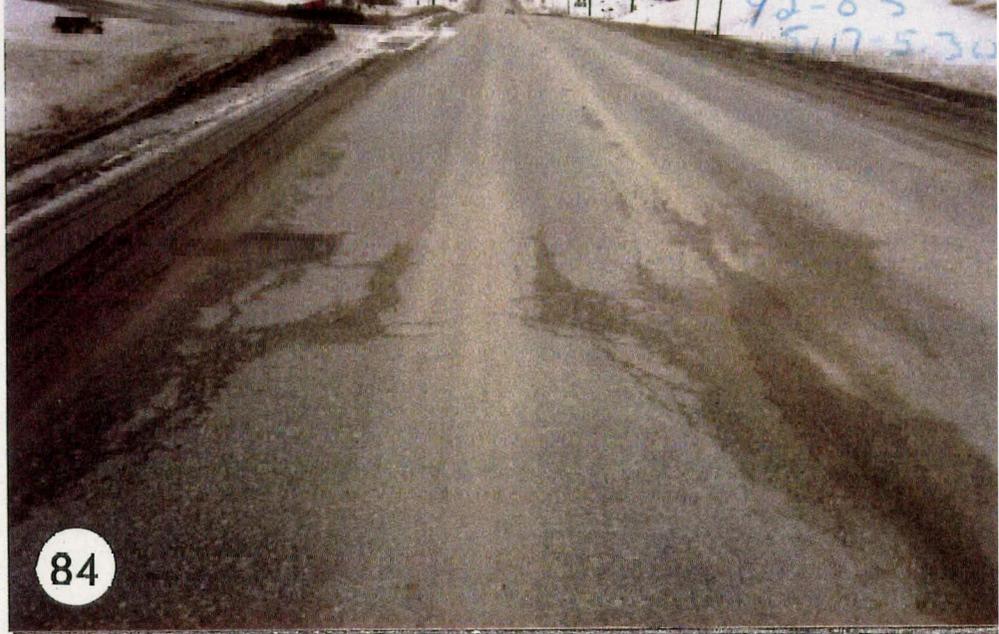
ROUTE 220 - ST-ELIE D'ORFORD

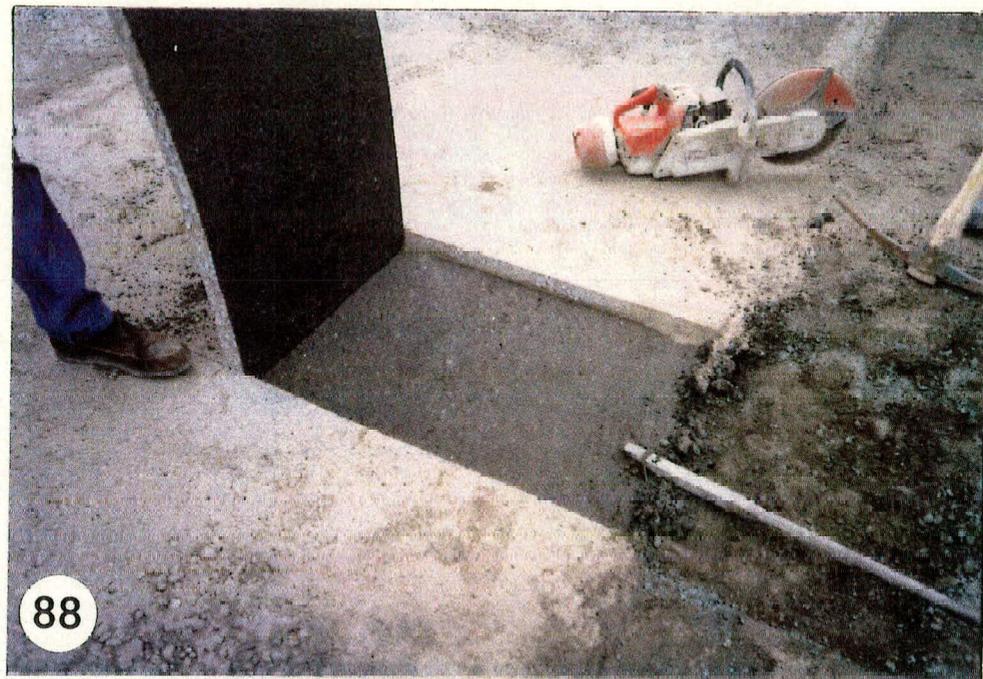
RÉGION 05 - ESTRIE

L'HUMIDITÉ RETARDE LA CURE, RÉDUIT LA CAPACITÉ PORTANTE ET PROVOQUE LE GEL

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
79	0+950	Carrelage accompagné d'un tassement "FLACHE", défaut de portance.
80 et 81	0+950	Début de lézarde au €, effet du gel.
82	0+950	Uni de surface affecté par l'excédent d'humidité. Tronçon ombragé pendant les travaux.







<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

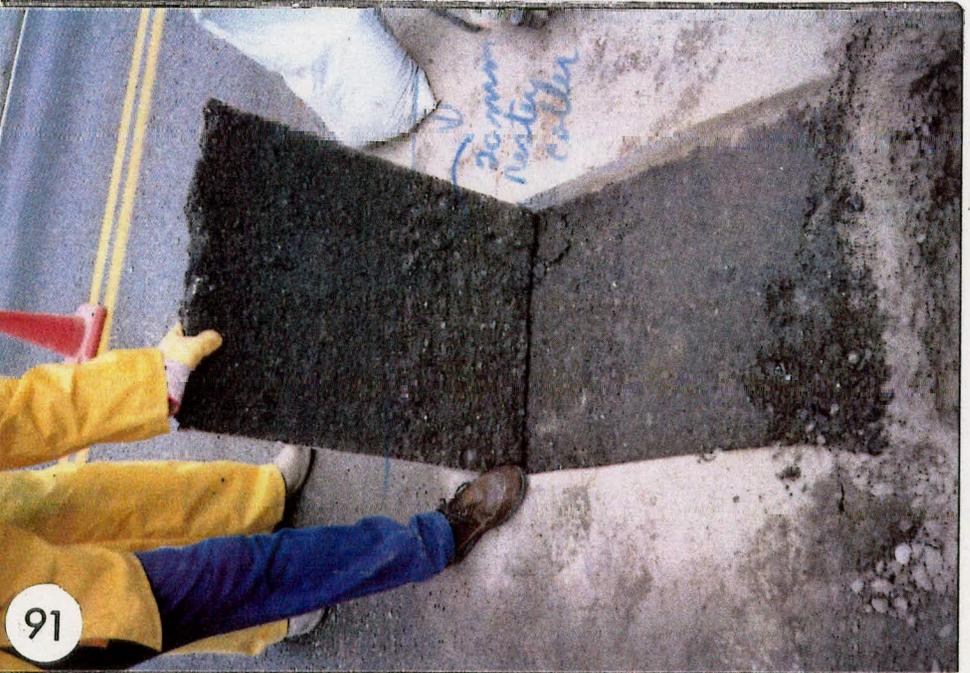
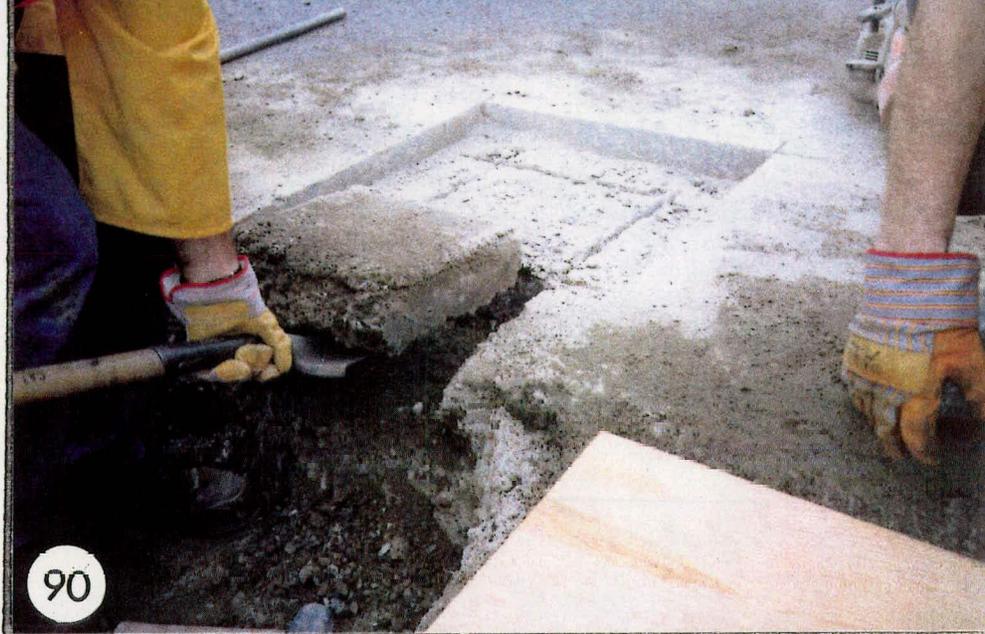
DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION

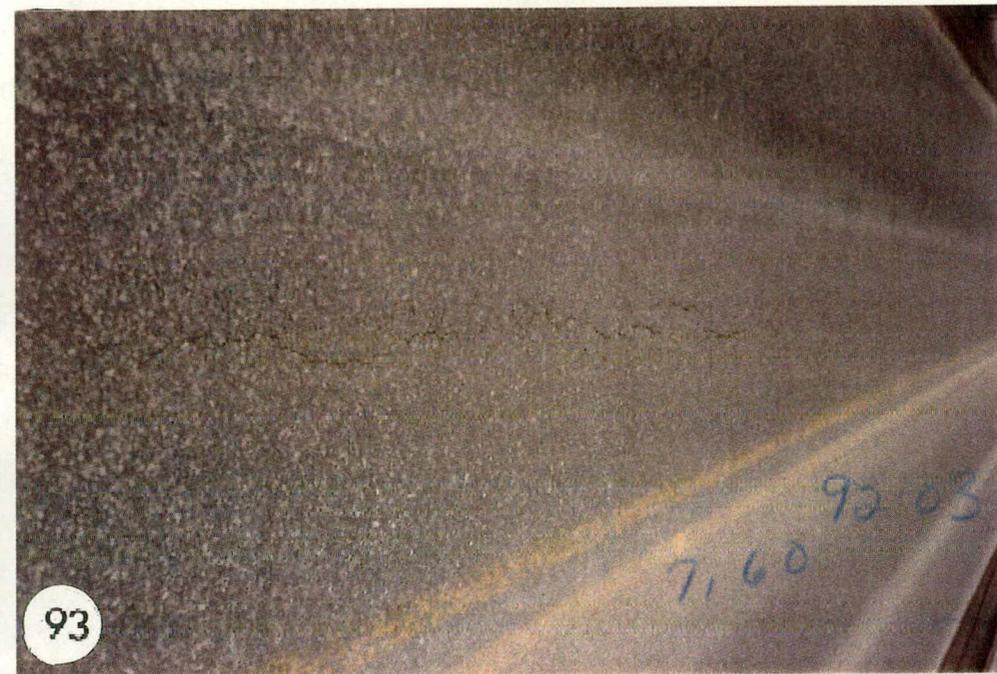
ROUTE 220 - ST-ELIE D'ORFORD

RÉGION 05 - ESTRIE

RENDEMENT DU PROCÉDÉ AFFECTÉ PAR DE MAUVAISES CONDITIONS DE STABILISATION

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
83 à 86	5+200	Chaussée en déblai et conditions d'assèchement faibles ont provoqué de la fissuration et des déformations plastiques.
87 et 88	5+860 et 5+300	Idem à la photo #83; <u>noter la couche de base humide et l'absence d'adhésion et monolithisme structurelle.</u>





<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

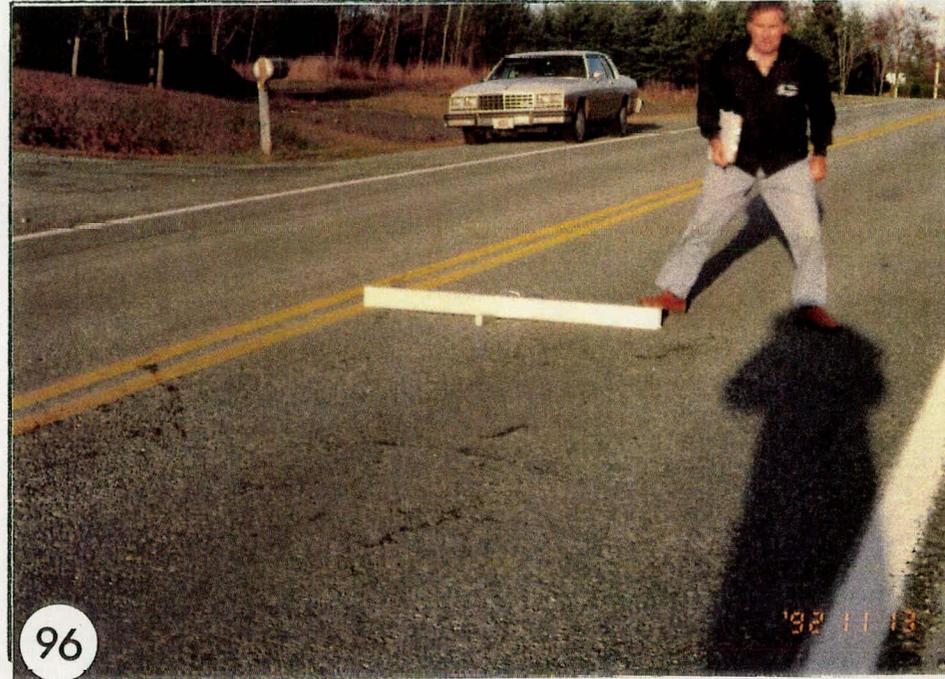
DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION

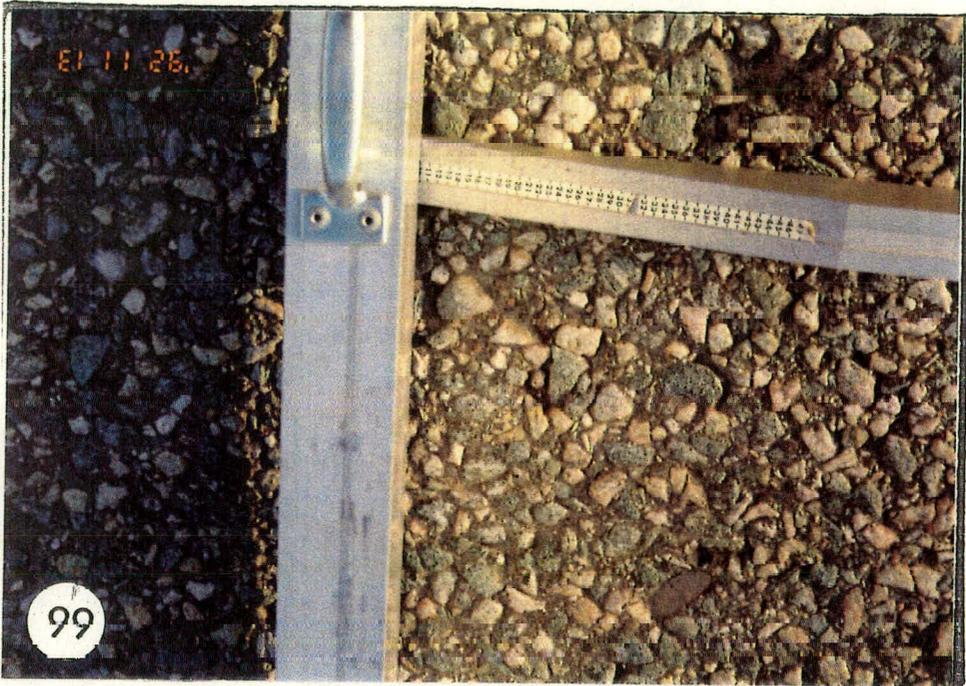
ROUTE 220 - ST-ELIE D'ORFORD

RÉGION 05 - ESTRIE

ASPECT GÉNÉRAL ET EFFET DE L'HÉTÉROGÉNÉITÉ DE LA STABILISATION

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
89	7+600	Démontre l'aspect général et l'épaisseur de la couche stabilisée un an après l'opération.
90	7+600	Échantillonnage de la couche de base.
91 et 92	7+600	Idem aux photos #89 et 90.
93 et 94	7+600	Absence d'uniformité de la stabilisation provoquant une capacité de support ponctuelle faible et une rupture de revêtement dans les roulières.





<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION

ROUTE 220 - ST-ELIE D'ORFORD

RÉGION 05 - ESTRIE

COUCHE DE ROULEMENT INAPPROPRIÉ (MB-20) A ÉPAISSEUR FAIBLE ET VARIABLE

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
95 à 100		Enrobé MB-20 posé sans liant d'accrochage en une couche unique de ≤ 30 à 60 mm.
95 à 99		Ornière plus de 10 mm, causée par l'infiltration d'eau et déglacant, perte de portance, retarde de cure et un transport lourd intense (non autorisé) dès le 1er printemps.
97 à 100		A remarquer le désenrobage, l'arrachement massif (nid de poule) et la grosseur non conforme des granulats.

Jean-Paul Richard
Service de l'assurance qualité

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

ANNEXE "A"

**LES ÉLÉMENTS ET ÉTAPES D'UN PROJET DE
STABILISATION APRES DÉCOHÉSIONNEMENT**

ANNEXE "A"
LES DIFFÉRENTES ÉTAPES D'UN PROJET
DE DÉCOHÉSIONNEMENT-STABILISATION

ÉTUDE DE FAISABILITÉ, CHOIX DES SECTEURS
DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL ET LA FORMULATION

Le chargé de projet doit identifier les secteurs homogènes selon les éléments suivants, afin de proposer l'intervention appropriée de chaque secteur.

1) Relevés visuels

Fissuration, déformations, orniérage, conditions du drainage, largeur d'emprise, profil transversal et longitudinal, autres dégradations.

SECTEURS HOMOGENES

2) Photo-interprétation

Géomorphologie, topographie, hydrologie, géologie, vérification in-situ.

SECTEURS HOMOGENES

3) Renseignements généraux

Volume de circulation, JMA, V.L. %, nature du transport et le coefficient d'agressivité, historique, l'âge de pavage, météorologie, IG, IC, précipitation, etc..

SECTEURS HOMOGENES

4) Défectométrie

Portance dynaflect et les paramètres de déflexion. Relevés FWD; modules, viabilité.

SECTEURS HOMOGENES

ANNEXE 'A' (SUITE)

5) Profilométrie (Mays)

Mays d'été et d'hiver, indice de roulement.

SECTEURS HOMOGENES ET GÉLIFS

6) Identification sommaire

Sondages dans des points stratégiques (un sondage par 200 à 300 m, à prévoir en général). Épaisseur de pavage, nature des fondations (échantillonnage, analyse) niveau hydrostatique d'eau, etc..

SECTEURS HOMOGENES

7) Étude de faisabilité

Élimination des secteurs gélifs et aux déficiences de portance, aux matériaux marginaux inacceptables, transport extra lourd, etc..

CHOIX DE SECTEURS

8) Propriétés des matériaux en place

Ancien revêtement: épaisseur, type d'enrobé, granularité, taux de bitume, pénétrabilité, etc..

Fondation supérieure: granularité; % 80 μm et sa nature (Mg SO_4); sédimentométrie, bleu de méthyle, IP, teneur en eau (W%).

9) Dimensionnement structurel et la formulation

- Détermination de l'épaisseur de planage, épaisseur de décohesionnement, profondeur de stabilisation, etc.;
- Nature et taux du liant, régénérant et additif;

ANNEXE "A" (SUITE)

- Nature et taux du liant d'accrochage;
- Teneur en eau optimum, apport d'eau par l'émulsion, arrosage ou séchage, etc.;
- Analyse granulométrique des matériaux à stabiliser, essais de compactage;
- Matériaux stabilisés: essais stabilité MARSHALL ou DURIEZ, après mûrissement, résistance à la compression simple, rapport d'immersion compression (tenue à l'eau), compacité PCG;
- Essais à l'orniéreur.

ANNEXE "B"

**EXEMPLES DES PREMIERES DÉMARCHES DE
STABILISATION DES SOLS AU CIMENT AU QUÉBEC**

NOUVELLE MACHINE POUR LA FABRICATION DU SOL-CIMENT

Par Claude Coupal, rédacteur-adjoint

La fabrication du sol-ciment employé pour la construction d'accotements de routes a souvent été le cauchemar des entrepreneurs qui devaient y faire face.

Durant de nombreuses années, ce type de construction fut pratiquement inconnu par la majorité des entrepreneurs en construction de routes, faisant en sorte que la plupart des projets réalisés dans ce domaine étaient plus ou moins entrepris à l'aveuglette.

Deux facteurs importants expliquent comment cette technique de construction n'a connu aucune innovation sérieuse jusqu'à tout récemment : — manque de connaissances et disette d'informations concernant les agré-

gats en place — machinerie plus ou moins apte à satisfaire les exigences requises pour ce genre de travail.

Malgré ces difficultés et en raison de leur nécessité, les accotements de routes furent tout de même construits; mais, plus souvent qu'autrement, leur résistance laissait à désirer.

Améliorations grâce à la recherche

Ce n'est que depuis quelque temps que l'on enregistre des progrès sensibles dans ce domaine particulier de la construction. Pour bien comprendre les progrès qui se sont réalisés, il faut préciser que le ministère de la voirie, grâce à des études de sols et d'agré-



NOUVELLE MACHINE

gats effectuées scientifiquement par la division de la géotechnique et par le service des sols et matériaux, a pu rédiger des devis plus précis et plus explicites concernant les spécifications requises dans la fabrication même du sol-ciment; et surtout, en ce qui a trait aux différentes étapes et exigences à suivre dans les différentes méthodes de fabrication.

Il y a quelques années, des études furent également entreprises aux Etats-Unis afin d'améliorer les techniques et méthodes en vigueur.

Plusieurs manufacturiers d'équipement se sont donc penchés sur le problème et ont tenté de fabriquer une machine qui soit en mesure de mieux s'adapter aux problèmes actuels relatifs à la construction des accotements de grandes routes.

Parmi les manufacturiers qui se sont particulièrement intéressés au problème, il y a la compagnie Bros Incorporated qui a réussi, après des années de recherche, à mettre au point un nouveau malaxeur mobile qui permet d'envisager la construction de sol-ciment à partir de profondeurs variant de 0 à 16". C'est une amélioration importante si on considère que les appareils du genre qui étaient auparavant considérés comme modernes mélangeaient du sol-ciment à une profondeur maximum de 5 à 6", dépendamment de l'état du sol.

Ce nouveau malaxeur mobile LSPRM-84A est équipé d'une pompe à eau et s'ajuste automatiquement de façon à fournir l'exact volume d'eau requis pour effectuer un mélange parfait. Grâce à cette innovation, il est maintenant possible de fabriquer du sol-ciment sur une largeur de 7 pieds, à raison de 45 pieds par minute ou 2,100 verges linéaires par jour. Ces chiffres se réfèrent à la fabrication de sol-ciment pour une profondeur de 10".

La transcanadienne sert d'expérience

Cette machine a été utilisée pour la première fois au Canada et dans la province de Québec au mois de septembre 1964. Elle a servi à la fabrication du sol-ciment utilisé pour la construction des accotements intérieurs de la section de la Trans-Canada située dans les paroisses Ste-Hélène, St-Simon et St-Nazaire; toutes trois localisées dans le comté de Bagot. Le contrat comprenait la fabrication de 26,900 verges carrées de sol-ciment devant être épanché sur une distance de 7.64 milles. C'est la compagnie Highway Paving, sous-entrepreneur de Pavage Maska Inc., qui fut responsable de l'exécution de ce contrat.

Exécution des travaux

Il était mentionné dans les devis que l'entrepreneur devait prendre, à l'intérieur de la route et sur une longueur de 6', 7" du sol existant et en faire un mélange apte à constituer du sol-ciment.

Chaque verge carrée nécessitait la consommation d'une moyenne de 40 livres de ciment Portland. Avant que ne commence la fabrication du sol-ciment, le sol naturel devait être compacté à 95° proctor.

Fabrication de sol-ciment au moyen du nouveau malaxeur mobile LSPRM-84A. Les deux photos, celle de la page précédente et celle du haut, représentent les opérations qui ont servi d'expérience sur la route transcanadienne.

choisi en fonction des récentes normes déterminées pour ce type de matériau: soit le CSA-5. Le gravier utilisé pour le mélange ne devait pas contenir de cailloux plus gros que le tiers de l'épaisseur stabilisée et pas plus de 45% retenu sur un tamis #4.

Au début des opérations de fabrication de sol-ciment, l'entrepreneur dut enlever 7" du matériel existant. Ensuite, la compaction de l'infrastructure s'est effectuée à l'aide d'un rouleau pneumatique Bros CP54.

L'opération suivante consistait à remettre en place le 7" de matériau enlevé et épandre un minimum de 40 lbs de ciment par verge carrée. Ensuite, le malaxeur mobile procédait à la fabrication du sol-ciment et fournissait, au fur et à mesure que se déroulaient les opérations, l'eau nécessaire pour obtenir un mélange parfait.

En dernier, la compaction de ce mélange s'effectuait à l'aide d'un rouleau pneumatique SP54 qui repassait 3 fois au même endroit.

La finition s'est effectuée au moyen d'un rouleau d'acier dont le travail permettait de glacer la surface du sol-ciment.

Finalement, Pavage Maska Inc. se chargeait d'épandre 2" d'asphalte sur le sol-ciment. Les travaux de sol-ciment se sont poursuivis à un rythme d'un mille par jour.

L'entrepreneur responsable de la fabrication et de la mise en place du sol-ciment n'a rencontré aucune difficulté majeure dans l'exécution de son contrat. La machinerie employée lui a permis d'accomplir un mélange uniforme de sol et de ciment, mouillé, comprimé, fini et imperméabilisé; le tout, conforme aux niveaux, alignements, épaisseurs et profils tels qu'indiqué sur le plan que nous reproduisons dans cet article.

Des vérifications effectuées par la voirie ont démontré que l'entrepreneur a réussi à obtenir une compaction atteignant 102° proctor alors que la voirie n'en exigeait que 100 de l'essai Proctor Standard. Ces essais ont été faits à tous les cinquante pieds à l'aide d'un appareil nucléaire.

Au printemps prochain, des travaux semblables seront exécutés sur la partie extérieure de la même section de route; mais à ce moment, la largeur des accotements sera de 10', et la surface de sol-ciment à fabriquer atteindra 44,800 v. carrées.

Lorsque se termineront les travaux, la route aura une largeur de 24 pieds. Les accotements intérieurs et extérieurs auront respectivement 4 et 10 pieds de large et seront recouverts de bitume d'asphalte.



Réunion tenue le 14-2-68
14 h 30 sur le
site

Visite des contrats de sol-ciment le 14-2-68 par
G-R Tessier et René Robitaille.
Température: Froid
Surface partiellement découverte.

Etat des différents contrats.

- 1- Halte routière QE-102-A (côte nord) *Villeroz*
Fissures transversales à tous les 30 à 33 pieds avec léger soulèvement ($\ll \frac{1}{2}$ ")
Fissures longitudinales à l'occasion aux joints.
Fissures transversales partielles c'est-à-dire de 2 à 4 pieds de longueur.

- 2- Halte routière QE-102-B (côte sud) *Villeroz*
Fissures transversales à tous les 20 à 25 pieds avec soulèvement plus prononcé ($\ll \frac{3}{4}$ ")
Ouverture des fissures $\frac{1}{4}$ "
Fissures longitudinales à l'occasion
Petites ondulations nombreuses dues aux soulèvements.

- 3- Contrat de Manseau (5m. construit en 1967), Contrat 8216-66.
Fissures transversales nombreuses et rapprochées (environ 20') avec soulèvement très prononcé (1 à 2")
Fissures longitudinales à l'occasion
Présence d'ornières, de déformations, de petits soulèvements et de nids de poule.
La couche de B.B. a été enlevée à l'endroit d'une "bosse" sur une fissure. Un échantillon du sol prélevé sur les deux pouces situés sous le B.B a montré que le sol-ciment n'était pas pris et que de nombreux cristaux de glace étaient présents. Lors de la fonte de cet échantillon, il a été remarqué que ce dernier était un sable détrempe. La fissure dans le sol-ciment n'était pas visible au fond de cette excavation.

- 4- Contrat Ste-Cécile - Ste-Sophie (3m. en 1966), Contrat no: 8214-65
Fissures transversales plus espacées (environ 40') avec soulèvement parfois. Dossier no: 2363-67
Comportement meilleur que l'autre.
Le sol-ciment a été fait en 1966 suivi d'un traitement de surface double en 1966 et d'une couche de BB en 1967.
Voisin de ce contrat, il y eut en 1966 une construction d'une chaussée conventionnelle avec un traitement de surface double comme sur le sol-ciment. La moitié partie sud avait été un succès, tandis que la moitié partie nord avait été un demi-succès.
En 1967, une couche de BB avait recouvert le tout.
Le comportement en date du 14-2-68 est bon sur toute la longueur du projet. Pas de fissures.
Remarques: Il est probable que le BB soit du même type sur les 3 contrats de la route 49. Sur le contrat de sol-ciment 1967, le BB posé directement sur le sol-ciment est très fissuré. Sur le contrat de sol-ciment 1966 recouvert du traitement de surface 1966, le BB posé en 1967 est fissuré dans une proportion moindre.
Sur la chaussée conventionnelle recouverte d'un traitement de surface en 1966, le BB posé en 1967 n'est pas fissuré.

ANNEXE "C"

LA RECOMMANDATION D'UN LIANT D'ACCROCHAGE

Québec, le 21 septembre 1990

A : Monsieur Réjean St-Laurent, ing.
Directeur Adjoint Entretien
Région 05 - Estrie

DE : Service des sols et chaussées

OBJET: Décohésionnement - Stabilisation avec émulsion
bitumineuse
Route : 220
Munic. : St-Elie d'Orford
Contrat: 536-1113-0
N/Réf. : 0220-01-050(31)90

A la demande du 16 août 1990 de M. Ghislain Dufour, ing., directeur adjoint à la construction, le 17 septembre dernier en compagnie de M. Jean-Paul Richard (ASQ), nous avons effectué une expertise sur le comportement structural de la route du 13 ième rang dans votre région.

Par la même occasion, nous avons effectué une visite du chantier de la route en rubrique, située dans la même municipalité.

Tel que discuté lors de notre conversation téléphonique du 18 septembre, au cours d'un carottage sur le secteur pavé du projet en titre nous avons noté qu'il n'y avait aucun accrochage ni liaison (absence totale d'adhésion) entre la couche de base stabilisée et le revêtement qu'il la recouvrait.

Compte tenu du rôle que peut jouer une bonne liaison dans l'interface des deux éléments structuraux mentionnés (pour créer un élément structural monolithique, augmenter

le rayon de courbure lors de déflexion sous le trafic, accroître la résistance à la traction et au glissement, etc.), afin d'accroître la viabilité de la chaussée, nous avons suggéré:

- Application d'un liant d'accrochage bitumineux sur la couche de base traitée à l'émulsion;
- Rependage uniforme d'une couche de pierre concassée d'épaisseur égale à $d_{max} = 12.5 \text{ mm}$ (5 à 10 kg/m² environ);
- 2 à 3 passages de rouleau compacteur;
- pose du revêtement bitumineux.

Cette mince couche de liaison similaire à un traitement de surface, assurera, croyons-le, l'ancrage du revêtement bitumineux (souvent assez mince dans le procédé de stabilisation) sur la surface de la couche de base stabilisée qui est souvent très lisse en raison d'un pourcentage de fine assez élevé.



Aziz Amiri, ing.
Division des Structures de chaussées

AA/hg

c.c.: MM Jean-Paul Richard, SAQ, Estrie
Paul Flon, ing. et les membres du comité
de stabilisation
Normand Beaudoin, ing., District 36
Claude Blais, ing., prés., Talon Sebeq Inc.
Pierre De Montigny, ing.
Lionel Dufour, ing.

ANNEXE "D"
ESTIMATION DE LA "PSI" PAR L'INTRODUCTION
DES RÉSULTATS DE MAYS AU LIEU DE IRI
(SHRP - 1992)

SHRP PSI Equations - Flexible Pavements

North Atlantic

$$\text{PSI} = 6.770 - 1.87 \text{ LOG (IRI)}$$
$$R^2 = 0.798$$

Western

$$\text{PSI} = 6.48 - 1.78 \text{ LOG (IRI)}$$
$$R^2 = 0.793$$

Southern

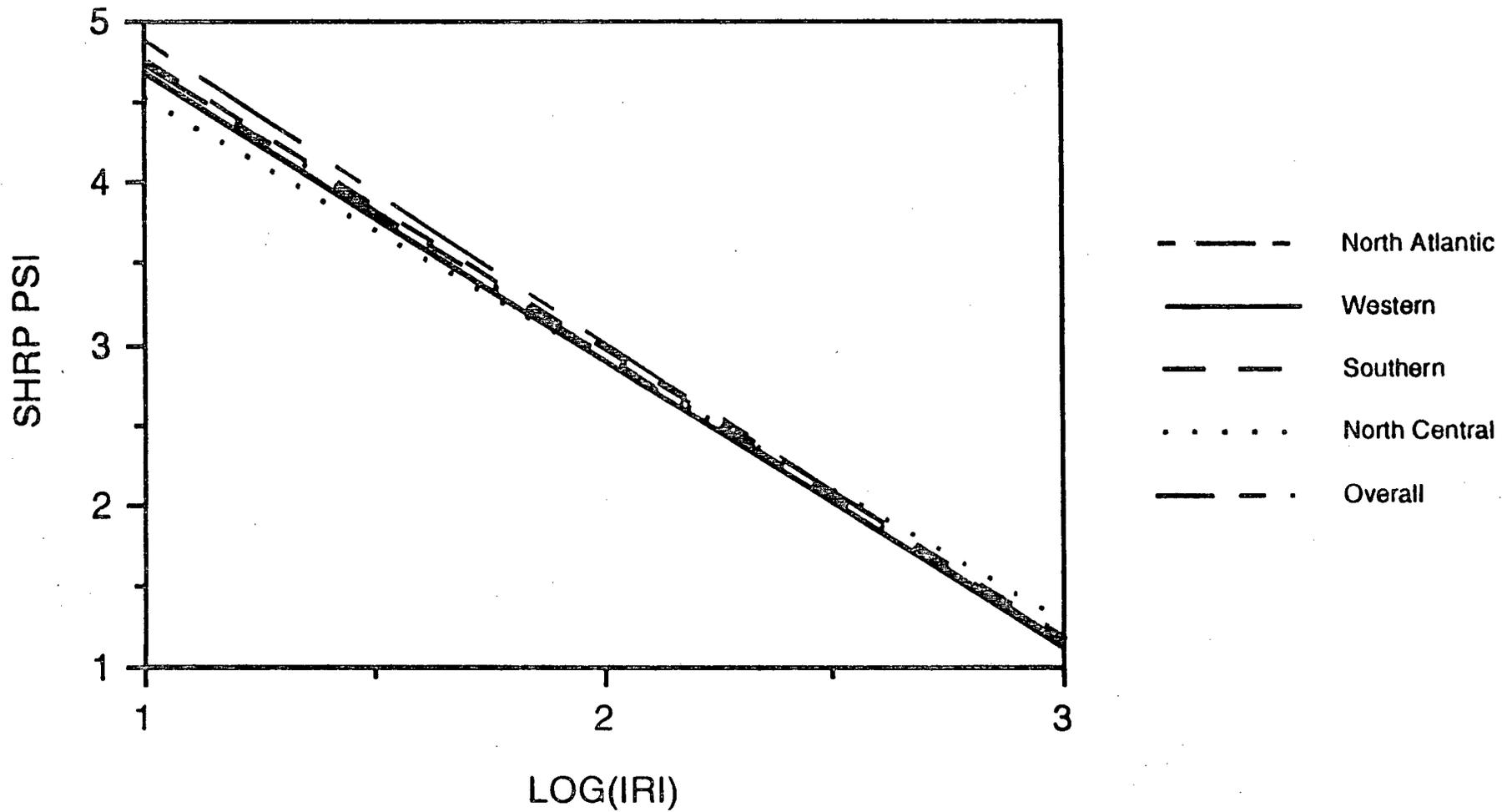
$$\text{PSI} = 6.51 - 1.78 \text{ LOG (IRI)}$$
$$R^2 = 0.793$$

North Central

$$\text{PSI} = 6.15 - 1.62 \text{ LOG (IRI)}$$
$$R^2 = 0.781$$

Overall

$$\text{PSI} = 6.52 - 1.79 \text{ LOG (IRI)}$$
$$R^2 = 0.790$$



LOG(IRI) versus SHRP PSI for each region

DÉCOHÉSIONNEMENT - STABILISATION ROUTE 220 ST-ÉLIE-D'ORFORD RÉGION 5 - ESTRIE

ÉVALUATION DE LA VIABILITÉ (Present serviceability index : PSI)

D'après SHRP 1992 - Chaussée flexible - pour " North Atlantic"

$$\text{PSI} = 6,770 - 1,87 \log(\text{IRI})$$

IRI = Indice international de profilométrie (en pouce/mille)

$$R^2 = 0,728$$

En système métrique :

$$\text{PSI} = 6,399 - 1,87 \log(\text{MAYS}) \text{ Roulement MAYS (cm/km)}$$

A) Application d'été avant intervention (1990-08-09)

Direction est : Roulement caractéristique $X + 2\sigma = 53,46 \text{ cm/Km}$

Direction ouest : Roulement caractéristique $X + 2\sigma = 63,06 \text{ cm/Km}$

Direction est : PSI = 3,17

Direction ouest : PSI = 3,03

B) Application d'été après intervention (1992-08-13)

Direction est : $X + 2\sigma = 26,67 \Rightarrow \text{PSI} = 3,73$

Direction ouest : $X + 2\sigma = 26,97 \Rightarrow \text{PSI} = 3,72$

Amélioration de la viabilité (PSI)

Calcul global avec écart-type

Calcul partiel sans écart-type

Direction est : +18 %

2,2 à 4,0 Km 4,0 à 5,0 Km
Min.: +16 % Max.: +23 %

Direction ouest : +23 %

2,2 à 4,0 Km 1,0 à 2,2 Km
Min.: +8 % Max.: +25 %



Gouvernement du Québec
**Ministère
des Transports**

Bibliothèque du Ministère des Transports



QTR A 036 577