

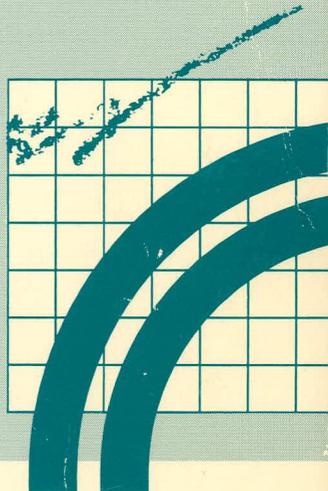
**ÉTUDES ET
RECHERCHES
EN TRANSPORTS**



**CONTRIBUTION À L'ÉTUDE
DE L'ANTIDÉRAPANCE
DES CHAUSSÉES**

**AZIZ AMIRI
PIERRE DE MONTIGNY
JEAN-YVES DICKNER**

**TECHNOLOGIE
ET INSTRUMENTATION**



CANQ
TR
GE
SM
116

Québec 

180117

Contribution à l'étude de
l'antidérapance des chaussées

Doy-Cen-Man
CANQ
TR
GE
SM
116

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

Dépôt légal - 1^{er} trimestre 1988
Bibliothèque nationale du Québec
ISBN 2-550-18336-3



Titre et sous-titre du rapport Contribution à l'étude de l'antidérapance des chaussées				N° du rapport Transports Québec RTQ-88-03	
				Rapport d'étape <input type="checkbox"/> An Mois Jour	
				Rapport final <input checked="" type="checkbox"/>	
Auteur(s) du rapport Aziz Amiri				N° du contrat	
Pierre De Montigny et Jean-Yves Dickner				Date du début d'étude	
				Date de fin d'étude	
				Coût de l'étude	
Étude ou recherche réalisée par (nom et adresse de l'organisme) Service des sols et chaussées 200, Dorchester sud 4^e étage Québec QC G1K 5Z1			Étude ou recherche financée par (nom et adresse de l'organisme) Ministère des Transports du Québec 700, boul. Saint-Cyrille Est Québec QC G1R 5H1		
But de l'étude, recherche et renseignements supplémentaires L'étude a pour but de fournir un document de référence aux concepteurs ou spécialistes reliés à la sécurité routière, notamment en ce qui concerne l'antidérapance des couches de roulement. Elle est également une compilation des résultats obtenus au Québec dans le domaine de la glissance des chaussées.					
Résumé du rapport <p>Ce document décrit les variations des propriétés antidérapantes de plusieurs revêtements souples et rigides sous les effets conjugués du trafic, des saisons, de la nature des granulats, de la texture superficielle du revêtement et de la température.</p> <p>Après avoir exposé les difficultés relatives à une évaluation et à une description juste et précise du coefficient de frottement en ce qui a trait aux chaussées, l'étude aborde l'impact que peuvent avoir à l'occasion, sur ce coefficient, diverses substances telles que: la peinture à trafic, les bandes de signalisation en plastique, de même que divers types de contamination et de résidus laissés par le trafic. Le document traite en outre de quelques expériences de rainurage réalisées au Québec au cours des dernières années.</p> <p>Le lecteur trouvera enfin en annexe une illustration des variations observées dans le coefficient de frottement, en regard de certaines composantes des revêtements, et ceci dans des conditions d'environnement et de trafic similaires.</p>					
Nbre de pages 86	Nbre de photos 44	Nbre de figures 25	Nbre de tableaux 7	Nbre de références bibliographiques 16	Langue du document <input checked="" type="checkbox"/> Français <input type="checkbox"/> Anglais
Mots-clés Coefficient de frottement, texture de surface, béton bitumineux, béton de ciment, variations saisonnières, ressuage, SCRIM, aquaplanage, rainurage, agrégats, polissage, pneumatiques.				Autorisation de diffusion <input checked="" type="checkbox"/> Diffusion autorisée <input type="checkbox"/> Diffusion interdite	
				Signature du directeur général Juan Jemey's	
				Date 18.8.10.11.22	

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
Avant-propos	i
1. Introduction	1
2. Signification des résultats	1
2.1 Echelle de valeurs utilisée au ministère	1
2.2 Echelle de valeurs utilisée en France	2
2.3 Echelle de valeurs établie par le comité Marshall	3
3. Facteurs affectant l'antidérapance	4
3.1 La texture superficielle	4
3.1.1 La macrotecture	4
3.1.2 La microtexture	5
3.2 C.F.T. vs Vitesse et texture	7
3.3 C.F.T. vs Température (bét. bit.)	11
3.4 Macrotecture vs Température	15
3.5 C.F.T. vs film d'eau sous la roue palpeuse (SCRIM)	21
3.6 C.F.T. vs Contaminants	23
3.7 C.F.T. vs Etat de l'appareil SCRIM	25

(SUITE) TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
4. Géométrie de la route	26
5. Adhérence des marqueurs de trafic	27
5.1 Peinture	28
5.2 Bandes de polyvinyle	29
6. Effets du rainurage	30
7. C.F.T. vs Trafic cumulatif	33
8. Conclusion	37

Annexe

Bibliographie

Terminologie et définitions

LISTE DES TABLEAUX

	<u>Pages</u>
Tableau I - Valeurs C.F.T. proposées par le comité Marshall	3
Tableau II - Hauteur de sable proposée par LCPC	10
Tableau III - Résultats des mesures d'adhérence (LCPC)...	11
Tableau IV - Variation de la profondeur macrotexture.....	20
Tableau V - Adhérence sur béton bitumineux peint.....	29
Tableau VI - C.F.T. avant et après rainurage.....	32
Tableau VII - C.F.t. avant et après passage du trafic....	35

LISTE DES FIGURES

	<u>Pages</u>
Figure 1- Signification du C.F.T.....	2
Figure 2- Représentation de la microtexture et macrotexture.....	7
Figure 3- Variation du C.F.T. vs vitesse SCRIM.....	10
Figure 4- Planches types d'essai.....	11
Figure 5- Variation du C.F.T. vs température du revêtement.....	11
Figure 6- Ligne de regression C.F.T. vs température du pavage.....	13
Figure 7- Variation du C.F.T. vs température et macrotexture.....	14
Figure 8- Variation schématique de la macrotexture vs température.....	17
Figure 9- Photo aérienne du ressuage d'un site d'accident.....	21
Figure 10- Diminution du C.F.T. (site d'accident).....	21
Figure 11- Variation du C.F.T. provoquée par un ressuage.....	22
Figure 12- Variation du V.T.T. vs épaisseur d'eau.....	23
Figure 13- Contamination d'un pavage par l'huile.....	26
Figure 14- Plan de localisation des secteurs étudiés.....	Annexe
Figures A à K- Exemples de la variation du C.F.T. vs l'âge, la température, l'aspect général de la surface, ainsi que la provenance et l'origine des agrégats du mélange	Annexe

AVANT-PROPOS

Le présent document est le fruit d'une étroite collaboration entre le Ministère des Transports et l'École de Technologie Supérieure (E.T.S.), collaboration qui, chaque année, permet à des étudiants de bénéficier de stages de formation en milieu de travail.

Monsieur Dickner a ainsi séjourné, au cours des étés 1985 et 1986, au Service des sols et chaussées sous la direction de Monsieur Amiri, responsable des études de glissance. Ces deux stages lui ont permis de recueillir les données nécessaires à la rédaction du présent document et même d'entreprendre la rédaction d'un texte préliminaire qui fut par la suite révisé et complété par Messieurs Amiri et De Montigny.

1. INTRODUCTION

Plusieurs appareils peuvent servir à évaluer l'adhérence des chaussées. Depuis 1976, le Service des sols et chaussées utilise le SCRIM (Sideways-Force Coefficient Routine Investigation Machine) pour effectuer ce travail. Une évaluation correcte des résultats obtenus avec cet appareil s'avère cependant un peu plus complexe qu'elle ne paraît au premier abord étant donné les nombreux facteurs qui sont susceptibles d'affecter leur signification.

Le présent document vise à évaluer la portée de ces facteurs en s'appuyant sur diverses constatations faites lors de plusieurs relevés et sur celles rapportées dans la littérature.

2. SIGNIFICATION DES RESULTATS

2.1 Echelle de valeurs utilisée au Ministère

L'adhérence évaluée avec l'appareil SCRIM (Sideways-Force Coefficient Routine Investigation Machine) s'exprime par le coefficient de frottement transversal (C.F.T.).

En se fondant sur l'expertise du Service des sols et chaussées, il est permis de qualifier le niveau d'adhérence d'une chaussée selon l'échelle indiquée à la **figure 1**.

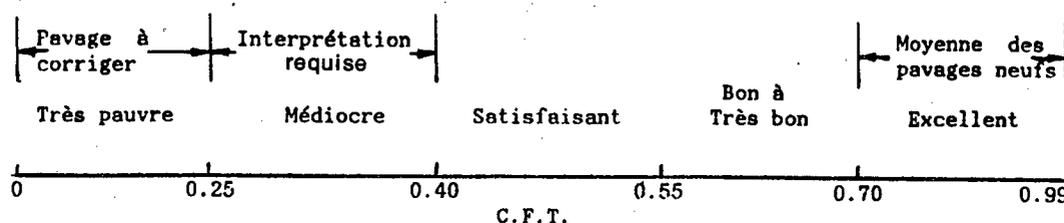


Figure 1 - Signification du C.F.T. pour un débit d'eau de 0,5 l/s et une vitesse du camion d'essai de 60 km/h.

2.2 Echelle de valeurs utilisée en France

La France, pour sa part, a défini quatre classes de surface de roulement selon le C.F.T.. Elles sont les suivantes [1]:

TABLEAU I - Valeurs minimales du C.F.T. (SCRIM) proposées par le comité Marshall (Angleterre).

Catégorie	Genre d'endroit	Norme de la résistance au dérapage		
		Vitesse d'essais km/h	mph	Coefficient de friction
A	Les endroits les plus difficiles tels que:			
	I. Les carrefours (rond-point).			
	II. Les courbes avec un rayon moindre que 150 mètres sur les routes sans limite de vitesse.			
	III. Les zones de plus de 100 m de longueur qui sont inclinées à plus de 5%.	50	- 30	0,55
B	IV. L'approche des lumières de trafic sur les routes sans limite de vitesse.			
	I. Les autoroutes et autres routes où la vitesse permise n'ex-cède pas 95 km/h.	50 80	- 30 50	0,50 0,45
	II. Les artères et les routes principales ainsi que toutes les routes supportant un trafic supérieur à 200 véhicules par jour.	50	- 30	0,50
C	Les routes en pente faible ne comportant ni courbes accentuées, ni intersections, ni défauts ou lacunes qui sont susceptibles de donner lieu à des manoeuvres d'urgence.	50	- 30	0,40

<u>Classe</u>	<u>C.F.T.</u>
Adhérence faible; examen urgent	< 0,50
Adhérence médiocre	0,50 @ 0,60
Adhérence satisfaisante	0,60 @ 0,75
Adhérence bonne	> 0,75

Lors de la présentation de cette échelle de valeurs, la France n'avait effectué que 5 000 km de tests de glissance. Il est possible que depuis, ces bornes de classement aient été légèrement modifiées.

2.3 Echelle de valeurs établie par le comité Marshall

Il existe également un autre système d'interprétation des résultats que le comité Marshall a établi en 1970. Quelques valeurs minimales à observer dans divers types de circulation sont reproduites au **tableau I**.

3. FACTEURS AFFECTANT L'ANTIDERAPANCE

3.1 La texture superficielle

C'est avant tout la texture de la surface de roulement qui conditionne le niveau d'antidérapance. Il faut cependant faire ici la distinction entre la macrotexture et la microtexture.

3.1.1 La macrotexture

La macrotexture réfère à la rugosité superficielle créée chez un revêtement bitumineux par la présence de gros granulat dans le mélange.

Sur une artère à grand trafic, plusieurs estiment que la couche de roulement doit contenir au moins 25 @ 30% de granulat supérieur à 5 mm. C'est en effet grâce à la macro-texture que le film d'eau présent sur une chaussée mouillée a la possibilité de s'échapper suffisamment vite de l'aire de contact pneu/chaussée pour qu'il ne s'y produise pas d'aquaplanage à haute vitesse. L'adhérence est donc influencée favorablement par la macrotexture (> 0.2 mm) surtout à grande vitesse (**voir figure 2**). C'est ainsi qu'un revêtement à forte

macrotexture pourra se contenter d'un C.F.T. un peu plus faible attendu que ce dernier est généralement mesuré à vitesse faible et que c'est sans doute l'adhérence à haute vitesse qui a la plus d'influence sur le niveau de sécurité d'une route.

Chez un pavage en béton de ciment, la macrotexture initiale est généralement assurée par des stries pratiquées à la surface alors que le béton est encore frais. On utilise pour ce faire, des balais à tige métallique, des tapis, de la jute, etc.. Plus tard, l'usure différentielle du mortier et du gros granulat peut suffire pour assurer la macrotexture désirée.

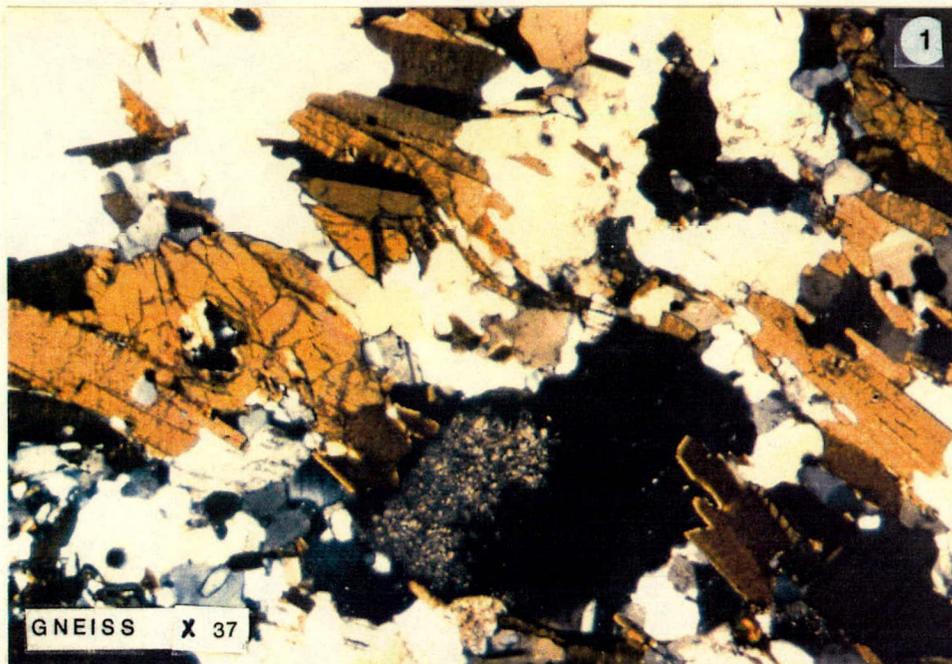
3.1.2 La microtexture

Quant à la microtexture, elle réfère principalement aux aspérités présentes à la surface du granulat. Ces aspérités ont une influence déterminante sur le niveau d'adhérence d'un revêtement.

Chez un pavage neuf, la microtexture est assurée par la rugosité des plans de cassures du gros granulat. Il est donc important que le granulat des couches de roulement possède une teneur suffisamment élevée en particules fragmentées. Plus tard dans la vie du

pavage, le granulat s'use et tend à se polir sous l'effet du trafic, ce qui se traduit généralement par une baisse du C.F.T.. Cette baisse est d'autant plus accentuée que le granulat affiche une faible résistance au polissage, résistance qu'il est toutefois possible d'évaluer en laboratoire et ainsi de prévoir, jusqu'à un certain point, la baisse du C.F.T. dans le temps à condition que le mélange ait été fabriqué selon des exigences reconnues.

On peut se demander pourquoi les roches n'ont pas toutes la même résistance au polissage. La réponse à cette question est complexe et n'est pas entièrement connue. Il semble toutefois que la dureté de la pierre, sa texture cristalline et surtout sa composition minéralogique soient les principaux facteurs qui affectent cette résistance. On sait par exemple que les calcaires s'usent facilement ce qui donne lieu, sous l'effet d'un trafic intense, à des pavages plus ou moins glissants (**voir photos 4 et 5**). Par ailleurs, les divers minéraux qui composent plusieurs types de roches sont souvent de duretés différentes et ne possèdent pas tous la même résistance à l'usure. Il en résulte une usure différentielle à l'échelle du granulat sous l'effet du trafic, ce qui contribue au maintien d'une certaine microtexture en surface du revêtement (**voir photos 1, 2, 3 et 6**) et donc à une antidérapance plus soutenue dans le temps.

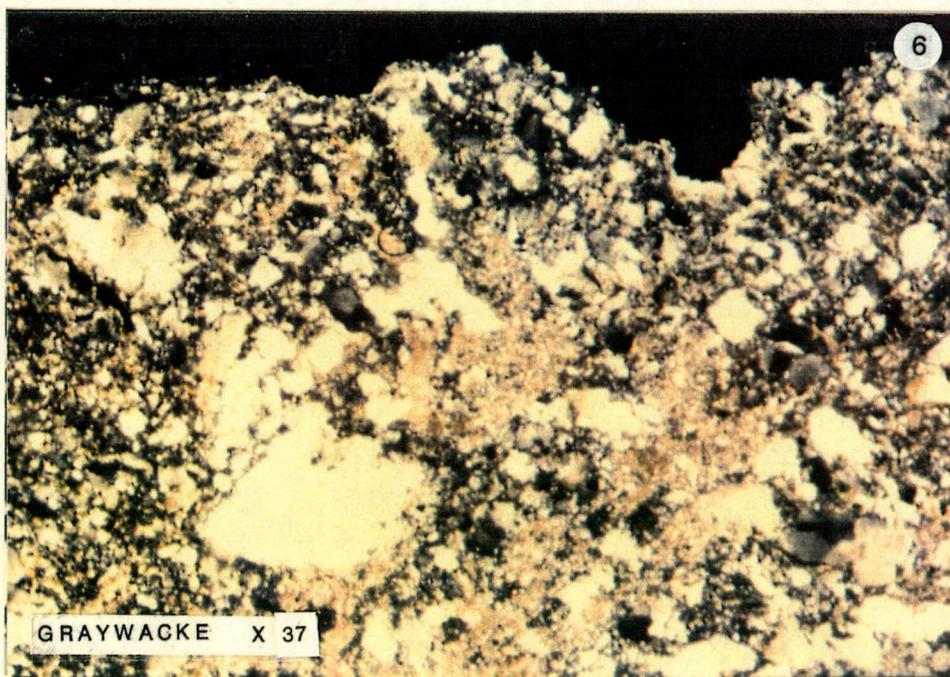
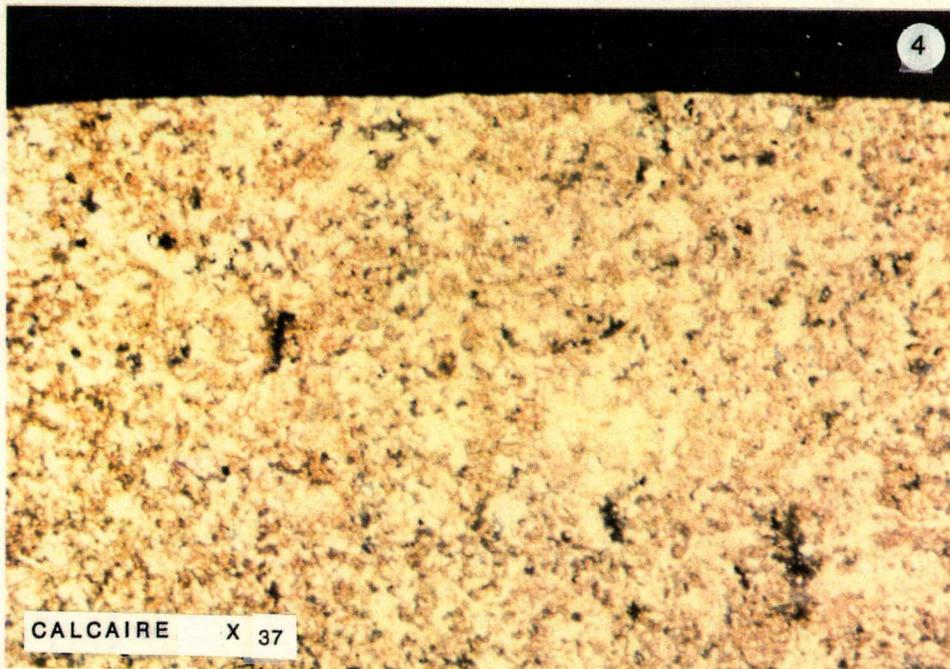


1	2
3	

MICROTEXTURE DES AGREGATS IGNES

(LAME MINCE DE GNEISS)

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
1	AG-020-84	Aspect d'un agrégat de gneiss composé de quartz, feldspath et minéraux ferro-magnésieux.
2	AG-020-84	Microtexture prononcée à la suite du polissage et d'une usure différentielle. A remarquer la disparition des cristaux ferro-magnésieux (moins dur) et la dominance des cristaux plus durs (quartz, feldspath) en surface de l'agrégat.
3	AG-020-84	Idem à la photo #2.



4	5
6	

MICROTEXTURE DES AGREGATS SEDIMENTAIRES

(LAME MINCE DE CALCAIRE ET DU GRES)

<u>Photo no</u>	<u>km</u>	<u>Description</u>
4	AP-674-83	Aspect général d'un agrégat calcaire. Noter sa surface régulière et assez lisse.
5	AP-537-83	Microtexture pauvre à la suite du polissage et de l'usure plus ou moins uniforme d'un granulat calcaire.
6	AP-675-83	Microtexture assez prononcée à la suite du polissage et de l'usure différentielle d'un agrégat de grès, renfermant des cristaux variés (graywacke) dans une matrice de "ciment".

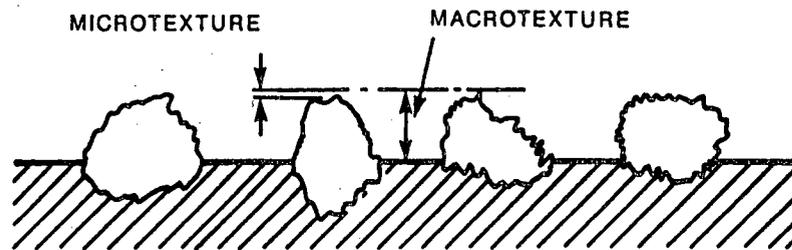


Figure 2 - Représentation schématique de la MICROTEXTURE et de la MACROTEXTURE que devrait présenter la surface d'un pavage.

3.2 C.F.T. vs vitesse et texture

On sait que la macrotexture peut s'évaluer assez facilement au moyen de l'essai à la tache de sable (H.S.). Une bonne évaluation de la microtexture présente cependant plus de difficultés. C'est sans doute pour cette raison qu'il est coutume de l'inclure pour ainsi dire dans la mesure du C.F.T., laquelle est faite à une vitesse d'essai prédéterminée et fixe, et d'essayer de prévoir ensuite la baisse de ce C.F.T. avec l'augmentation de la vitesse d'essai en s'appuyant sur la hauteur au sable mesurée antérieurement.

La **figure 3** illustre cette variation du C.F.T. avec l'augmentation de la vitesse pour différentes textures. On y voit que:

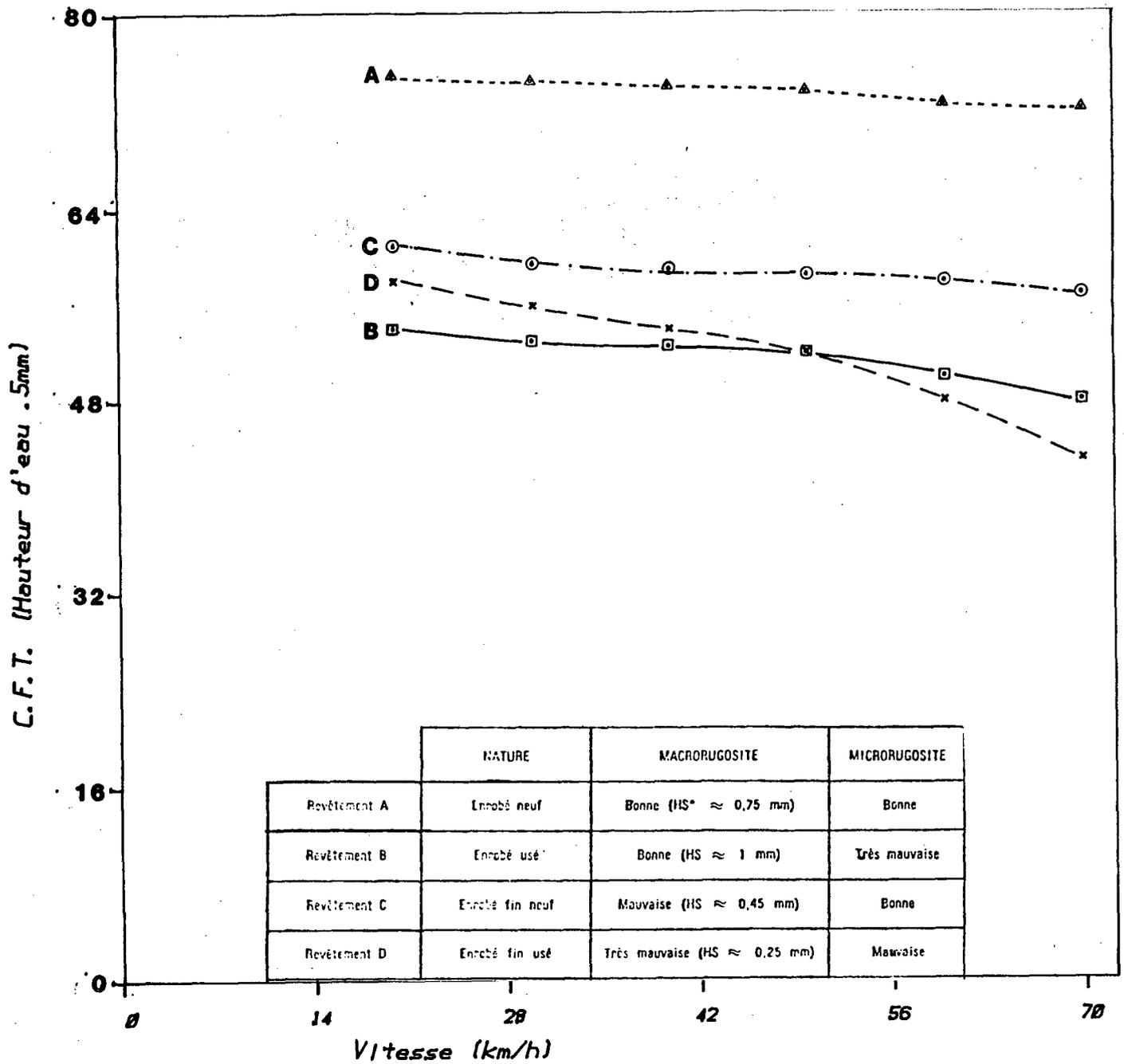
- Le C.F.T. est presque indépendant de la vitesse lorsque la microtexture et la macrotexture sont toutes deux bonnes;
- La micro et la macrotexture concourent toutes deux à l'obtention d'une bonne antidérapance mais à basse vitesse, c'est la microtexture qui paraît la plus importante;
- La diminution du C.F.T. est plus accentuée lorsque la micro et la macrotexture sont toutes deux déficientes.

Les effets de la micro et de la macrotexture sur le C.F.T. ne sont cependant peut-être pas aussi distincts et n'obéissent peut-être pas à des modèles aussi précis qu'on veut bien le faire voir dans la littérature. Les deux types peuvent en effet revêtir une infinité de formes et d'intensités. Il ne faut donc pas se surprendre si dans beaucoup de cas, il y a interaction entre les deux types ou si l'influence jouée par l'une et l'autre chez plusieurs revêtements différents ne paraît pas toujours consistante. De plus, l'intervalle de

vitesse apparaissant à la **figure 3** est restreint par rapport à celui du trafic qui circule quotidiennement sur les routes. Les courbes qui y apparaissent pourraient donc avoir une toute autre allure si la vitesse était prolongée jusqu'à 100 ou même 120 km/h. C'est le cas notamment de la courbe "C" attendu que la plupart des experts en glissance soutiennent que c'est surtout la macrotexture qui assure le maintien d'une bonne adhérence à haute vitesse. C'est d'ailleurs pour cette raison qu'en France l'on suggère des hauteurs au sable proportionnées aux vitesses du trafic (**tableau II**). Etant donné en effet que sur les routes à circulation rapide, le C.F.T. est mesuré à une vitesse bien inférieure à celle du trafic, il faut s'assurer que cette valeur indiquée par l'appareil varie le moins possible avec la vitesse. Et ceci ne peut s'obtenir que grâce à une macrotexture prononcée.

TABLEAU II - Hauteurs de sable proposées à la circulaire 69-72 du 11 juin 1969 (L.C.P.C.)

Hauteur de sable (H.S.) requise (mm)	Vitesse du trafic (km/h)
$\leq 0,2$	Revêtement à proscrire
0,2 @ 0,4	80
0,4 @ 0,8	80 @ 120
0,8 @ 1,2	120
$\geq 1,2$	Pour zones dangereuses



Source: LCPC, Nov., Déc., 1974

Figure 3 - Variation du C.F.T. avec l'augmentation de la vitesse "SCRIM".

Les résultats d'une étude réalisée en France sur quatre revêtements bitumineux à textures différentes corroborent d'ailleurs cette opinion. Ils apparaissent au **tableau III** et nous indiquent qu'une bonne microtexture peut suffire pour assurer une adhérence acceptable à basse vitesse mais qu'à haute vitesse, il faut compter également sur une bonne macrotexture. Cette dernière ne peut cependant à elle seule assurer un niveau d'adhérence suffisant sur un large éventail de vitesses.

Cette prise en compte de la hauteur au sable constitue une première pondération à apporter au C.F.T. mesurée par le SCRIM. Il y en a plusieurs autres, mais dans beaucoup de cas, il s'agit de facteurs secondaires par rapport à la texture, attendu que c'est au moins en partie parce qu'ils affectent la texture qu'ils ont des implications sur l'adhérence. De plus, certains d'entre eux sont variables dans le temps ou d'assez courte durée de sorte qu'il importe d'en prendre note au moment des relevés afin de pouvoir par la suite appliquer les pondérations désirées.

TABLEAU III - Résultats des mesures d'adhérence et de texture sur les revêtements d'essai.

Domaine	Appareil	Vitesse (km/h)	Planches types				E enrobé
			A grenu-râpeux	B grenu-poli	C fin-râpeux	D fin-poli	
	Schématisation:						
Glissance	Remorque LPC	40	0,80	0,60	0,75	0,10	0,68
		60	-	-	0,50	0,05	-
		80	0,75	0,56	0,31	-	0,30
		100	-	-	0,26	-	-
		120	0,78	0,64	0,23	-	0,16
		SCRIM C.F.T.	60	0,80	0,70	0,85	0,20/0,35
	Pendule SRT	12	80	75	90	45/30	80/75
	Distances d'arrêt chaussée humide (m)	90	37	40	35	91	45
Texture	HS (mm)	0	5	6	0,9	0,1	0,5

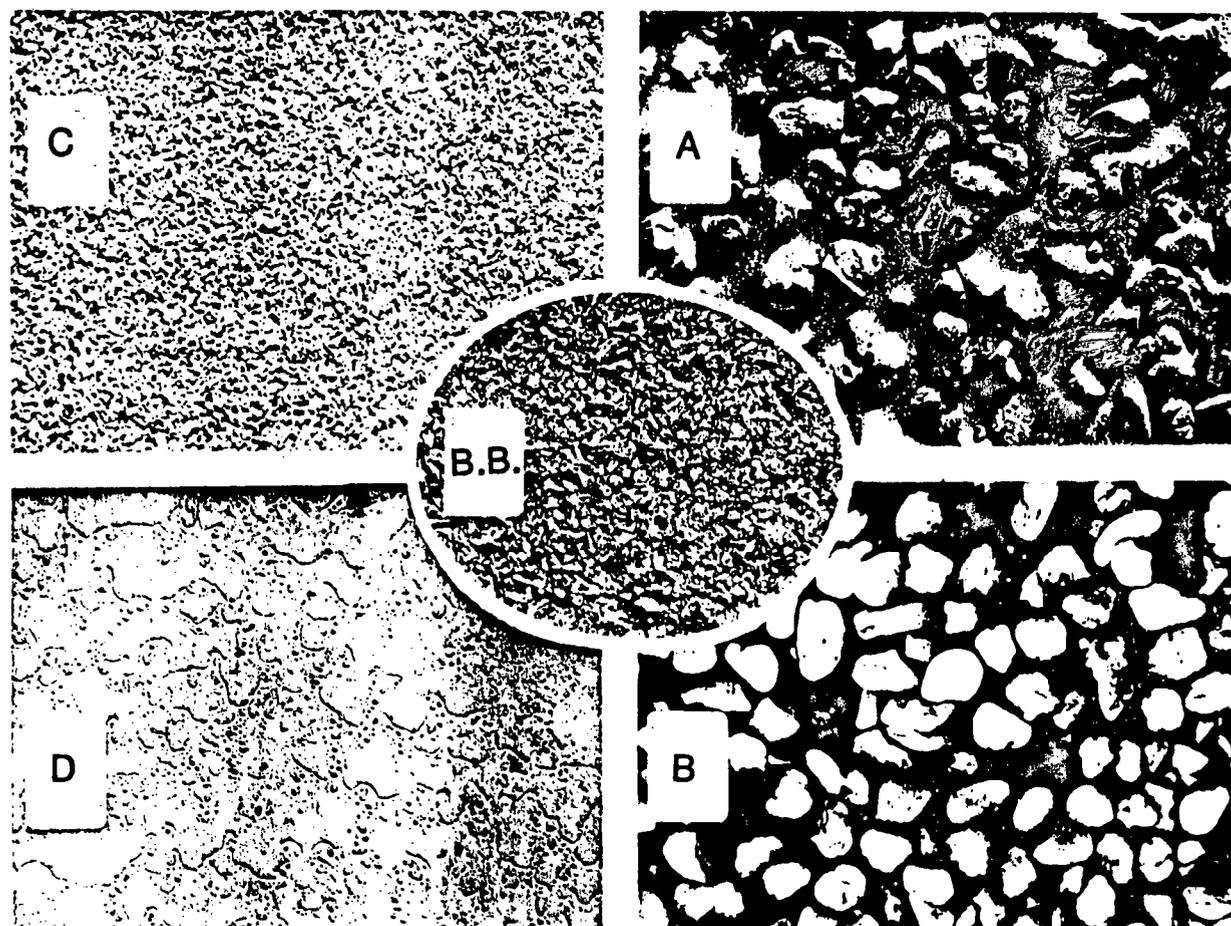


Figure 4 - Planches types d'essai (échelle 0,7)

SOURCE : LCPC Janv. 85.

3.3 C.F.T. "vs" température (béton bitumineux)

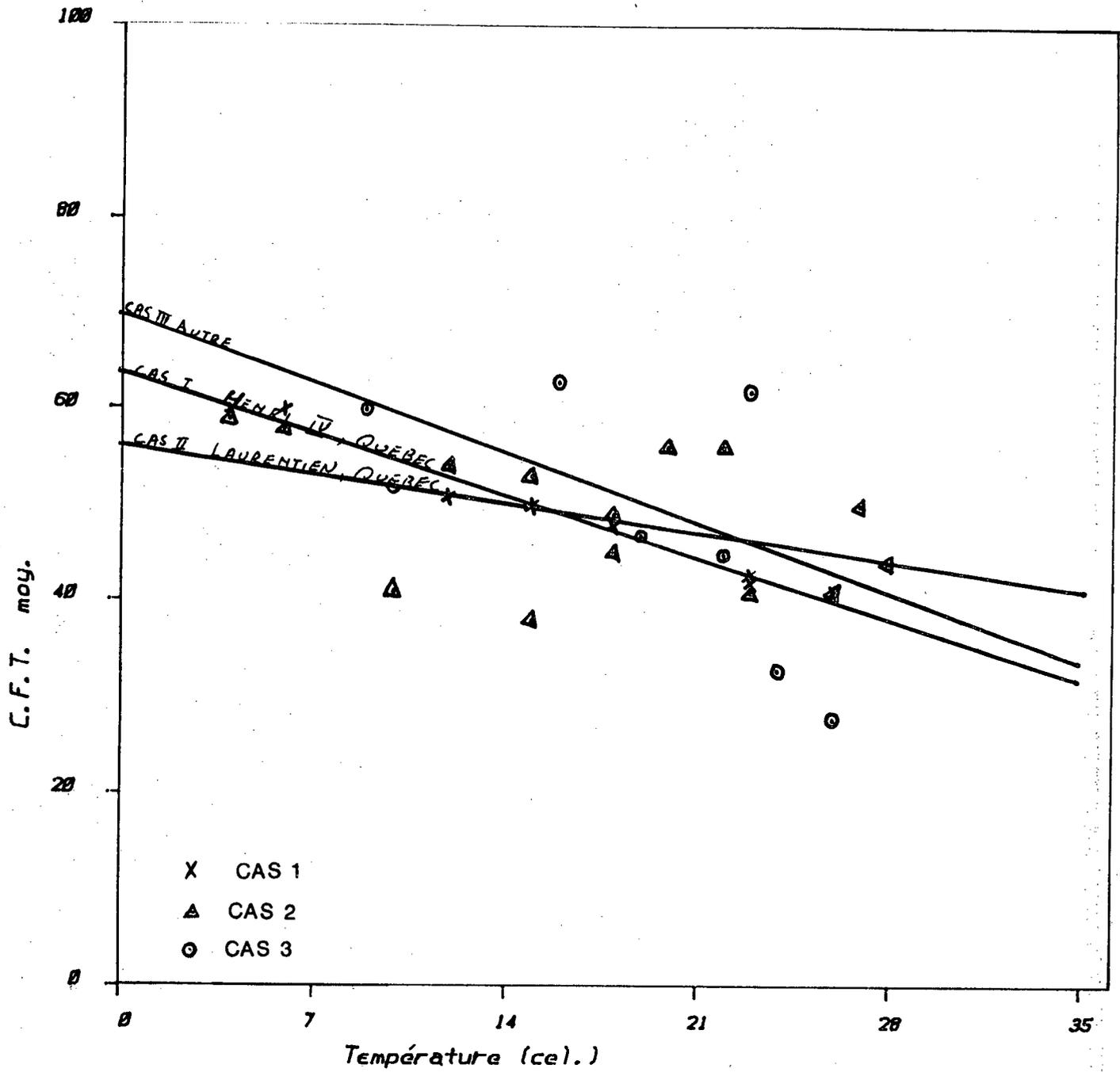
Dans le cas de revêtements en béton bitumineux la réduction du C.F.T. par une augmentation de température est un phénomène déjà connu.

Nous reproduisons plus bas deux cas qui nous ont permis d'isoler le paramètre température. En effet, sur chacun des sites étudiés, les relevés furent effectués le même jour de façon à minimiser l'effet des divers paramètres. Ils furent cependant effectués à des heures différentes, au cours de journées d'été ensoleillées de façon à ce que l'écart de température du revêtement entre chaque relevé soit suffisamment grand pour pouvoir en mesurer l'importance.

CAS I: Boulevard Henri IV, Québec. (figure 5)

Huit relevés effectués dans un secteur de 1,5 km entre août et novembre 1978 ont révélé une très bonne corrélation ($r= 0.99$) entre le C.F.T. et la température, corrélation qui, pour des températures oscillant entre 4 et 26°C, peut s'exprimer par la relation suivante:

$$\text{C.F.T.} = -0.92 \times (T^{\circ}\text{C}) + (64)$$



Source: Résultats compilés à partir des essais du SCRIM, MTQ, Québec.

Figure 5 - Courbes de variation du C.F.T. en fonction de la température du revêtement (béton bitumineux).

CAS II: Boul. Laurentien, Québec (figure 5)

Huit relevés effectués dans un secteur de 4,2 km entre août et novembre 1978 ont révélé une corrélation moins précise ($r=0.45$). Pour des températures variant de 4 à 29°C, cette corrélation peut s'exprimer par la relation suivante:

$$\text{C.F.T.} = 0.43 \times (T^{\circ}\text{C}) + (56)$$

La recherche d'une relation entre la température et le C.F.T. a suscité bien des difficultés. Elle nous avait paru nécessaire en raison de la courte période d'utilisation du SCRIM chaque année d'une part et la variation continuelle de la température pendant cette période d'autre part.

Nous désirions par la présente recherche déterminer un facteur de pondération qui permettrait de ramener les C.F.T. mesurés à une même température dite de référence lorsque vient le temps de comparer plusieurs tronçons du point de vue adhérence. Nous avons finalement opté pour la méthode suivante:

A) Sur un tronçon représentatif, obtenir quatre ou cinq valeurs de C.F.T. correspondant chacune à une température donnée. S'efforcer d'obtenir la gamme de températures la plus étendue possible en un temps relativement court.

Par exemple:

<u>C.F.T. Relevé</u>	<u>Température du pavage</u>
50	30°C
60	25°C
63	21°C
70	20°C
80	15°C

B) Tracer la droite du C.F.T. en fonction de la température (**figure 6**).

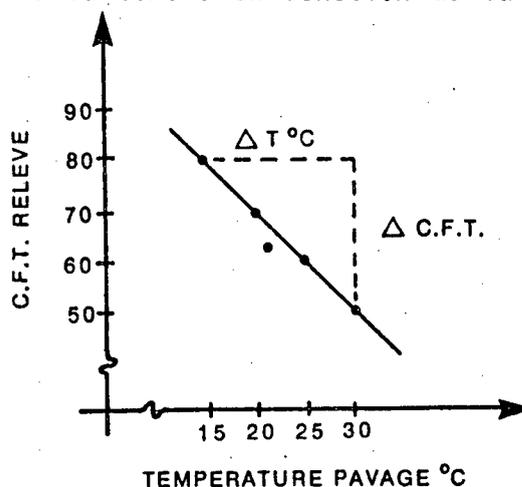


Figure 6: Exemple d'une ligne de régression C.F.T. vs Température du pavage

C) Calculer la pente de la droite:

$$\text{Pente} = \frac{\Delta \text{ C.F.T.}}{\Delta t \text{ } ^\circ\text{C}} = \frac{80 - 50}{30 - 15} = \frac{30}{15} = 2 \text{ C.F.T. } / ^\circ\text{C}$$

D) Choisir la température de référence (ou température de base) la plus élevée possible (situation critique), tout en prenant soin de rester dans la gamme de températures relevées. Dans le cas présent, cette température de référence est 30° C.

E) Calculer le C.F.T. corrigé pour la température de base (C.F.T. corr.) de la façon suivante:

$$\text{C.F.T. corr.} = \text{C.F.T. relevé} + (T \text{ relevée} - T \text{ base}) \times \text{pente}$$

Dans l'exemple précité on obtient:

$$\begin{aligned} \text{C.F.T. corr.} &= 75 + (17^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) \times 2 \text{ C.F.T./}^{\circ}\text{C} \\ &= 75 + (-8) \times 2 \\ &= \underline{59} \end{aligned}$$

Ce C.F.T. corrigé signifie qu'à une température de 30° C, nous pourrions nous attendre à un C.F.T. minimum de 59.

Cette méthode présente néanmoins quelques inconvénients:

A) La pente de la ligne de régression (C.F.T. vs Température) change avec le temps suivant la nature des dégradations que subit la texture de la surface, (voir fig. 7).

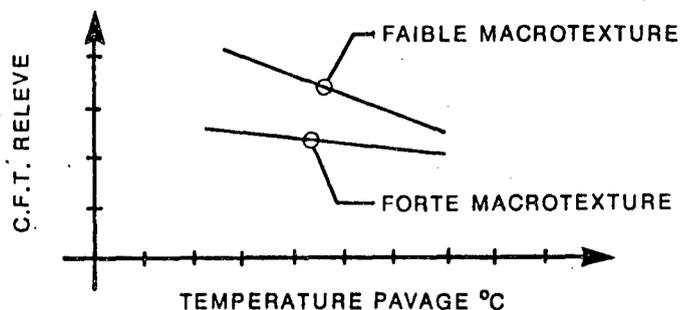


Figure 7 - Variation du C.F.T. en fonction de la température et pour différentes macrotextures.

B) Sur certaines routes, le choix d'un tronçon représentatif est difficile étant donné la forte hétérogénéité du pavage. Dans ce cas, l'établissement d'une corrélation précise entre la température et le C.F.T. peut poser des difficultés.

C) La méthode est longue.

Remarquons enfin que les surfaces de roulement dont le C.F.T. varie peu avec la température possèdent généralement un pavage à forte macrotexture.

3.4 Macrotexture vs température

On peut maintenant se demander comment il se fait que la température ait un tel effet sur le C.F.T.. Avant de répondre à cette question, il y a lieu de se rappeler que lorsque deux matières frottent l'une contre l'autre, il n'y a pas qu'un seul coefficient de frottement mis en cause mais plutôt deux. Ainsi, lorsque le pneu d'essai du SCRIM frotte contre le revêtement, il y a mesure non seulement du coefficient de frottement du revêtement, mais également de celui du caoutchouc. Contrairement à ce que l'on pourrait penser en effet, les deux substances sont exposées à des variations le long du parcours: le revêtement, parce que ses propriétés changent le long du tracé; le caoutchouc, parce que sa température change et qu'il en résulte des variations dans ses propriétés.

Etant donné cependant que les mesures du C.F.T. sont faites en présence d'eau et que cette eau demeure sensiblement la même

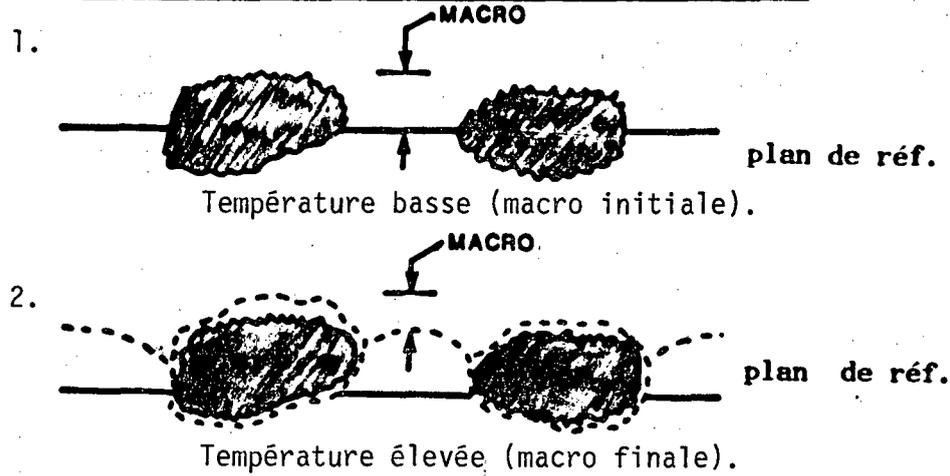
au cours des relevés, il a été décidé pour les besoins de la présente étude, de considérer les caractéristiques du caoutchouc comme stables et d'imputer toutes variations du C.F.T. aux variations de l'antidérapance du revêtement.

Notre hypothèse pour expliquer l'influence de la température sur le C.F.T. est que la variation de température occasionne des modifications à la texture de la couche de roulement. Ceci peut s'expliquer en faisant appel aux phénomènes suivants:

- a) Ramolissement et dilatation du bitume interstitiel sous une hausse de température. Etant donné que la dilatation du bitume est plusieurs fois plus élevée que celle du granulat et que ce liant noir se retrouve majoritairement dans la matrice, c'est cette dernière surtout qui prend du volume et qui a en même temps tendance à ramollir.

- b) Dilatation du granulat contre le bitume interstitiel devenu plus ou moins fluide et poussant ce dernier vers la surface pour ainsi combler, au moins partiellement, les dépressions entre les gros granulats, atténuer la macrotecture et, du même coup, décroître l'adhérence à haute vitesse (figure 8).

A) CAS I : "Macro" initiale élevée (Pavage neuf)



B) CAS II : "Macro" initiale faible (Pavage neuf)

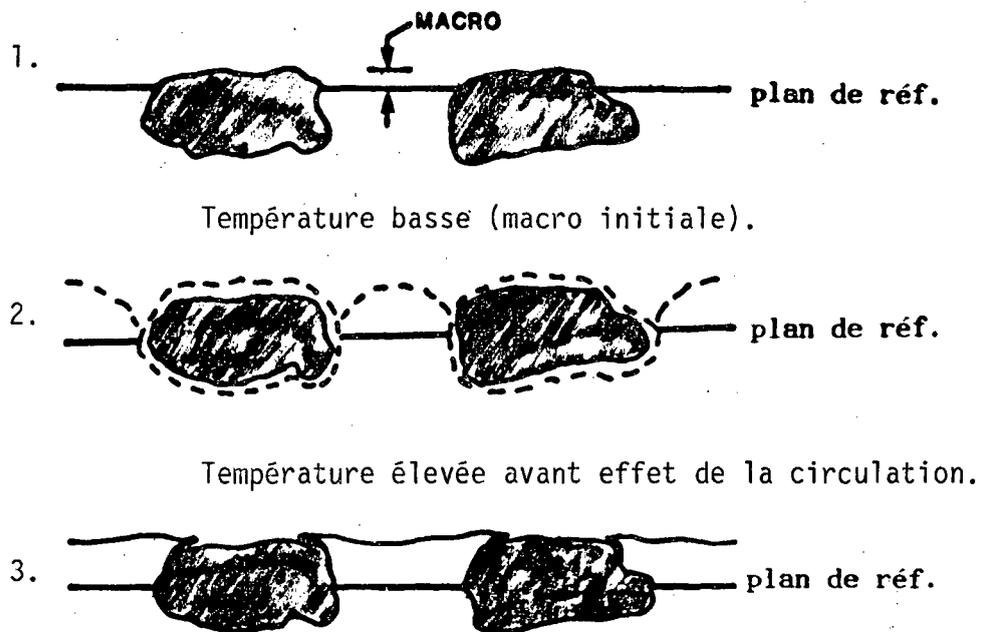


FIGURE 8 - Représentation schématique des variations de la macrotex-
ture sous l'effet de la température.

Le cas I représenté à la **figure 8** décrit ce qui se passe lorsqu'un pavage qui possède une bonne macrotexture se réchauffe progressivement. Le C.F.T. est peu affecté puisque la macrotexture à haute température est encore fort acceptable.

Dans le cas II au contraire, le gros granulat, même froid, n'émerge pas beaucoup au-dessus de la matrice. Il est donc vite recouvert par le bitume lorsque ce dernier se réchauffe et prend de l'expansion. A la limite, on n'aperçoit en surface qu'un film noir de bitume oblitérant tout indice de macro ou microtexture et donnant ainsi lieu à un pavage glissant dans des conditions humides à haute vitesse (**photo 7**). Ce phénomène s'appelle "ressuage" et est attribuable à un trop faible espace interstitiel entre les particules d'agrégat ou à une teneur en bitume trop élevée. Il a cependant tendance à survenir, ainsi qu'il a été expliqué plus haut, lorsque le revêtement est chaud, c'est-à-dire, au moment où le bitume, parce que dilaté, ne peut plus contenir dans l'espace interstitiel et parce que, devenu plus ou moins fluide, il peut plus facilement migrer vers la surface.

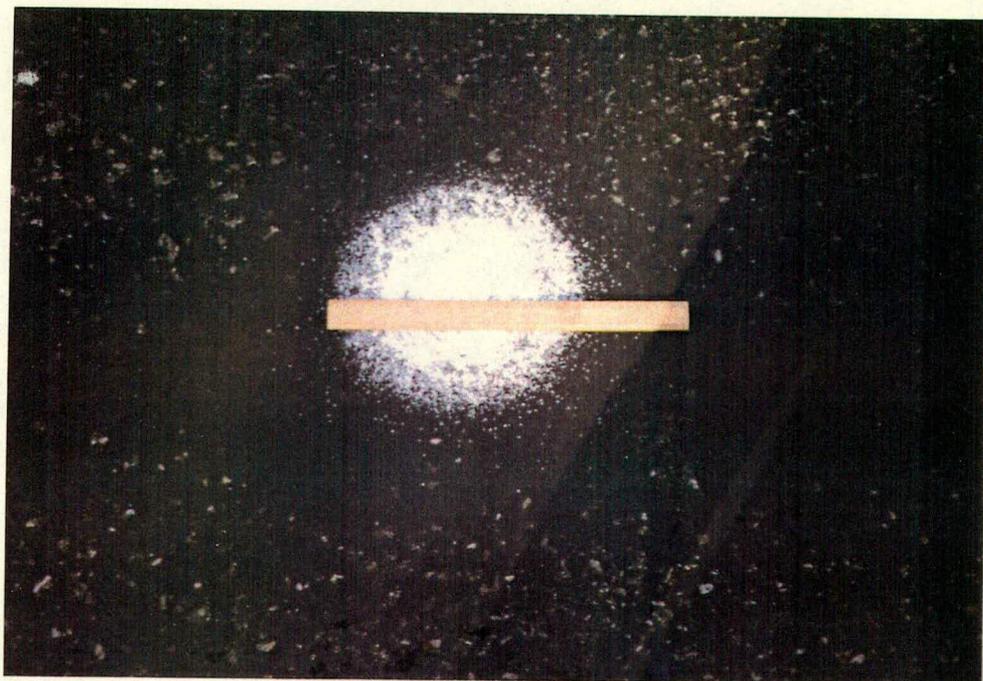


Photo (7) : Essai de hauteur au sable pratiqué sur un revêtement qui resseue (Cas II illustré à la **figure 8**)

Le **tableau IV** contient les résultats de deux tests de hauteur sable effectués à des températures différentes [3]. Ils indiquent que la relation entre la température du pavage et la macrotexture peut s'exprimer par l'équation:

$$\frac{\Delta H. S. (mm)}{\Delta T (cel.)} = -0.03 \text{ mm} / ^\circ \text{cel.}$$

On comprendra donc que si la température a une telle influence sur la macrotexture, il faut la noter et en tenir compte lorsqu'on effectue des études de détail sur des sites potentiellement glissants.

Mentionnons à titre d'exemples, deux cas de ressuage étudiés au cours de l'été 1985. [8]

CAS I. - Court secteur d'une route secondaire pavée en 1978, qui avait été le site d'un dérapage.

- Anomalies observées:
- % de bitume >7 par endroit;
 - % des vides souvent <1;
 - H.S. faible (=0.44 mm);
 - Couleur plus foncée du pavage dans le secteur étudié; ceci, visible aussi sur photos aériennes prises en mai 1982 (**fig. 9**);
 - Chute brusque de C.F.T. (**fig. 10**) dès le début de ce secteur plus récent.

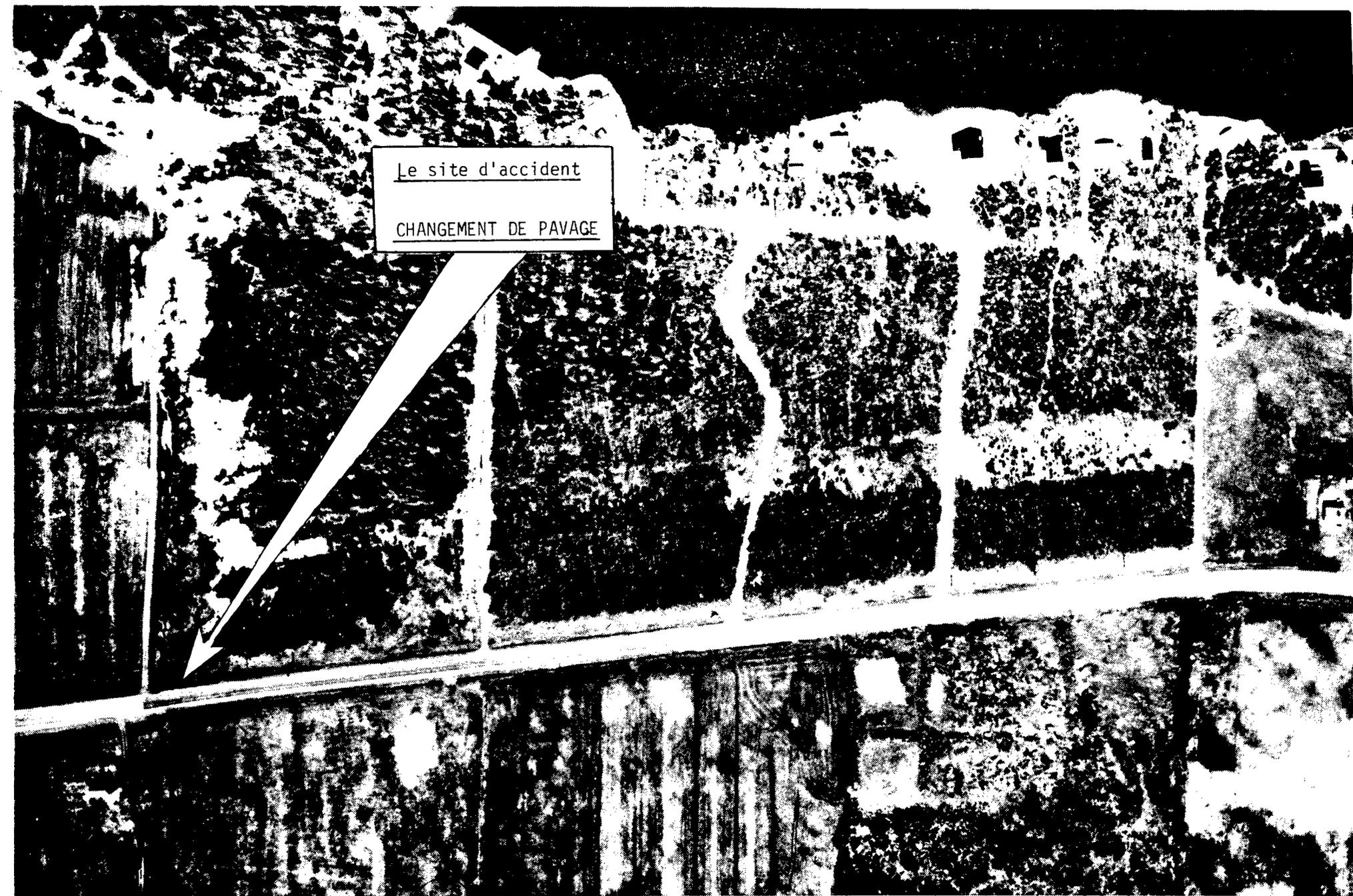


Figure 9 : Photo aérienne démontrant le changement du pavage et ressuaage dans le site d'accident.
Photo #47 Echelle : 1/2500 c prise le 18 mai 1982. Rte 132 (Sayabec)

TABLEAU IV - Mesure de la variation de la profondeur Macrotexture en fonction de la température du pavage.

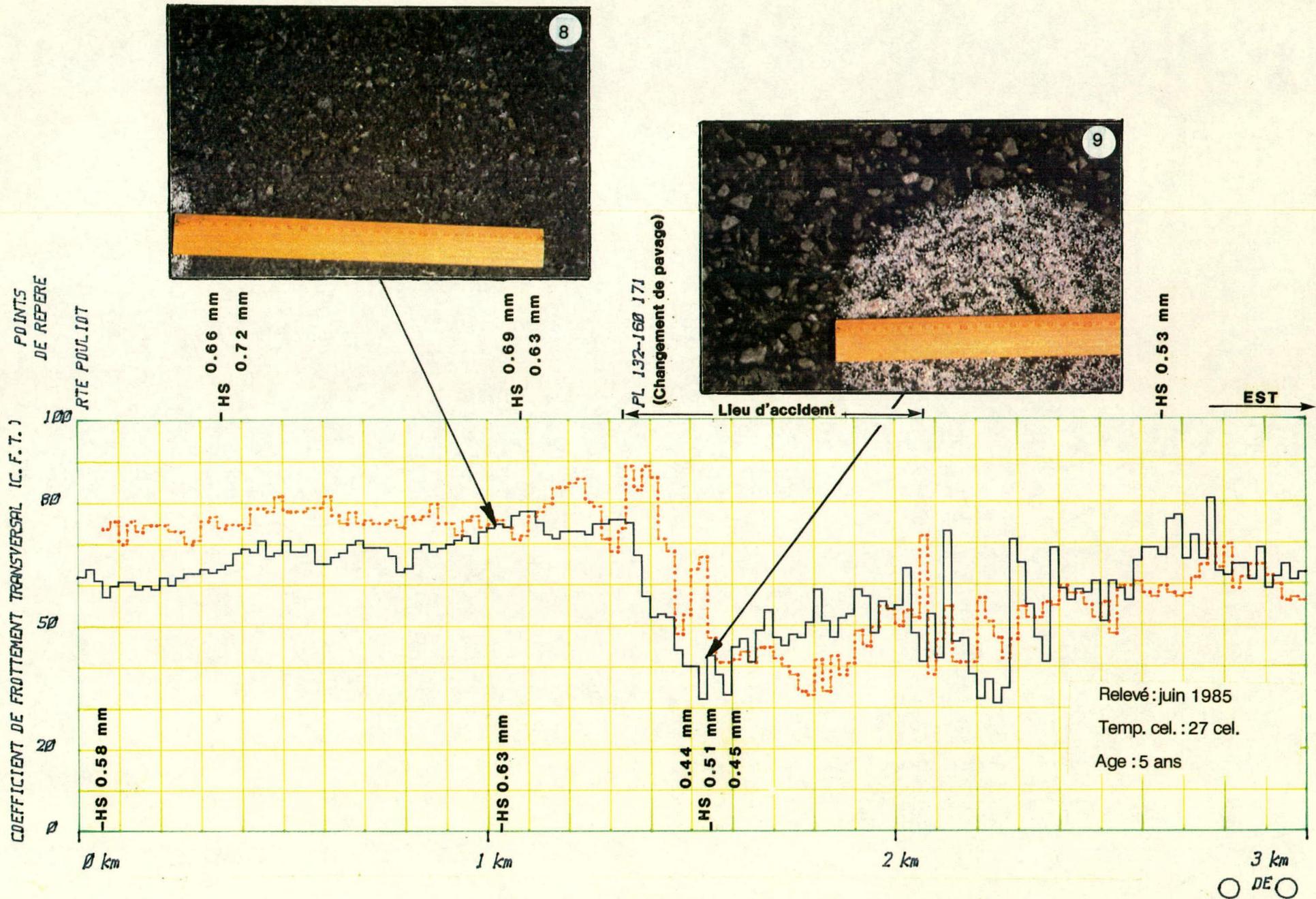
Routes étudiées	1		2		Ecart de Température en °c (4)-(2)=(5)	Ecart HS en % (6)= (1)-(3)/(1)
	HS moy. (1)	T°c Pav. (2)	HS moy. (3)	T°c Pav. (4)		
Auto 440/40 ouest	≈0.85 mm	27°c	≈0.66 mm	34°c	+7°c	-22%
Auto 73 en bordure	≈0.80 mm	21°c	≈0.57 mm	30°c	+9°c	-29%

* Moyenne sur 50 mesures de HS (Hauteur au Sable) effectuées à env. 1 m d'intervalle.

Référence : Rapport technique de Claude LALONDE, [3]

FIGURE 10

BAISSE BRUSQUE DU C.F.T. DANS LE SITE D'UN ACCIDENT MORTEL Rte 132 (Sayabec)



CAS II. - Route régionale à faible débit manifestant un ressage discontinu ou inégal (**fig. 11**).

On constate ici que les variations continues de l'aspect et de la texture du pavage se traduisent en termes de glissance par un C.F.T. également très variable le long du parcours.

3.5 C.F.T. "vs" film d'eau sous la roue palpeuse (SCRIM)

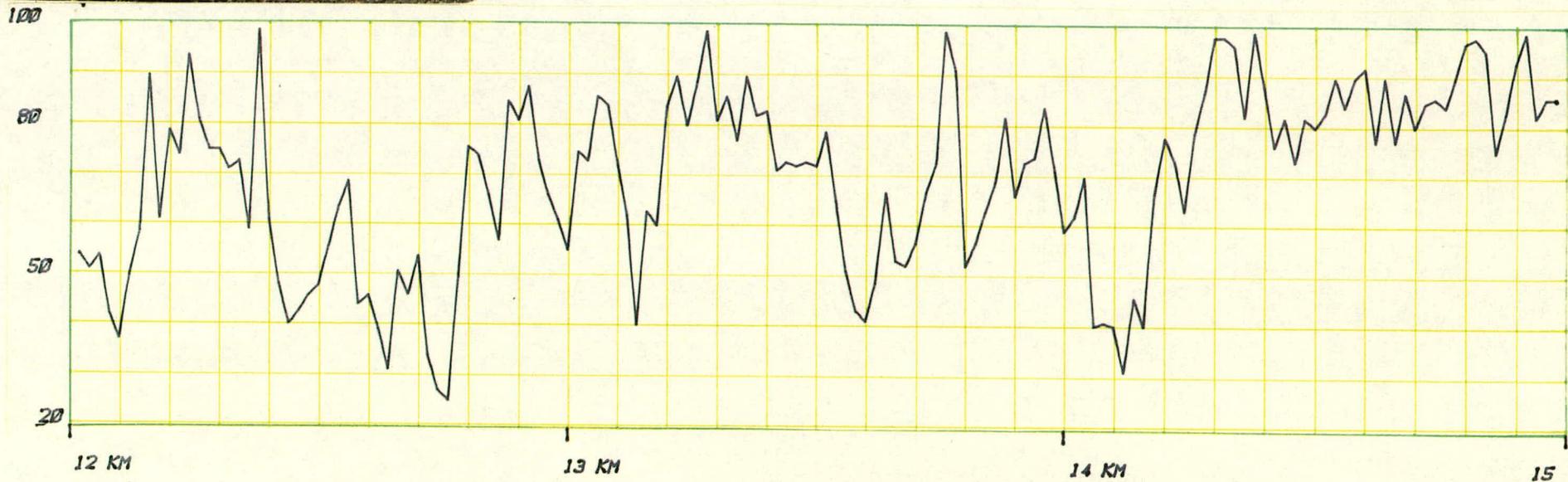
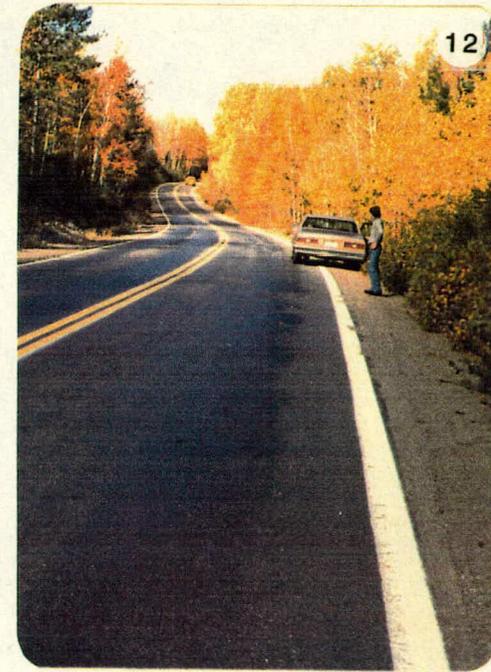
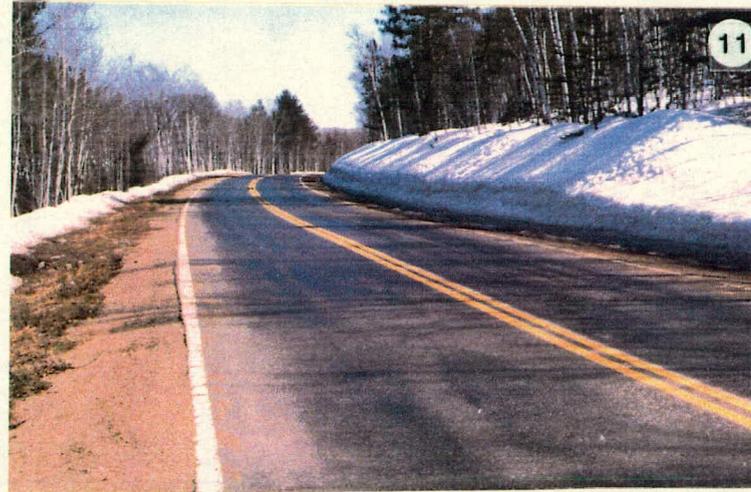
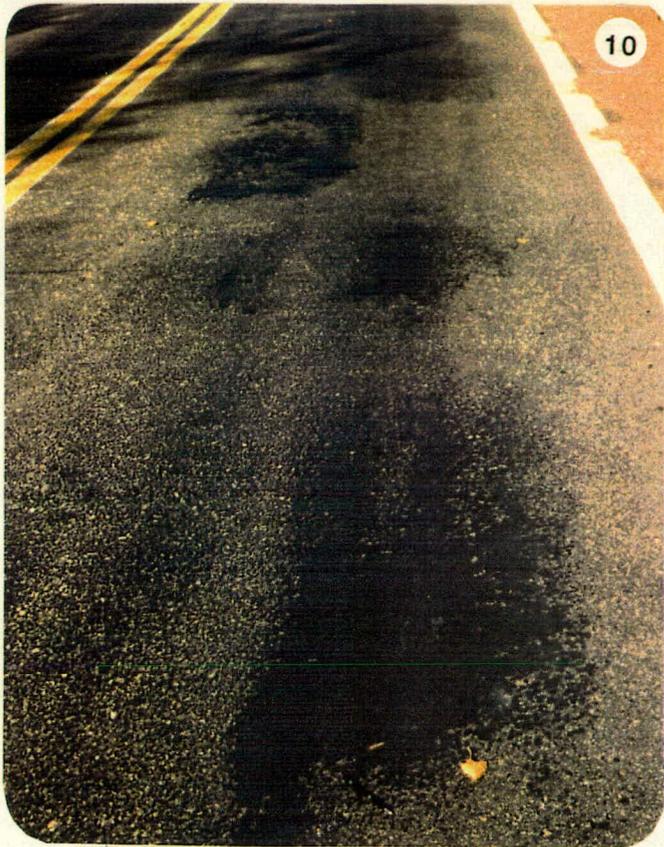
Initialement le SCRIM était conçu de telle façon que le débit d'eau, projeté sous la roue d'essai, était fonction de la hauteur d'eau du réservoir. Par la suite on a modifié le système pour obtenir un débit constant de 0.5 litre par seconde pour une vitesse d'essai de 60 km/h (film d'eau de 0.5 mm).

Etant donné que la glissance ne constitue vraiment un problème que sur chaussée mouillée, il est normal de s'attendre à ce qu'une augmentation du film d'eau entraîne elle-même une diminution du C.F.T.. Pour cette raison, il faudra éviter d'effectuer des essais sur une chaussée qui est déjà mouillée. Il est en outre recommandé de

FIGURE 11

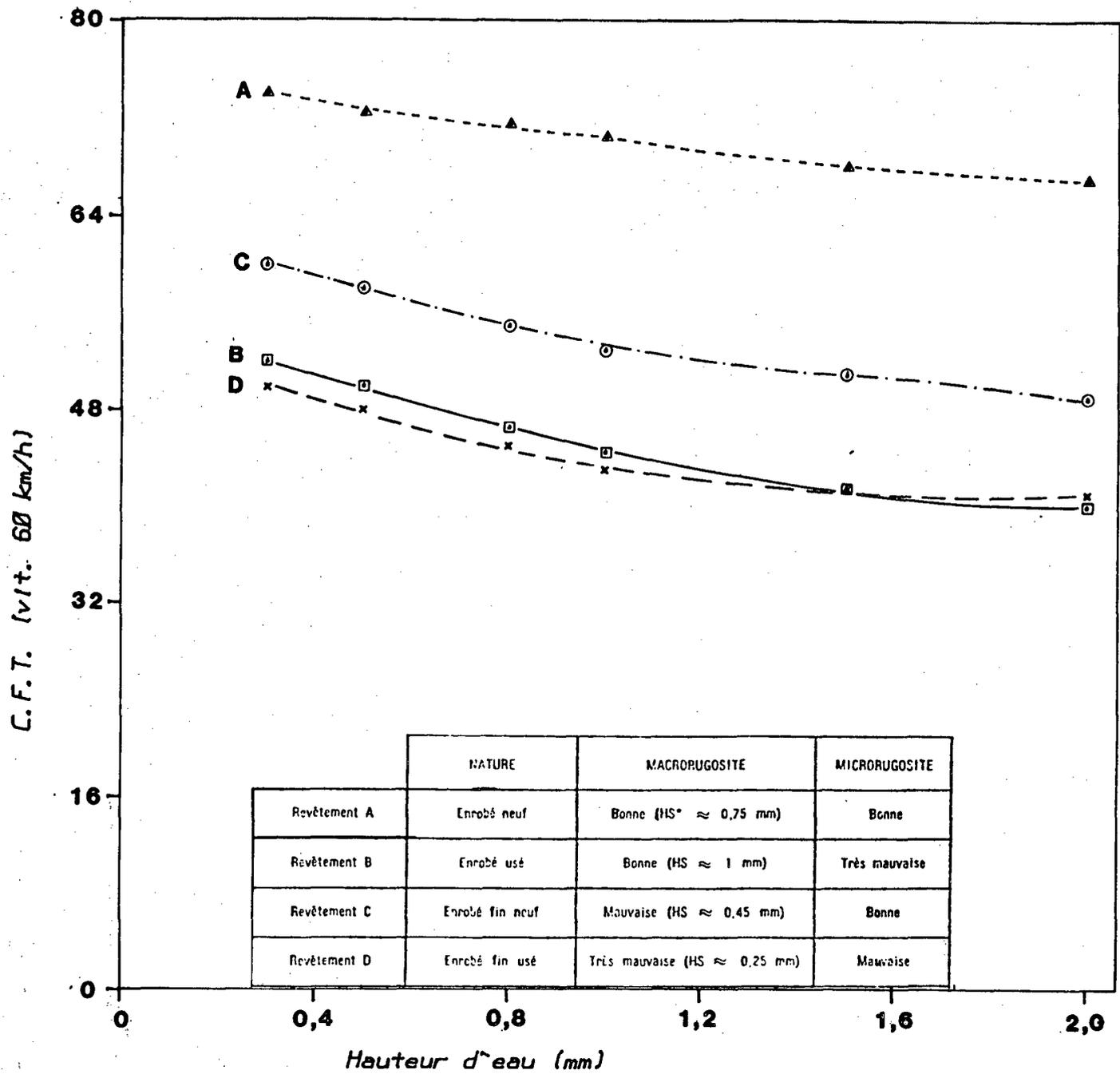
VARIATION EXCESSIVE DU C. F. T. PROVOQUEE PAR RESSUAGE INTENSE DU PAVAGE

(route 381 St-Urbain)



vérifier périodiquement le débit d'eau afin de s'en tenir toujours à la même épaisseur du film d'eau au moment des essais. De même, on doit prêter une attention spéciale aux déviations possibles du jet lorsque les relevés sont conduits par de forts vents latéraux donnant lieu à des bourrasques plus ou moins violentes.

La **figure 12** montre la relation qui existe entre le C.F.T. et l'épaisseur du film d'eau pour différentes textures de pavage. On y voit que le revêtement B, bien qu'ayant une forte macrorugosité, présente une adhérence transversale à peu près identique à celle du revêtement D, lequel possède à la fois une mauvaise macrorugosité et une mauvaise microrugosité. Cela provient du fait que cet appareil privilégie la microrugosité par rapport à la macrorugosité. La pression de contact du pneu sur le sol (de l'ordre de 500 Kpa) est en effet beaucoup plus élevée que celle exercée par une automobile (de l'ordre de 175 Kpa), ce qui "favorise la dislocation du film d'eau entre le pneu et la chaussée et minimise ainsi les capacités de drainage du revêtement". [2]



Source: LCPC, Nov., Déc., 1974

FIGURE 12 - Variation du C.F.T. vs épaisseur d'eau.

On remarque en outre un certain parallélisme entre les quatre courbes, ce qui nous indique que la hauteur d'eau, en autant qu'elle demeure constante, a peu d'importance sur le classement des revêtements au point de vue adhérence.

3.6 C.F.T. vs contaminants

En plus des divers paramètres dont il a été question plus haut et qui sont inhérents tantôt aux caractéristiques du pavage, tantôt au SCRIM lui-même, d'autres causes des baisses plus ou moins localisées du C.F.T. ont été identifiées au cours des nombreux relevés effectués par le Service des sols et chaussées. Elles méritent une mention étant donné que dans beaucoup de cas, elles pourraient être évitées. Il s'agit des contaminants présents à la surface du pavage et dont l'origine est tantôt inévitable, tantôt accidentelle et tantôt attribuable à l'ignorance ou la négligence. Ces contaminants sont par exemple:

a) Produits déposés à la sortie de fermes agricoles et de carrières ou aux intersections de routes en gravier;

- b) Des résidus provenant des véhicules en mouvement: huile, gaz émis des tuyaux d'échappement, caoutchouc provenant de l'usure des pneus, etc.;
- c) Déversement accidentel de matières transportées par les camions;
- d) Produits reliés à certaines activités industrielles et commerciales.

Le boulevard Décarie à Montréal (autoroute 15, en béton de ciment) est un bon exemple de l'effet des résidus sur l'adhérence, ceci surtout au début de chaque pluie après une longue période sans précipitation. Les statistiques indiquent qu'il existe trois fois plus d'accidents sur cette route que sur les autres de même catégorie.

La géométrie de cette artère encastrée est peu favorable à l'évacuation des résidus. Elle favorise plutôt leur décantation sur le pavage. Selon certains experts [8], [16], un tel phénomène est susceptible de conduire à des pertes importantes d'adhérence pendant les premières minutes d'une averse.

La route 157 à St-Louis de France, dans la région de Trois-Rivières a été un autre exemple de contamination au cours de 1985. Les clients d'un atelier de traitement anti-rouille à l'huile perdaient une partie de cette huile à proximité de l'atelier.

La figure 13 contient une photo qui montre l'aspect de la chaussée contaminée. Elle contient aussi un graphique qui démontre la baisse importante du C.F.T. dans la zone contaminée de 1 km située de part et d'autre du garage.

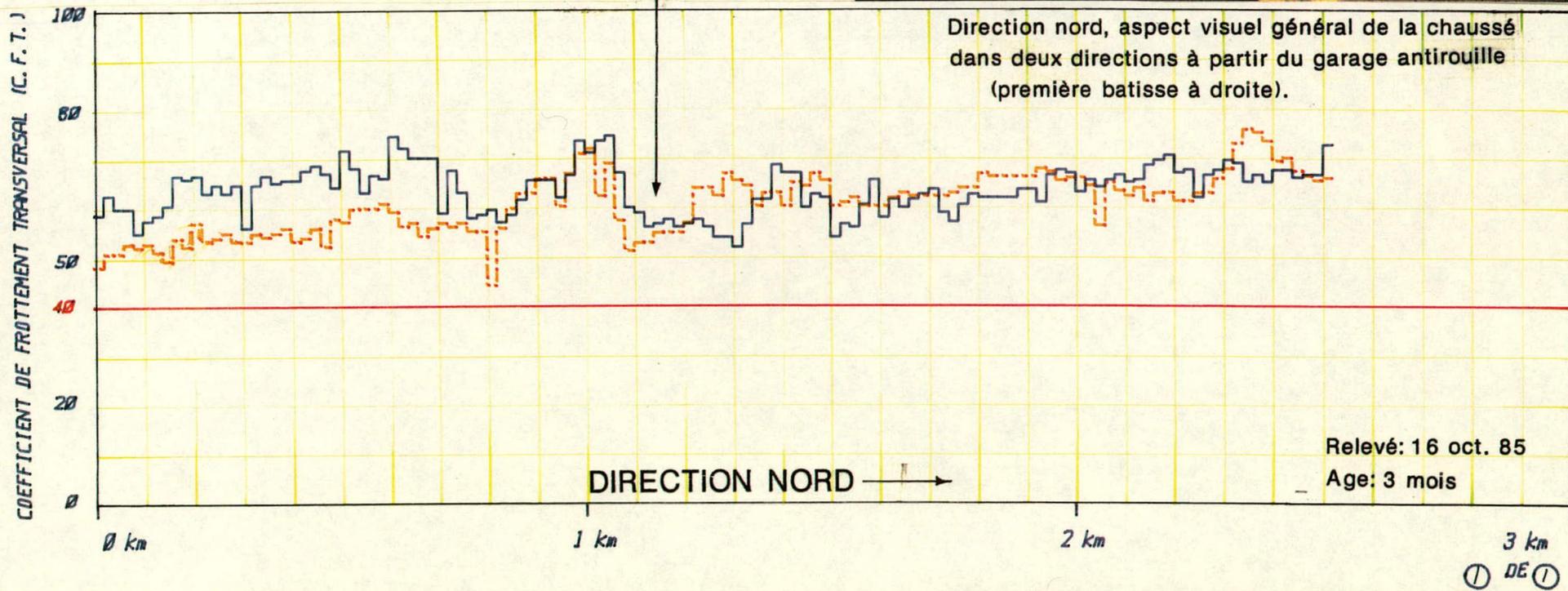
Cette baisse est d'environ 15 à 20 points de C.F.T. dans les zones à forte intensité de contamination et de 4 à 11 points pour le C.F.T. moyen de toute la zone touchée.

3.7 C.F.T. vs état de l'appareil SCRIM

Il est assez évident que la justesse des résultats obtenus avec le SCRIM, comme d'ailleurs avec tout autre appareil, requiert un instrument en bon état de fonctionnement. On ne saurait donc trop insister sur la nécessité de calibrations périodiques. L'appareil est

FIGURE 13

Exemple de contamination d'un pavage par l'huile
Rte. 157, ST-Louis de France



assez sophistiqué, ses troubles de fonctionnement peuvent être de nature mécanique, hydraulique, électrique ou électronique. Il requiert donc des vérifications soignées. Certaines anomalies de fonctionnement sont assez évidentes même à l'opérateur qui ne peut pas toujours en identifier les causes exactes. D'autres, comme celles qui concernent le débit d'eau ou la pression exercée contre la chaussée par la roue d'essai sont plus difficiles à déceler dans le cours d'un relevé et méritent donc des vérifications constantes.

4. GEOMETRIE DE LA ROUTE

Une géométrie déficiente est souvent cause d'insécurité. Selon le ministère des Transports de France (7), la géométrie d'une route est déficiente lorsque l'une ou l'autre des conditions suivantes se réalise:

- a) Rayon de la courbe inférieur à:
- 1000 m dans le cas d'une autoroute,
 - 665 m dans le cas d'une route nationale, après un long secteur rectiligne,
 - 425 m dans le cas général d'une route nationale.

- b) Pente longitudinale supérieure à 5%;
- c) Mauvais drainage superficiel conduisant à des accumulations d'eau à la surface du revêtement.
- d) Visibilité inférieure à:
 - 1000 m dans le cas d'une autoroute,
 - 230 m dans le cas d'une route nationale à deux chaussées divisées ou à quatre voies,
 - 400 m dans le cas des routes nationales à deux ou trois voies.

Il semble en outre que dans certains cas, la géométrie affecte les résultats produits par le SCRIM. Ainsi, le Laboratoire des ponts et chaussées de France a relevé une variation de 3% dans les courbes de 100 m de rayon et de 1% dans celles de 200 m de rayon.

5. ADHERENCE DES MARQUEURS DE TRAFIC

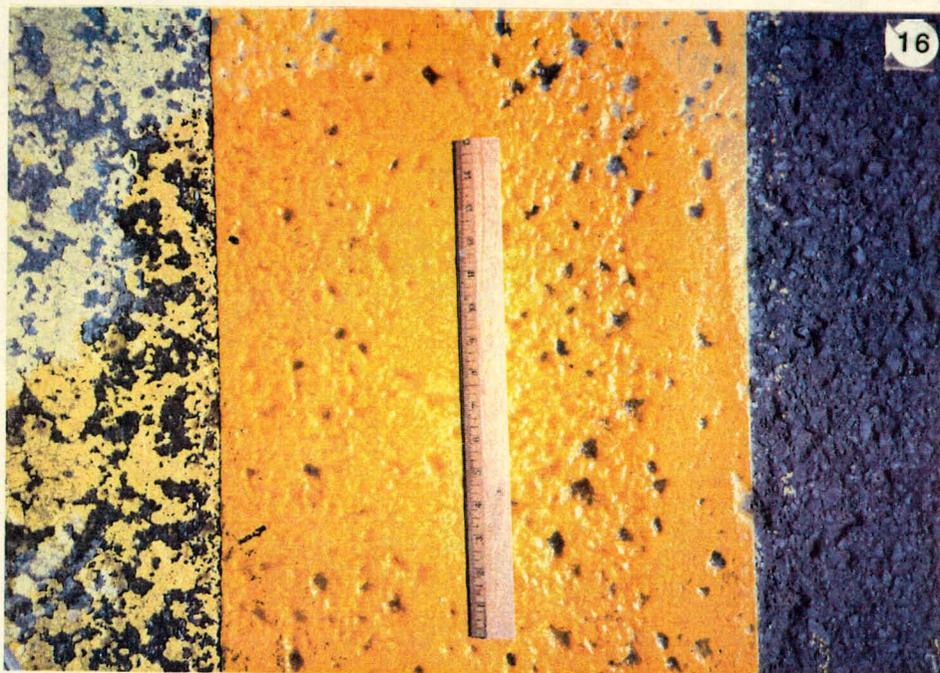
La peinture de signalisation posée à la surface des chaussées fait partie intégrante des surfaces de roulement et peut donc affecter les caractéristiques antidérapantes de ces surfaces. Il en est de même d'autres substances qui, telles les bandes de polyvinyle, sont venues s'ajouter à la peinture au cours des dernières années.

Pour en mesurer l'antidérapance, nous avons cru bon d'utiliser le pendule anglais en plus du SCRIM étant donné que ce dernier requérait des bandes plus larges que celles normalement utilisées pour la signalisation du trafic et paraissait donc d'un emploi plus restreint. Pour cette raison, nous avons dû avoir recours à des bandes de 40 cm de largeur chaque fois que le SCRIM était utilisé pour fin de comparaison avec le pendule (**photos 16, 17 et 18**). Quelques résultats, notamment ceux qui furent obtenus avec le pendule apparaissent au tableau V.

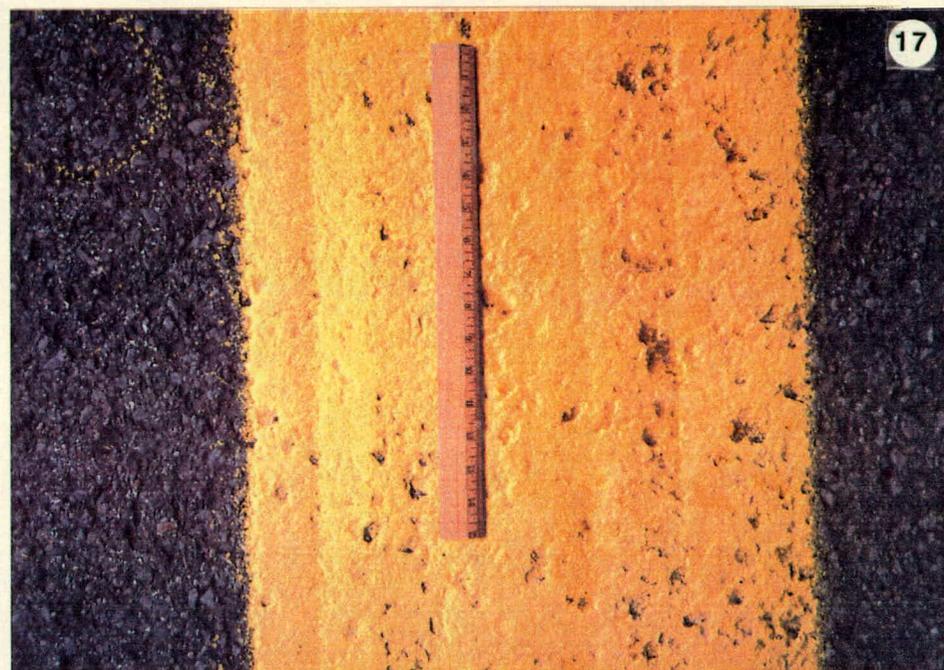
5.1 Peinture

D'une façon générale, il a été observé que la peinture neuve sur support de béton bitumineux donne lieu à un C.F.T. initial (SCRIM) de 35 à 40 mais qu'avec l'usure de la peinture sous l'effet du trafic, le C.F.T. augmente progressivement et tend éventuellement vers le niveau d'antidérapance du pavage sous-jacent.

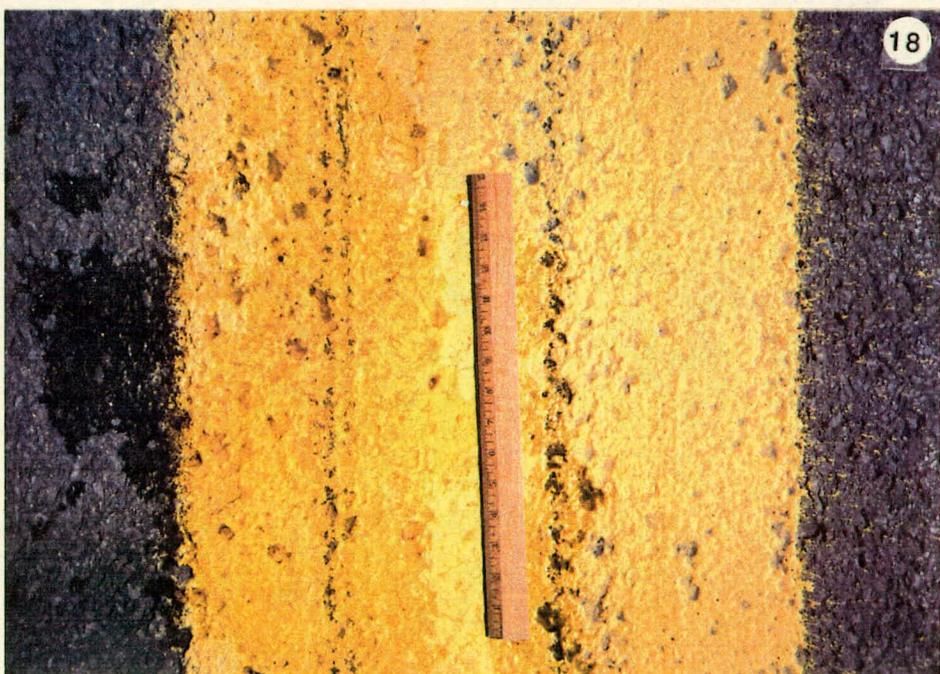
Les résultats obtenus sur peinture avec le pendule étaient similaires puisqu'ils variaient à l'origine entre 32 et 50 étant ainsi 28 à 49% plus bas que ceux mesurés sur le béton bitumineux, soit le niveau vers lequel ils tendraient éventuellement.



16



17



18

16	17
18	

IMPACT DES MATERIAUX DE SIGNALISATION

SUR L'ADHERENCE DES PAVAGES

Photo #

Description

- | | |
|----|-------------------|
| 16 | Bande polyvinyle. |
| 17 | Peinture 85'. |
| 18 | Peinture 84'. |

Les essais furent effectués sur le stationnement du garage du boul. Pierre Bertrand pendant l'été 1985.

TABLEAU V - Mesure de l'adhérence (B.P.N. et SCRIM) sur béton bitumineux peint et béton bitumineux naturel.

DATE D'ESSAI	DESCRIPTION	B.P.N.		SCRIM (C.F.T.)	
		B.B. DE BASE	SURFACE PEINTE	B.B. DE BASE	SURFACE PEINTE
Nov. 82	St-JEAN CHRYSOSTOME PEINTURE BLANCHE	64	45	—	—
Nov. 82	Auto. 20 : mélange conventionnel.				
	-pose à froid	53	32	—	—
	-micro-billes:				
	0 lb/gallon	53	33	—	—
	4 lbs/gallon	53	32	—	—
	6 lbs/gallon	53	28	—	—
	-pose à chaud	53	38	—	—
Juil. 85	Bande de peinture sur site expérim.: (1)				
	-Ruban polyvinyl. 84'	69	35	64	36
	-Peinture 84'	69	50	64	39
	-Peinture 85'	69	46	64	36

B.P.N. : "British pendule number"

(1) : Site expérimental du M.T.Q. (Bvl Bertrand, Québec)

5.2 Bandes de polyvinyle

Dans le cas des bandes de polyvinyle, le C.F.T. (SCRIM) initial moyen mesuré en 1984 était de 43, soit un peu au-dessus de celui mesuré sur surface peinte, qui était de 35 à 40 ainsi qu'il a été mentionné plus haut. Un an plus tard, il avait cependant régressé à 36, soit une baisse de 16%. Avec le pendule, la baisse a été de 49%.

On voit donc qu'au départ, l'adhérence d'une surface peinte et celle d'une surface recouverte de polyvinyle sont toutes deux inférieures à celle du béton bitumineux. L'écart entre elles d'une part et celle du béton bitumineux d'autre part est variable et dépend sans doute en premier lieu de la texture du support. Il semble toutefois qu'avec le temps, le C.F.T. des surfaces peintes ait tendance à croître tandis que celui des surfaces de polyvinyle ait tendance à diminuer. Pour cette raison, ces dernières paraissent nettement défavorisées au plan de la sécurité par rapport aux autres.

6. EFFETS DU RAINURAGE

Certains travaux d'entretien sont susceptibles d'affecter de façon plus ou moins importante le niveau d'adhérence des chaussées. L'un d'entre eux a cependant été étudié avec un peu plus de soin par le Service des sols et chaussées. Il s'agit du rainurage sur certains pavages rigides pour en accroître l'antidérapance.

Ce traitement a été pratiqué sur quelques tronçons autoroutiers de la région montréalaise et notamment sur les suivants:

- Le Boulevard Décarie,
- La Montée St-Léonard entre le pont-tunnel et l'autoroute 40,
- L'autoroute 40 entre la Montée St-Léonard, la voie élevée et le pont de l'Ile-aux-Tourtes.

Le Boulevard Décarie est sans doute le plus achalandé de ces quatre tronçons avec un trafic de quelque 100 000 véhicules/jour réparti sur six voies de circulation.

Le rainurage a été pratiqué avec un "Roto-Mill", engin de conception américaine qui peut scarifier (ou boucharder) la surface du béton de façon à accroître sa rugosité et la rendre plus antidérapante. Ce travail est rendu possible grâce à un cylindre rotatif horizontal qui est muni à sa périphérie de dents d'acier au tungstène.

Les arêtes vives ainsi obtenues procurent à la surface de roulement une antidérapance élevée. Elles s'arrondissent cependant plus ou moins rapidement au début sous l'effet du trafic et principalement en hiver alors que plusieurs automobiles sont munies de pneus à crampons. Il en résulte une baisse d'adhérence, d'abord rapide au cours des premiers mois puis, progressivement plus lente au cours des années suivantes.

Dans le cas de Décarie, le C.F.T. a paru se stabiliser quelque peu au voisinage de 30, soit environ deux ans après l'opération rainurage. Ce dernier y était cependant encore visible et a même persisté plusieurs années par la suite. C'est d'ailleurs sans doute pour cette raison que même à l'été 1986, soit huit ans après l'opération de rainurage, le C.F.T. était encore aux alentours de 33 ou 35 soit environ dix unités plus élevé qu'il n'était en 1978 avant rainurage.

Tableau VI - C.F.T. mesuré avant et après rainurage sur certaines chaussées de béton de ciment de l'Ile de Montréal.

C.F.T. avant planage	C.F.T. après planage	Amélioration en %
38	52	39
25	40	60
23	46	100
10	54	440
35	49	40
38	54	42
17	43	153
15	46	207
12	38	217
Moyenne		
24	47	96

Le tableau VI indique le C.F.T. moyen mesuré avant et après rainurage sur neuf secteurs faisant partie des quatre tronçons précités. Certains d'entre eux (et d'autres aussi qui ne font pas partie de ce tableau) manifestaient un C.F.T. très faible avant rainurage. C'étaient notamment:

- La Montée St-Léonard en direction nord (0,2 à 1,4 km au nord du pont-tunnel) et l'autoroute 40 Est (entre 11,0 et 13,9 km à l'est du pont de l'Ile-aux-Tourtes) avec des valeurs de l'ordre de 10;

- L'autoroute 40 Ouest depuis le pont de l'Île-aux-Tourtes à l'ouest du boulevard Métropolitain et la Montée St-Léonard Sud avec des valeurs de 12 @ 14;
- L'autoroute 40 Est, à l'est du boulevard Métropolitain depuis l'échangeur de Ville d'Anjou, avec des valeurs de 15 @ 20.

Il paraît enfin à propos de mentionner que selon une étude effectuée au Ministère (14), ce rainurage du revêtement se serait traduit par une diminution de 30% du nombre des accidents au cours de la première année.

7. C.F.T. VS TRAFIC CUMULATIF

Nous avons vu au paragraphe 3 comment la température et le polissage exercé par le trafic influent tous deux sur la texture d'un revêtement et comment cette texture influe à son tour sur le C.F.T.. Il importe de noter que les hypothèses avancées pour expliquer ce rôle joué par les variations de température ne peuvent s'appliquer au béton de ciment. De même, l'usure différentielle créée à la surface par le trafic peut ne pas être la même pour les deux types de revêtements.

Il importait donc d'explorer ces sujets un peu plus en profondeur pour tenter de découvrir comment l'un et l'autre types de surface évoluent dans le temps sous le double aspect de la température et de l'usure causée par le trafic. L'occasion nous a été fournie lors de la mise en service de l'autoroute 40 entre Donnacona et Trois-Rivières. Dix secteurs de deux à trois kilomètres chacun ont ainsi été retenus pour fin d'analyse. Ils comportaient les surfaces de roulement suivantes:

- cinq en béton bitumineux (bb),
- deux en béton de ciment clouté (bcc),
- trois en béton de ciment conventionnel (bc).

Deux relevés ont ainsi été effectués jusqu'à maintenant sur chacun des secteurs: un premier en 1984 avant l'inauguration de la route et un second en juillet 1985, soit quelque dix mois plus tard.

Les résultats obtenus sont reproduits à **l'annexe 1** aux **figures A à K**. On notera que ces figures sont identifiées par la même

lettre que leurs secteurs correspondants indiqués à la **figure 14**. Pour fins de comparaison, les résultats ont été regroupés par type de surface de roulement de la façon indiquée au **tableau VII**.

Il est encore trop tôt pour tirer des conclusions précises de cette expérience étant donné que, pour le moment, il est impossible de départager avec précision la part des variations du C.F.T. attribuable aux fluctuations de la température et celle qui est attribuable à l'usure faite par le trafic. La raison en est que la température du revêtement elle-même n'a malheureusement pas été enregistrée au moment des relevés mais uniquement celle de l'air.

Tableau VII - C.F.T. de trois types de surface mesurés avant l'ouverture au trafic et 10 mois après cette ouverture.

Type de surface	Nbre de secteurs	Relevé sept. 84		Relevé juil. 85		Réduction du C.F.T. (10 m)
		C.F.T.	T (air)	C.F.T.	T (air)	
BB	5	76	15 C	62	27°C	19%
BC	3	92	14 C	70	21°C	24%
BCC	2	95	23 C	71	24°C	16%

Il paraît toutefois assez évident, à partir des données du **tableau VII**, que la température du revêtement était plus élevée lors du deuxième relevé que lors du premier. Ceci aurait dû être suffisant pour causer une baisse d'adhérence sur le béton bitumineux mais non sur le béton de ciment puisque ce dernier est peu sensible aux variations de température. Pourtant, dans le cas sous étude, c'est le béton de ciment qui a affiché la plus forte baisse du C.F.t. au cours des premiers dix mois. Nous en déduisons qu'en plus des stries plus ou moins profondes que l'on retrouve communément à la surface des chaussées neuves en béton, il s'y trouve aussi une texture plus râpeuse aux arêtes plus vives que celles des surfaces en béton bitumineux et qui se traduit par une adhérence supérieure. Cette texture est le résultat d'un mode de finition différent et aussi d'une matrice plus dure et plus rigide. Son caractère plus fragile serait cependant à l'origine de son évolution plus rapide sous l'action du trafic et d'une conséquente chute plus rapide du C.F.T..

Il est cependant intéressant de noter que, provisoirement tout au moins, le béton clouté affiche une baisse moins rapide de son adhérence que le béton conventionnel.

8. CONCLUSION

8.1 L'étude systématique de la glissance des chaussées au moyen d'un appareil à grand rendement tel que le SCRIM constitue une technique assez récente au Québec. Pour cette raison, nous avons cru que le présent document devrait constituer une synthèse des principales théories ou constatations rapportées dans la littérature technique sans oublier les quelques-unes, d'ailleurs fort intéressantes qui ont été faites au Ministère ces dernières années. Le but de l'opération était de constituer un guide pour faciliter l'interprétation de résultats obtenus dans des circonstances fort diverses.

8.2 Il n'existe pas, dans les résultats bruts produits par le SCRIM, de seuil critique universel au-delà duquel toute route deviendrait non sécuritaire. Une analyse fouillée des résultats obtenus en un site donné présuppose en effet la prise en compte de plusieurs paramètres et requiert en outre, de la part du chercheur, une bonne dose de jugement et d'expérience.

8.3 Une recherche antérieure faite au Ministère par Claude Lalonde (3) avait démontré que la texture d'un revêtement bitumineux varie sous l'influence de la température. La présente recherche démontre que cette variation de la texture se traduit également sur le C.F.T., bien que de façons différentes selon les revêtements. Plusieurs indices tendent à indiquer que les surfaces à forte macrotecture de même que celles qui ressuent et qui sont donc lisses à n'importe quelle température, aient toutes deux des C.F.T. peu sensibles à la température. Par contre, celles à macrotecture intermédiaire seraient les plus sensibles, atteignant 0,5 à 1,0 point de C.F.T. par degré Celsius.

D'autres recherches seraient évidemment nécessaires pour préciser la correction par degré Celsius qui devrait s'appliquer à diverses textures et diverses températures. Retenons toutefois que l'optique proposée au présent document jette un nouvel éclairage sur deux phénomènes maintes fois répétés mais auxquels la littérature n'a pas fourni jusqu'à maintenant des explications suffisantes. Ces deux phénomènes sont: les variations saisonnières de la glissance et le fait que, dans beaucoup de cas, une chaussée tend à être plus glissante (parce que plus chaude) au début

d'un orage qu'après une longue période de pluie. A notre avis, les facteurs invoqués habituellement comme les résidus de caoutchouc, de pétrole, de produits de combustion (tuyaux d'échappement), etc., qui seraient plus abondants après une longue période de sécheresse, ne sont généralement pas aussi importants qu'on a coutume de la prétendre.

8.4 Malgré les inconvénients que présente le rainurage de type CMI pour plusieurs usagers de la route et notamment pour les motocyclistes, ce traitement comporte des avantages certains au point de vue de l'adhérence et de la sécurité lorsqu'on l'applique à une chaussée rigide à faible adhérence. Même sur une artère aussi achalandée que l'autoroute Décarie, son effet était encore notable huit ans après son application.

8.5 L'antidérapance d'un pavage neuf en béton qui possède une macrotexture prononcée est généralement excellente. Sous l'effet du trafic, elle décroît cependant à un taux au moins aussi prononcé que celle d'un pavage souple. Des résultats encore fragmentaires indiquent que dans le cas du béton clouté, cette baisse initiale du C.F.T. est plus lente.

8.6 Il semble que la peinture utilisée comme moyen de signalisation à la surface des chaussées soit préférable au polyvinyle au plan de l'adhérence.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] LCPC, No. 74, M. GOTHIE et G. GRATIA. - Mesure en continu de l'adhérence pneumatique-chaussée, appareil SCRIM. nov.-déc. 1974.
- [2] F. BRILLET et R. LAGANIER (1985). La piste de glissance du LCPC à Nantes: Trois années d'utilisation. LCPC No. 135, janv.-fév. 1985, p.17 @ p.26.
- [3] Rapport Technique, Claude LALONDE. "Analyse des facteurs affectant l'adhérence d'une route", oct. 1982, M.T.Q..
- [4] Drainoroute. Mesure du pouvoir drainant de la texture d'une surface routière. Bulletin de liaison No. 123, France, jan.-fév. 1983, p.17 @ p.28.
- [5] DREYFUS, G., Circulaire (1982). "Sur les chaussées glissantes". Ministère de l'équipement et logement (France), Juin 1982.
- [6] DE MONTIGNY, Pierre (1982). "Les études de réfection des routes du M.T.Q.. Ministère des Transports (Service des sols et chaussées).
- [7] Entretien préventif du réseau routier national. Services d'études des routes et autoroutes. Bagueux, France, avril 1979.
- [8] AMIRI, Aziz. Dossiers M.T.Q., Service des sols et chaussées. No. 0132-18-14(22)82; 97880-02(22)85; 98318-02(22)85; 0083-03-160(22)85; 0157-020(22)85; 0015-02-82(22)001.
- [9] Roland OUELLET. "Guide d'utilisation de l'appareil SCRIM". Division des structures de chaussées, Service des sols et chaussées.
- [10] DREYFUS, C. (1969). "Circulaire sur les chaussées glissantes". Ministère de l'équipement et du logement (France), juin 1969.
- [11] "Caractéristiques de surface des revêtements routiers". Groupe de OCDE, Paris, 1984.

- [12] "Cahier des charges et devis généraux". Ministère des Transports du Québec, dernière édition.
- [13] "Skid resistance of highway pavement". (Symposium) American Society for Testing Materials, Los Angeles, Calif. 25-30 juin 1972.
- [14] Yvon THEBERGE, "Rapport d'évaluation du rainurage sur Autoroute Décarie". Service des relevés techniques; Section sécurité des infrastructures, janvier 1982.
- [15] Pierre DE MONTIGNY et Gaston LAROSE. L'incidence de l'antidérapance sur la sécurité routière. Service des sols et chaussées, M.T.Q., mars 1982.
- [16] LCPC, No 127, F. BRILLET et M. GOTHIE. Variations saisonnières de l'adhérence des chaussées mesurée par l'appareil SCRIM. Sept.-oct. 1983, Réf. 2835.

TERMINOLOGIE ET DEFINITIONS

Aquaplanage = Dérapage d'une automobile, provoquée par la présence d'une pellicule d'eau entre la chaussée et les pneus.

B.B. = Béton bitumineux.

B.C. = Béton de ciment.

B.C.Cl. = Béton de ciment clouté.

B.P. = Bande de polyvinyle.

B.P.N. = Résultat obtenu avec le pendule anglais (appareil de mesure ponctuelle de l'adhérence).

C.F.L. = Coefficient de frottement longitudinal.

C.F.T. = Coefficient de frottement transversal.

HS = hauteur moyenne de la macrotexture à la tache de sable.

LCPC = Laboratoire des ponts et chaussées France.

MB = Mélange bitumineux.

M.T.Q. = Ministère des Transports du Québec

Placard = Plaque de bitume suintée à la surface d'un B.B..

Rainurage = Strie pratiquée à la surface d'un pavage pour augmenter son adhérence.

Ressuage = Remontée du bitume à la surface d'un B.B..

Roulière = Trace des roues sur le pavage.

SCRIM = Sideways Force Coeff. Routine Investigation Machine.

Skip mix = Mélange à granulométrie discontinue.

Usure différentiel = Usure non uniforme d'un même plan.

MB-4 cl. 1 = MB-4 composé d'agrégats classe un.

ANNEXE

ANNEXE 1

AUTOROUTE 40 DONNACONA A TROIS-RIVIERES

ETUDE D'ANTIDERAPANCE SUR DIFFERENT TYPES DE REVETEMENTS

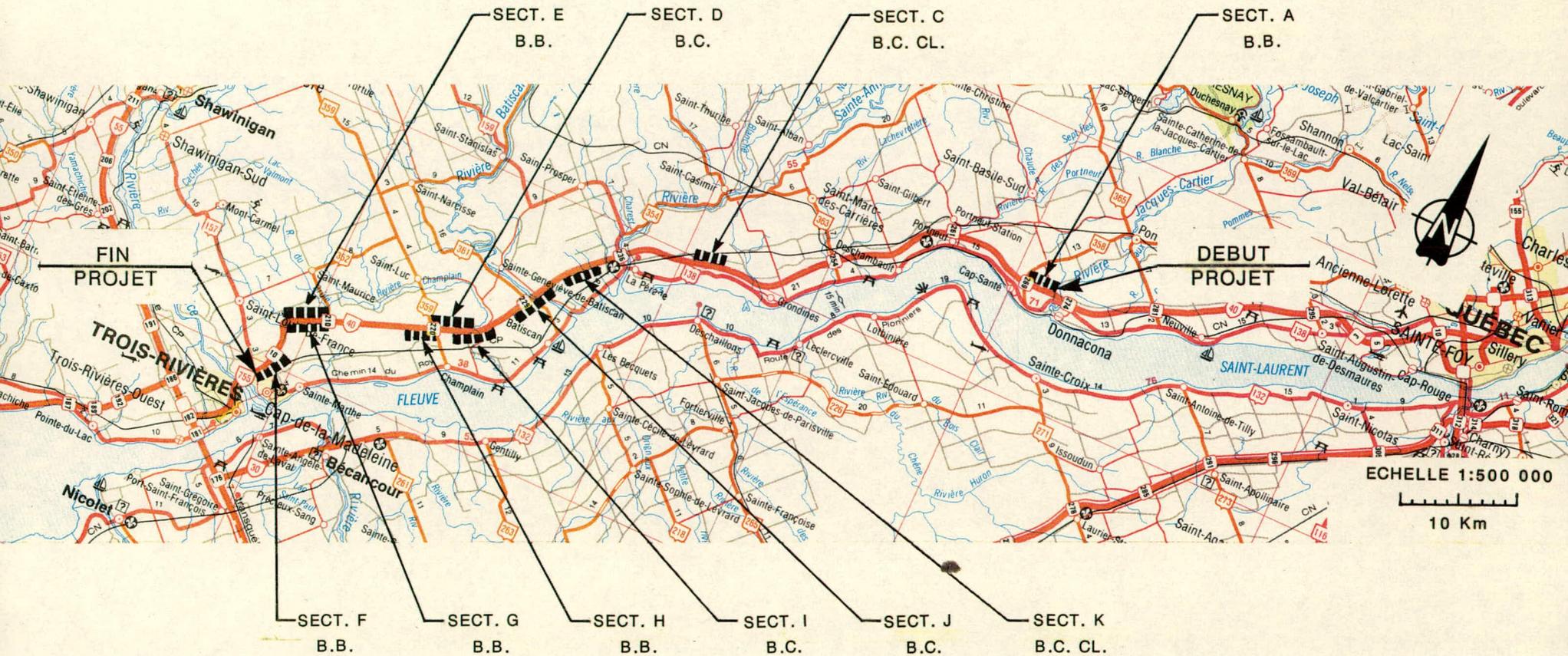
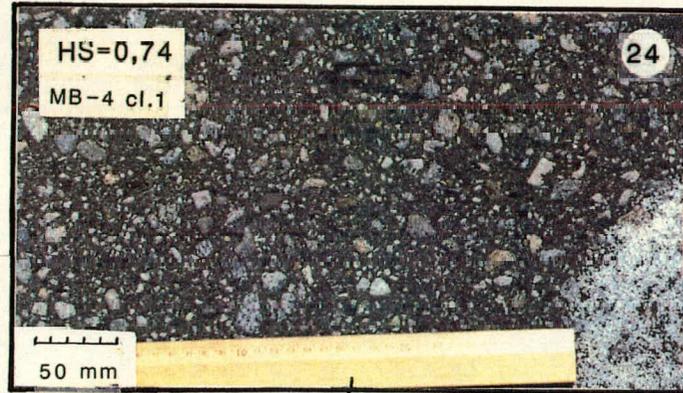
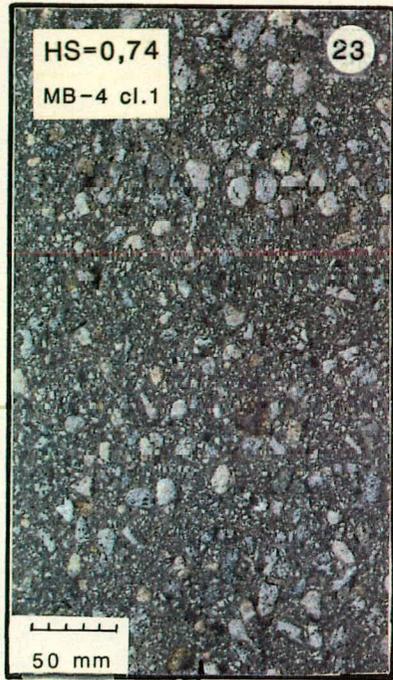
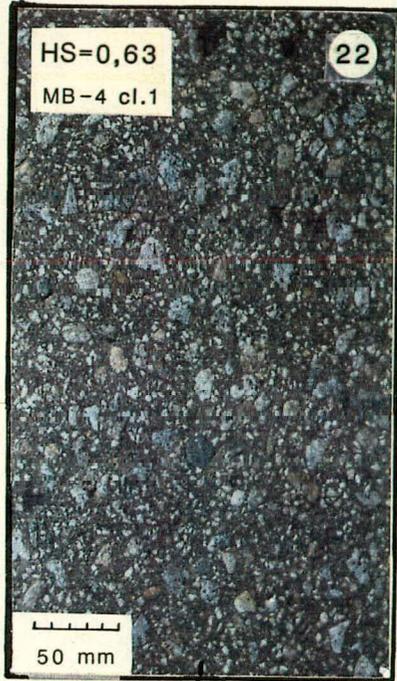
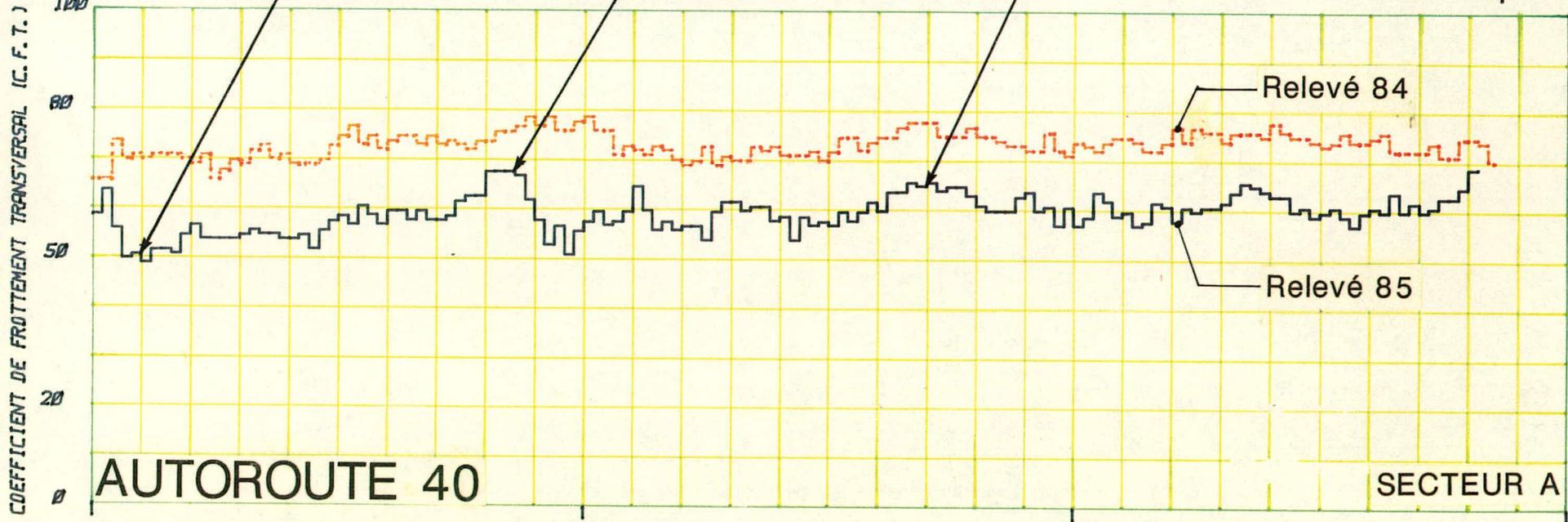


Figure 14- PLAN DE LOCALISATION ET SECTEURS ETUDIES



POINTS
DE REPERE
V. J. B k DE DONNAIGNY

VIAJOUR RTE 358



SECTEUR : 0

TYPE de REVETEMENT et/ou MELANGE : ME-4 cl. J

No CONTRAT : 329-0209-3

T (cel.) RELEVÉE 84° : 16 cel. (air)

T (cel.) RELEVÉE 85° : 27 cel. (air); 32 cel. (pavage)

DATE DE MISE EN SERVICE : Oct. 1983

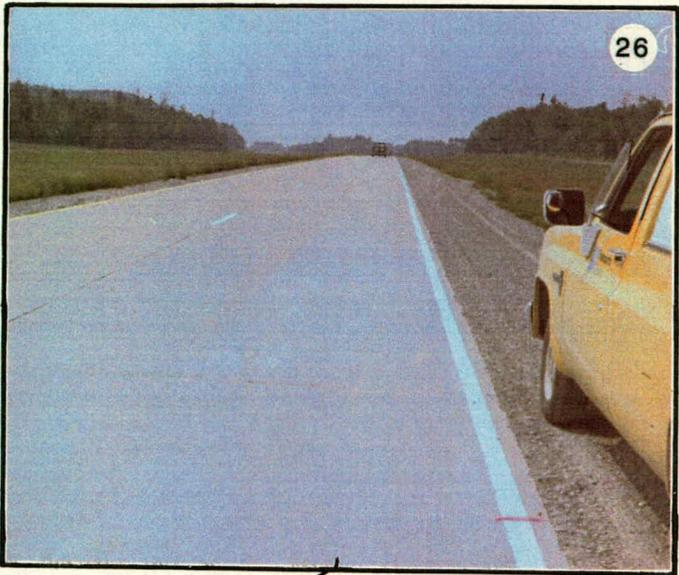
PROVENANCE et ORIGINE

DES AGREGATS DU MELANGE : BANC CAYER : 31% DIORITE
PIERRE 27% GNEISS GRANIT.
17% GRANITE
25% AUTRES GRANITES

DESCHAMBAULT : 64% CALCAIRE DUR
CRIBLURE 25% CALCAIRE CRIST.
11% CALCAIRE SCHIS.

SABLE : PAS D'INFORMATION...

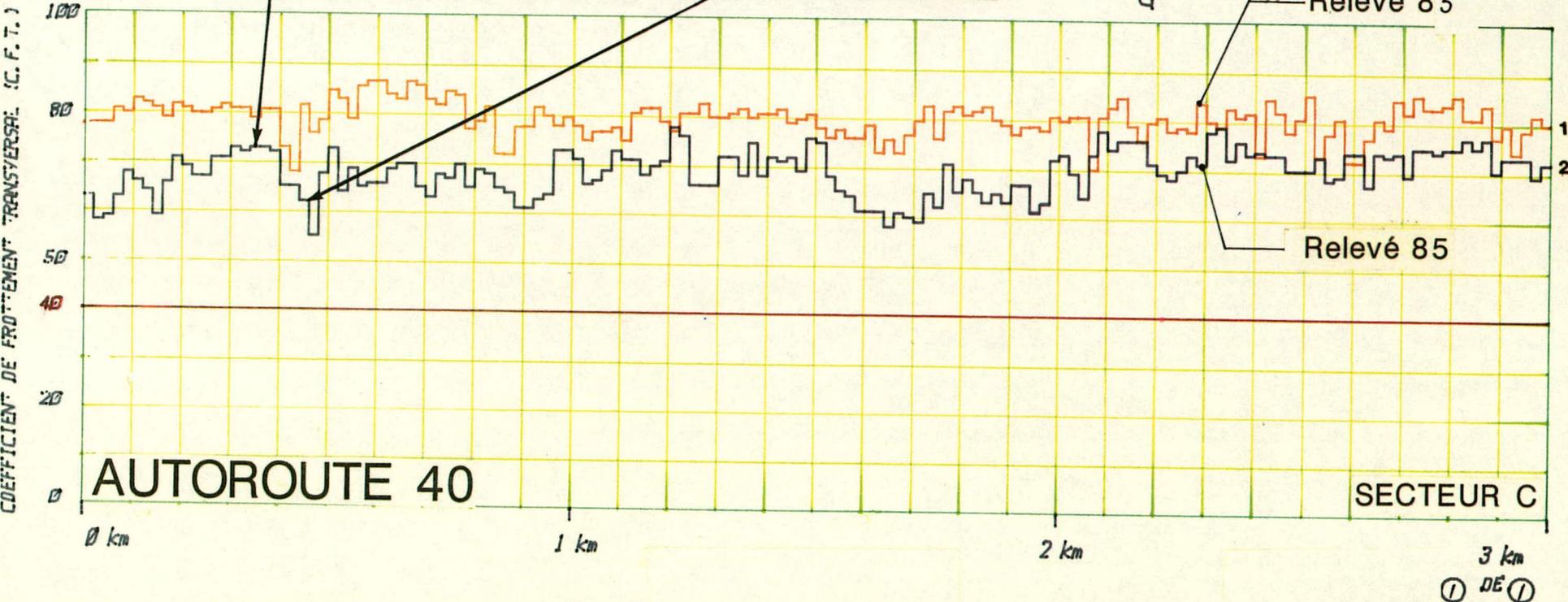
PHOTO No.	HS mm	C.F.T. MOY.	REMARQUES ET OBSERVATIONS
22	0.63	51	C.F.T. PLUS ELEVE AUX PHOTOS (23-24) PAR RAPPORT A LA PHOTO 22 DU
23	0.74	68	PROBABLEMENT A LA MACROTEXTURE PLUS FORTE AUX PHOTOS (23-24).
24	0.74	65	TEINTE PLUS FONCE DANS (P.22) OU POSSIBLEMENT A UN MELANGE PLUS RICHE UTILISE SUR LES VIAUC.



Variation du C.F.T. selon la finition de la surface de la dalle de béton clouté

POINTS DE REPÈRE
DÉBUT Du B. C. C.

CHIMIN entre DEUX



SECTEUR : C

TYPE de REVETEMENT et/ou MELANGE : BETON DE CIMENT CLOUTE

No CONTRAT : 432-0907-0

T (cel.) RELEVÉE 83° : 32 cel. (air)

T (cel.) RELEVÉE 85° : 27 cel. (air)

DATE DE MISE EN SERVICE : Sept. 1904

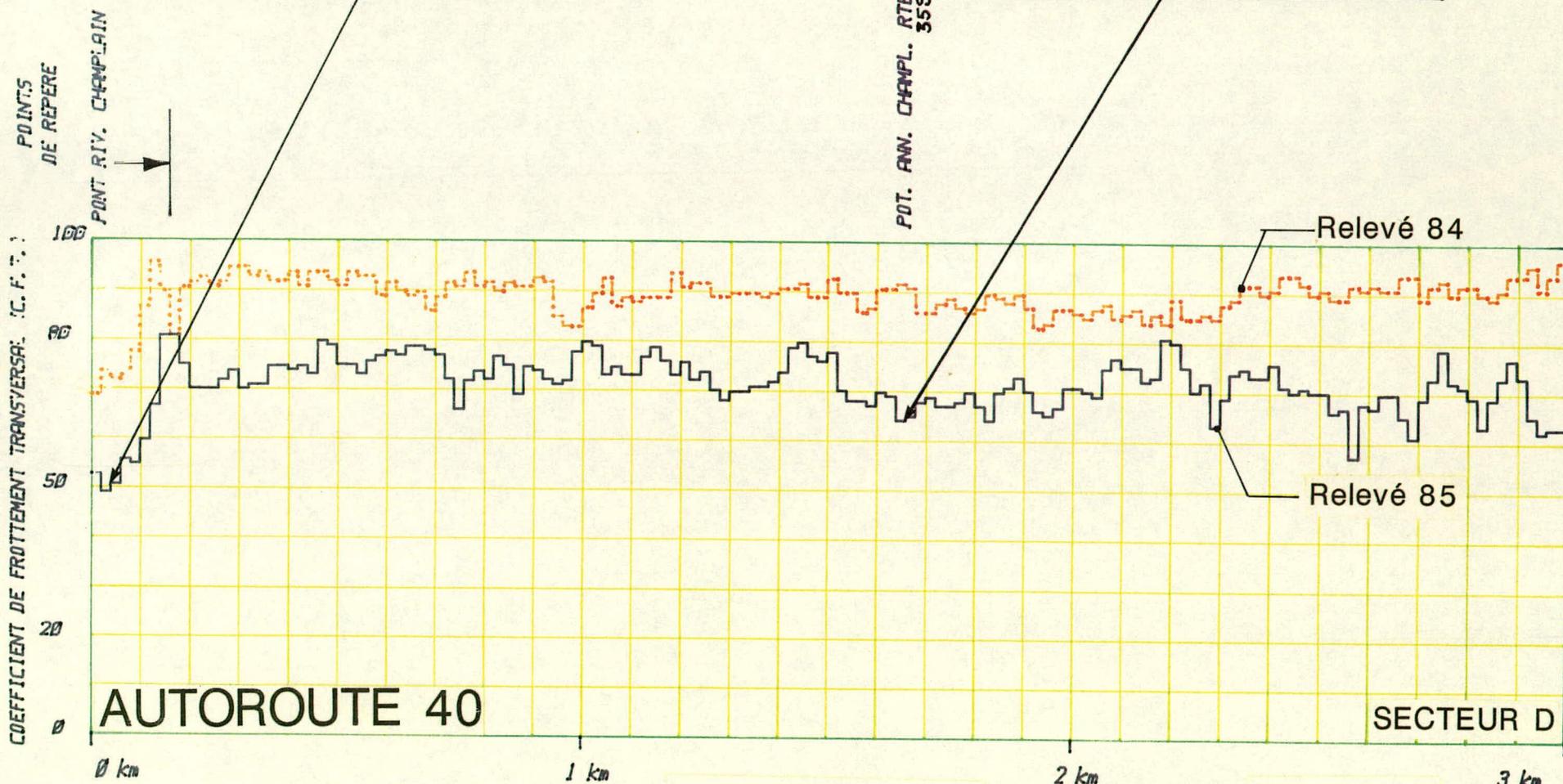
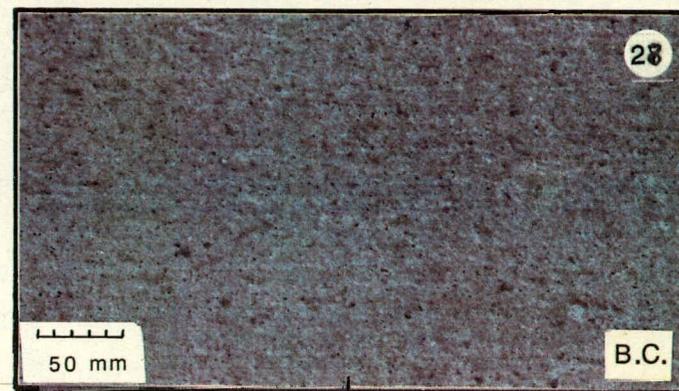
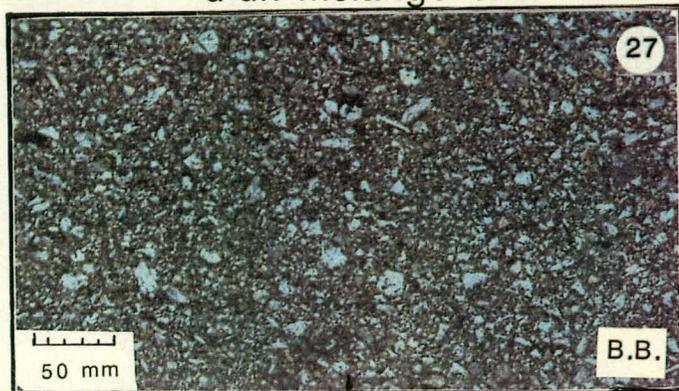
PROVENANCE et ORIGINE

DES AGREGATS DU MELANGE : NEW-GLASGOW : 48% GNEISS GRANIT.
PIERRE 27% GRANITE
DE CLOUTAGE 9% ANORTHOSE
6% DJORITE
6% SYENITE
3% GNEISS GRANIT. DUR MOY.

DESSUREAU : 38% GNEISS GRANIT.
GRAVIER 37% GRANITE
CONC. 3/8-3/4 13% GNEISS BIOT. DUR
12% GNEISS BIOT. MOU

PHOTO No.	HS mm	C.F.T. MOY.	REMARQUES ET OBSERVATIONS
25	—	73	VARIATION DU C.F.T. SELON LA FINITION DE LA SURFACE DE LA DALLE DE BETON CLOUTE.
26	—	55 65	

Réduction considérable du C.F.T. au niveau du radier du pont revêtu d'un mélange bitumineux spécial dans un secteur en béton de ciment.



SECTEUR : D

TYPE de REVETEMENT et/ou MELANGE : BETON DE CIMENT

No CONTRAT : 432-0103-4

T (cel.) RELEVÉE 84' : 14 cel. (air)

T (cel.) RELEVÉE 85' : 21 cel. (air)

DATE DE MISE EN SERVICE : Sept. 1964

PROVENANCE et ORIGINE

DES AGREGATS DU MELANGE : NEW GLASGOW : 48% GNEISS GRANIT.
PIERRE 2% GRANITE

9% ANORTHOSE

6% DIORITE

6% SYENITE

3% GNEISS GRANIT. DUR MOY.

DESSUREAU : 38% GNEISS GRANIT.

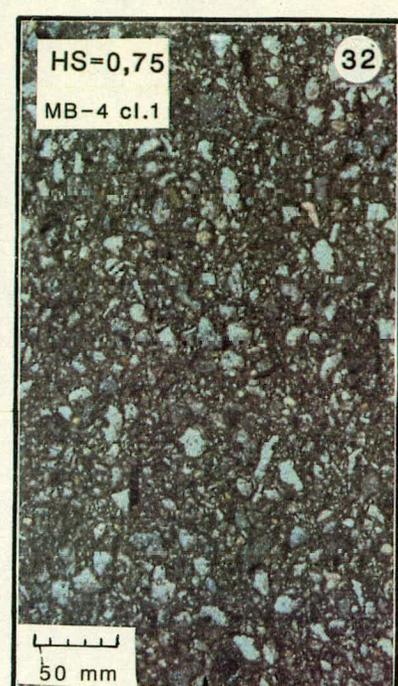
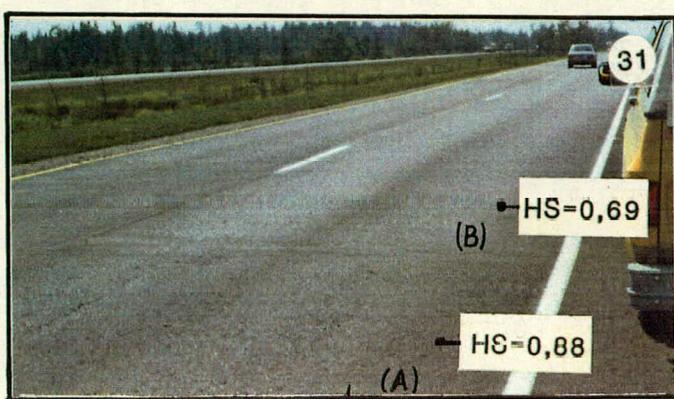
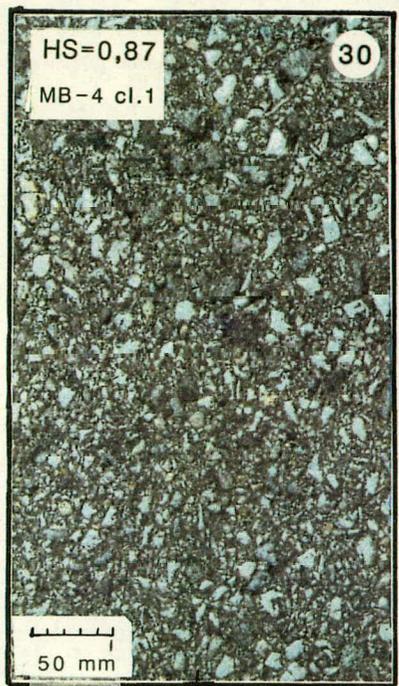
GRAVIER 37% GRANITE

CONC. 3/8-3/4 13% GNEISS BIOT. DUR

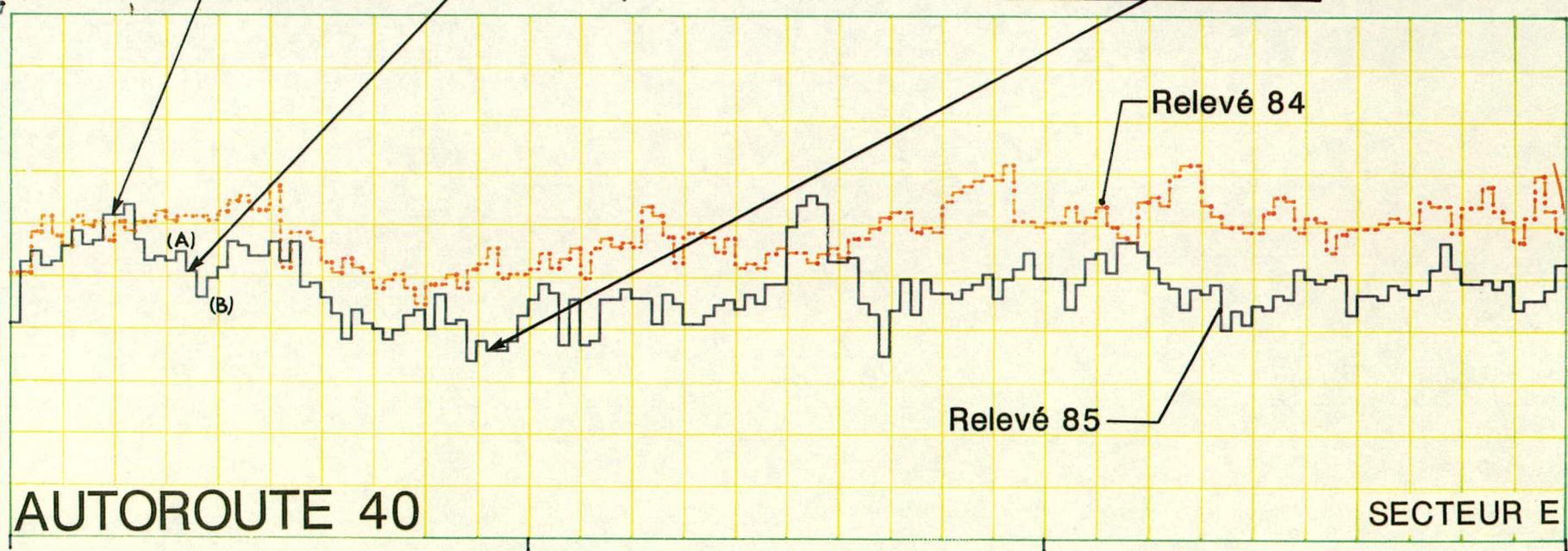
12% GNEISS BIOT. MOU

PHOTO No.	115 mm	C.F.T. MOY.	REMARQUES ET OBSERVATIONS
27	—	52	REDUCTION DU C.F.T. SUR LE RADIER DE PONTS, EN RAISON DE L'UTILISATION LOCAL D'UN MELANGE SPECIAL DE B.B. SUR UN SECTEUR EN I.L.C.
28	—	65	

POINTS DE REPERE
VIADUC ST-MAURICE
COEFFICIENT DE FROTTEMENT TRANSVERSAL (C.F.T.)



PL. 40-51



AUTOROUTE 40

SECTEUR E

0 km 1 km 2 km 3 km

SECTEUR : E

TYPE de REVETEMENT et/ou MELANGE : MB-4 cl. 1

No CONTRAT : 432-02/01-3

T (cel.) RELEVÉE 84° : 09 cel. (air)

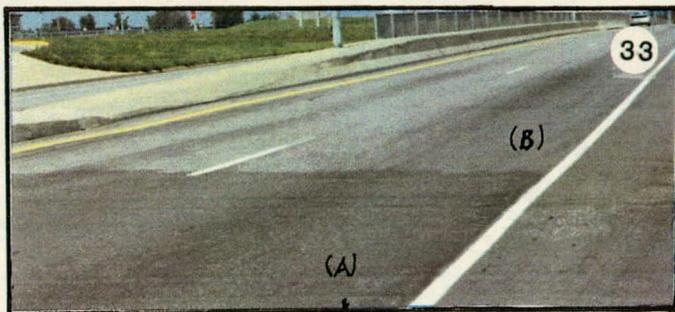
T (cel.) RELEVÉE 85° : 27 cel. (air); 34 cel. (pavage)

DATE DE MISE EN SERVICE : OCT. 1983

PROVENANCE et ORIGINE

DES AGREGATS DU MELANGE : CONTINENTALE : 50% GRANITE
@ 66% (1/4-3/4) 44% GNEISS BIOR. DUR @ 34% (1/4-fin) 28% CALC. av VEINE
6% DIORITE 13% CALC. CRISTALL.

PHOTO No.	HS mm	C.F.T. MOY.	REMARQUES ET OBSERVATIONS
30	0.87	62	DIFFERENCE DU C.F.T. ENTRE P. 30 ET P. 32 CONCORDENT AVEC LA DIFFERENCE DE MACROTEXTURE, VARIATION DU C.F.T.
31	0.88-1.04	51-46	
32	0.75	36	P. 31 CONCORDANCE AVEC LA VARIATION LOCALE DU C.F.T. ET L'ASPECT DE LA TEXTURE DU PAVAGE, AUSSI ON REMARQUE UNE RELATION ENTRE LA (HS) ET LE C.F.T.



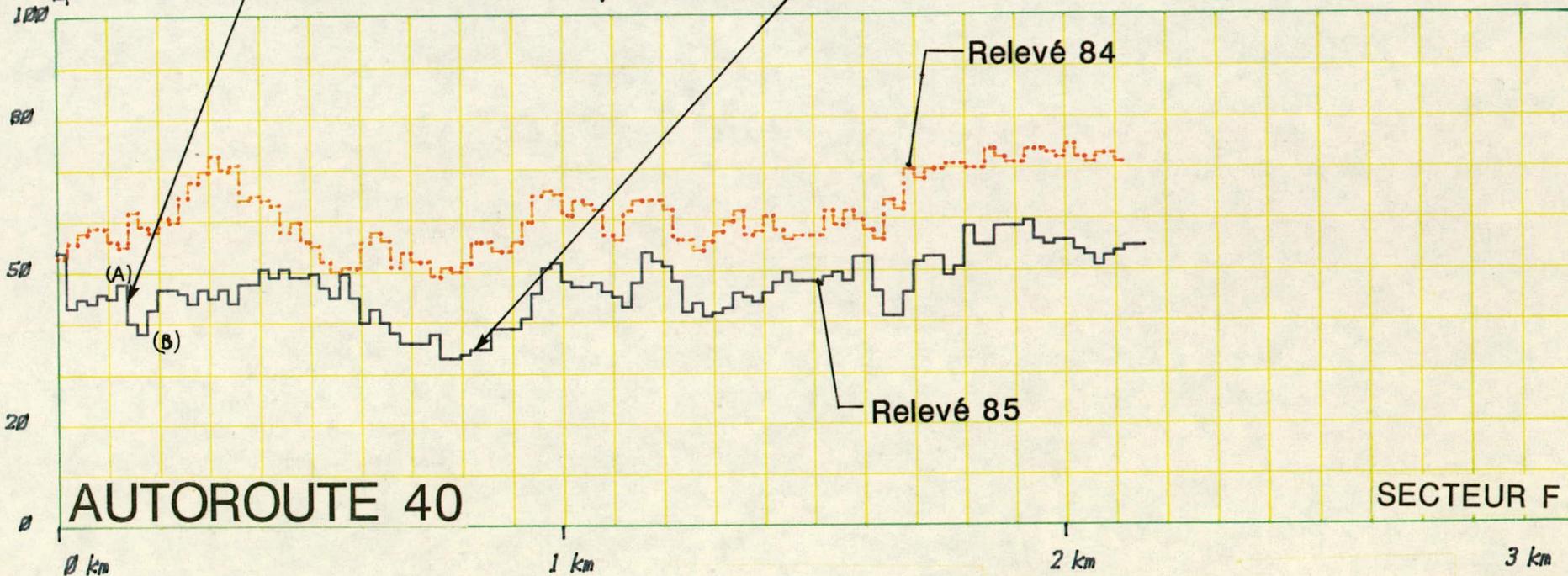
POINTS
DE REPERE

YIADUC RTE 157

FIN MUR (GAUCHE)

YIAD. BVL PRAIRIES

COEFFICIENT DE FROTTEMENT TRANSVERSAL (C.F.T.)



AUTOROUTE 40

SECTEUR F

0 km

1 km

2 km

3 km

① DE ①

SECTEUR : F

TYPE de REVETEMENT et/ou MELANGE : MB-4 cl.?

No CONTRAT :

T (cel.) RELEVÉE 84° : 14 cel. (air)

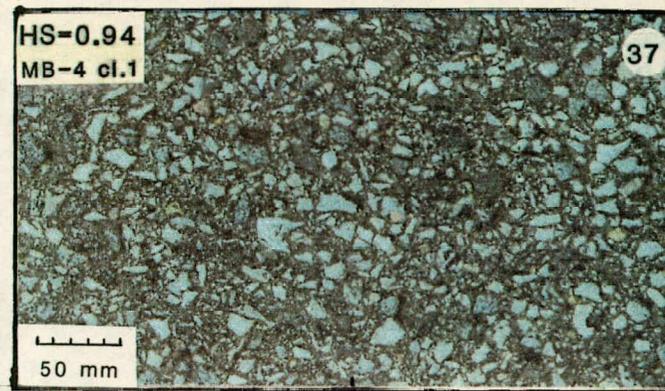
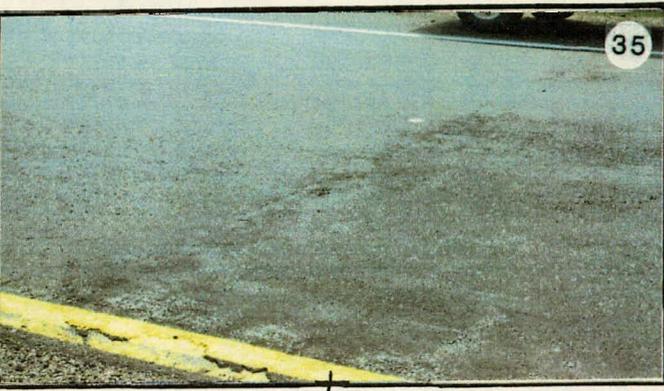
T (cel.) RELEVÉE 85° : 27 cel. (air); 34 cel. (pavage)

DATE DE MISE EN SERVICE : PLUS DE 3 ans.

PROVENANCE et ORIGINE

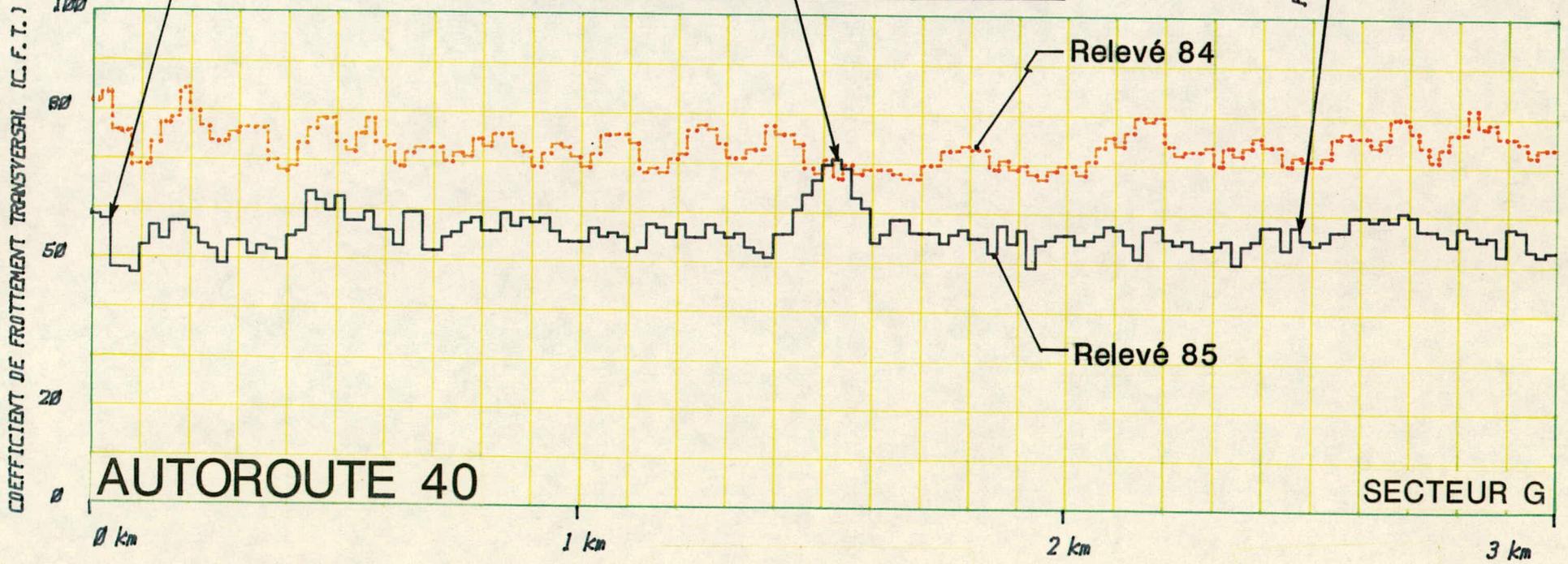
DES AGREGATS DU MELANGE : ST-AURICE 59% CALCAIRE DUR
28% CALCAIRE avec VEINE
13% CALCAIRE CRISTAL.

PHOTO No.	HS mm	C.F.T. MOY.	REMARQUES ET OBSERVATIONS
33	1.16	48	CHANGEMENT DU C.F.T. A LA SUITE D'UN RAPIECAGE.
34	—	33	C.F.T. TRES FAIBLE RESULTANT DU POLISSAGE PRONONCE DES AGREGATS DE TYPE CALCAIRE A FAIBLE PERFORMANCE.



POINTS
DE REPERE
Y. FIN AUTO. 755

PONCEUR AC S.-F.



SECTEUR : G

TYPE de REVETEMENT et/ou MELANGE : MB-4 cl. 1

No CONTRAT : 432-0201-3

T (cel.) RELEVÉE 84° : 14 cel. (air)

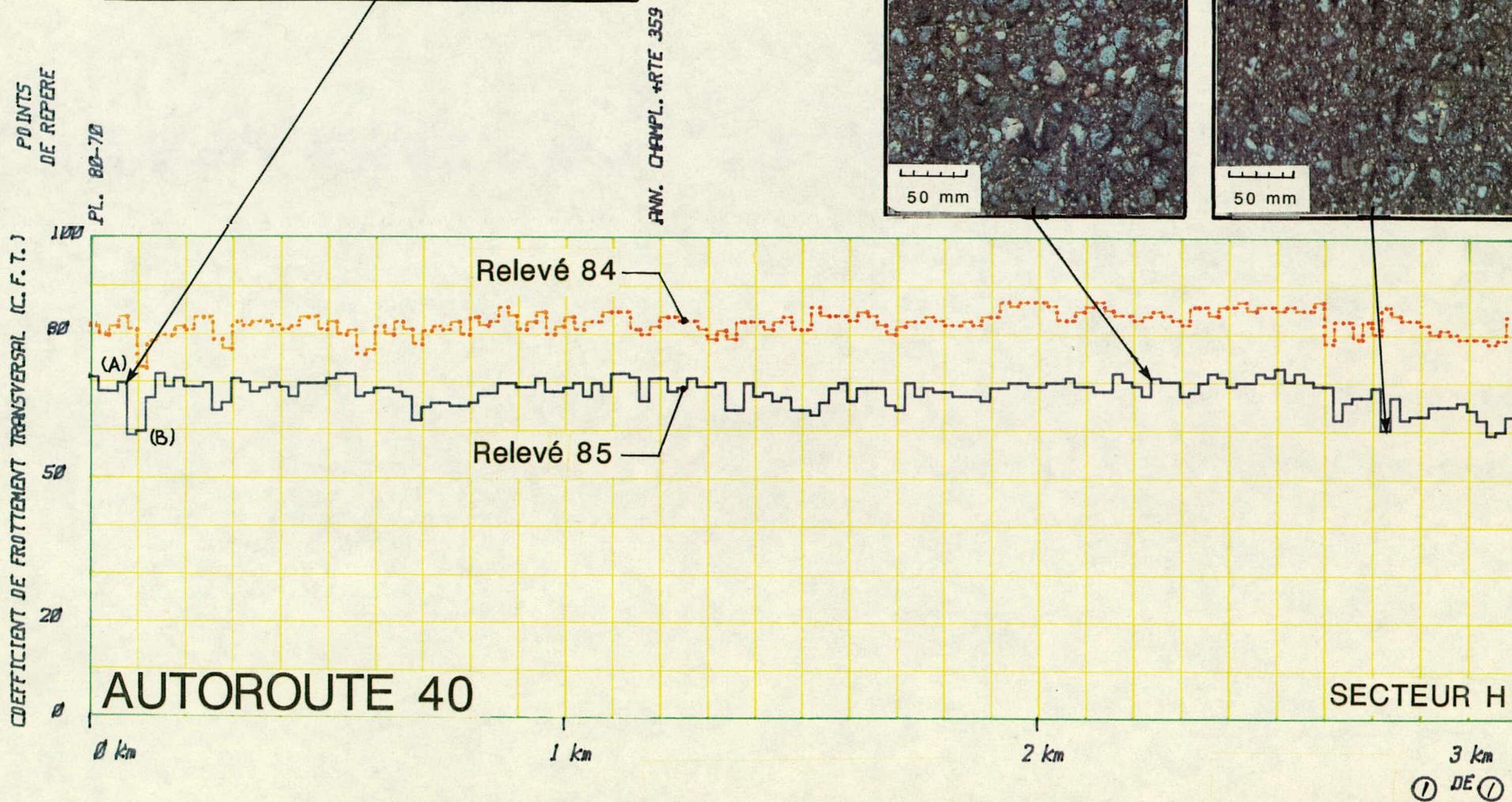
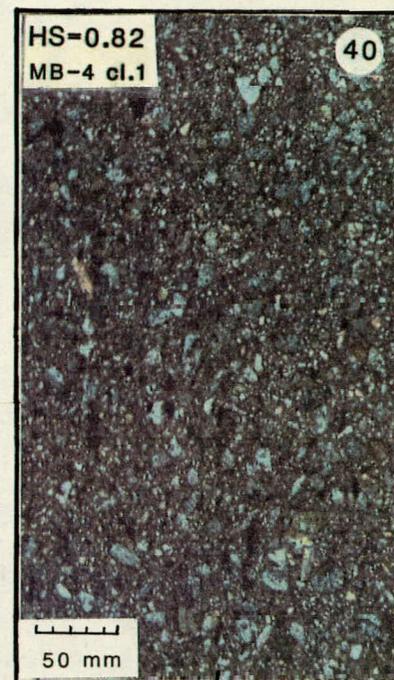
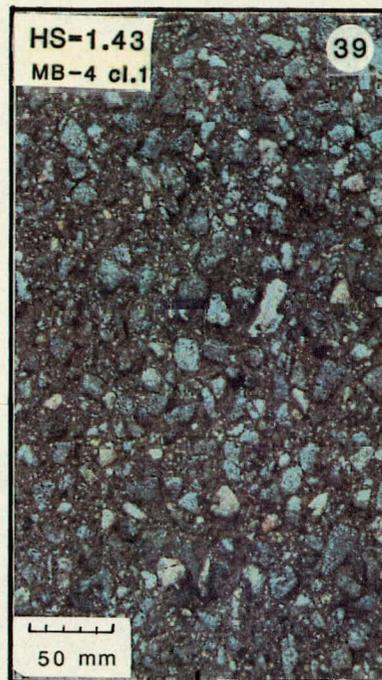
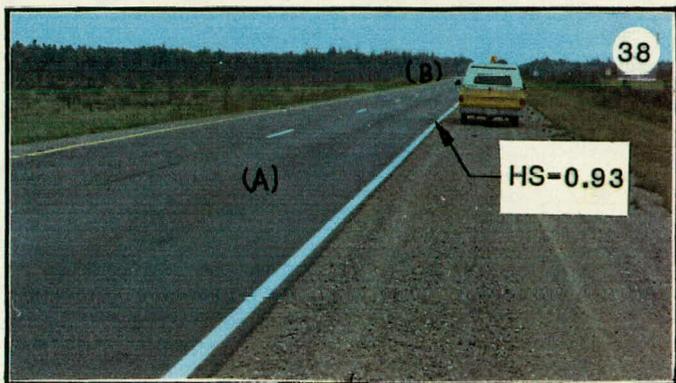
T (cel.) RELEVÉE 85° : 27 cel. (air); 34 cel. (pavage)

DATE DE MISE EN SERVICE : AUT. 1983

PROVENANCE et ORIGINE

DES AGREGATS DU MELANGE : CONTINENTALE : 50% GRANITE SE-MAURICE : 59% CALCAIRE DUR
@ 66% (1/4-3/4) 44% GNEISS BIOR. DUR @34% (1/4-fin) 28% CALC. av VEINE
6% DIORITE 13% CALC. CRISTAL.

PHOTO No.	HS mm	C.F.T. MOY.	REMARQUES ET OBSERVATIONS
35	---	58-47	CHANGEMENT DU C.F.T. ET DE LA TEXTURE PROVOQUE PAR LA SEGREGATION PONCTUELLE DU MELANGE LORS DE LA POSE DE CE DERNIER.
36	0.85	70	MACROTEXTURE ET C.F.T. ELEVE PRODUIT PAR L'USURE DIFFERENTIELLE DES AGREGATS 34% MELANGE = TYPE CALCAIRE et 66% = GRANITE.
37	0.91	58	IDEM PL.36 MAIS PLUS RICHE EN CALCAIRE...



SECTEUR : H

TYPE de REVETEMENT et/ou MELANGE : MB-4 cl. 1

No CONTRAT : 432-0202-3

T (cel.) RELEVÉE 84° : 14 cel. (air)

T (cel.) RELEVÉE 85° : 27 cel. (air); 34 cel. (pavage)

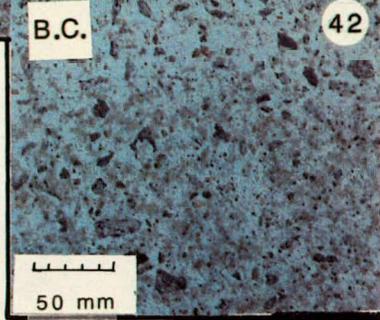
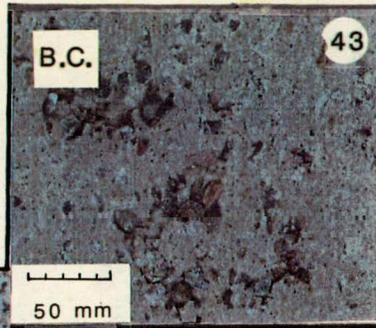
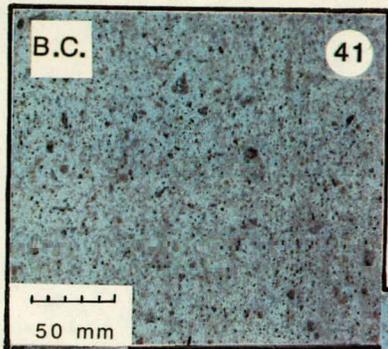
DATE DE MISE EN SERVICE : AOUT, 1983

PROVENANCE et ORIGINE

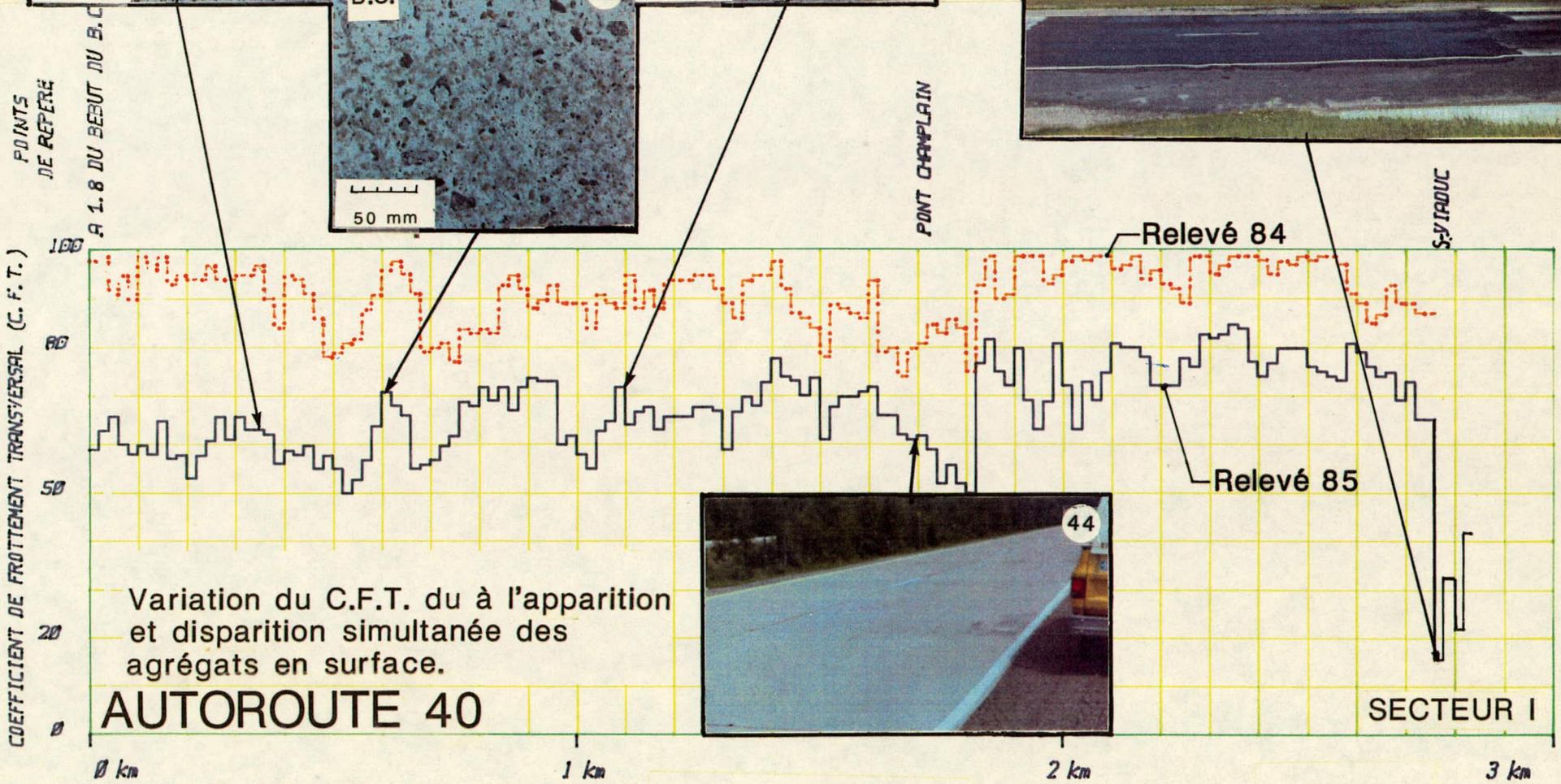
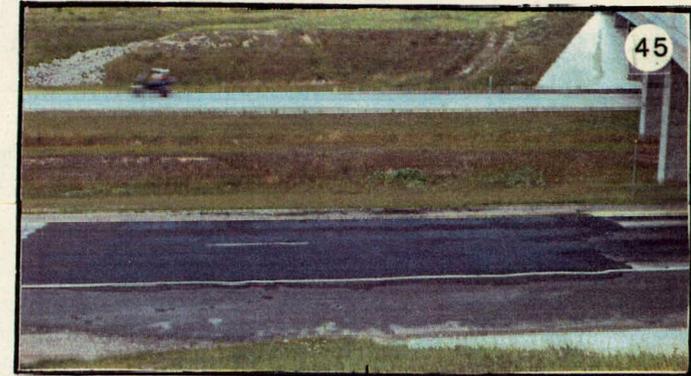
DES AGREGATS DU MELANGE : CONTINENTALE : 50% GRANITE SE-MAURICE : 50% CALCAIRE DUR
@ 66% (1/4-3/4) 44% GNEISS BIOR. DUR @34% (1/4-fin) 28% CALC. av VEINE
6% URORTE 13% CALC. CRISTALL.

PHOTO No.	IIS mm	C.F.T. MOY.	REMARQUES ET OBSERVATIONS
38	0.93	60	Baisse ponctuelle du C.F.T. provoquée par la réduction locale et visuelle de la performance des agrégats.
39	1.43	67	Malgré une IIS élevée et des agrégats haute performance (granitique), le C.F.T. n'est pas autant élevé que l'on croirait, ceci en raison d'une réduction de la surface de contact pneu-chaussée.
40	0.82	60	C.F.T. relativement faible dû à une macrotexture comparativement faible en raison des fins d'origine calcaire en place.

Voir aussi photo no 51 annexe 2.



Réduction brusque du C.F.T. du à une contamination, à la suite d'un rapiéçage en B.B. sur B.C..



SECTEUR : I

TYPE de REVETEMENT et/ou MELANGE : BETON DE CIMENT

No CONTRAT : 432-0203-4

T (cel.) RELEVÉE 84° : 14 cel. (air)

T (cel.) RELEVÉE 85° : 21 cel. (air)

DATE DE MISE EN SERVICE : Sept. 1984

PROVENANCE et ORIGINE

DES AGREGATS DU MELANGE : NEW-GLASGOW : 48% GNEISS GRANIT.
PIERRE

27% GRANITE

9% ANORTIOSITE

6% DIORITE

6% SYENITE

3% GNEISS GRANIT. DUR MOY.

DESSUREAU : 38% GNEISS GRANIT.

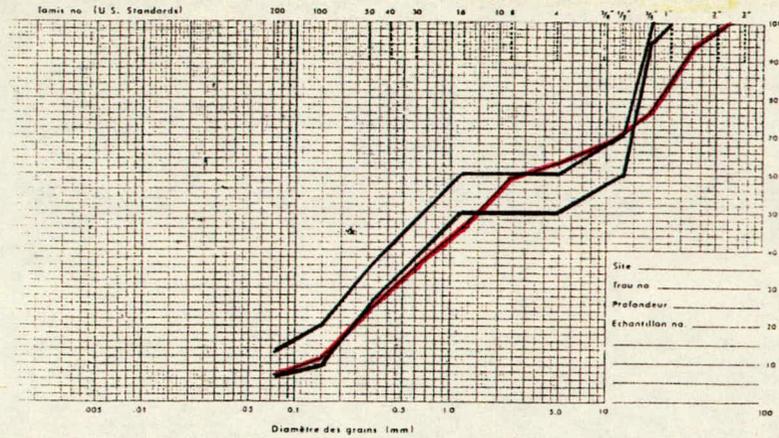
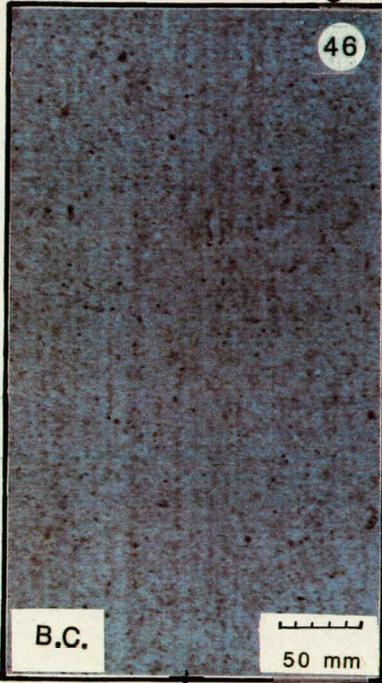
GRAVIER 37% GRANITE

CONC. 3/8-3/4 13% GNEISS BIOT. DUR

12% GNEISS BIOT. MOU

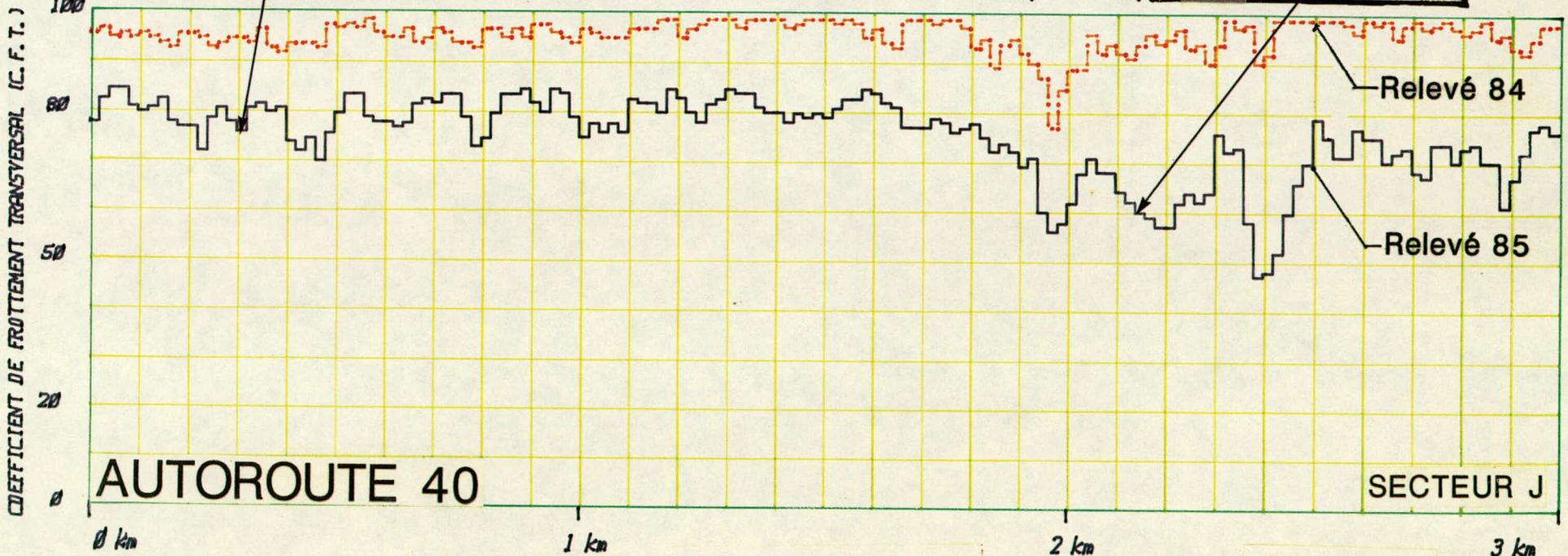
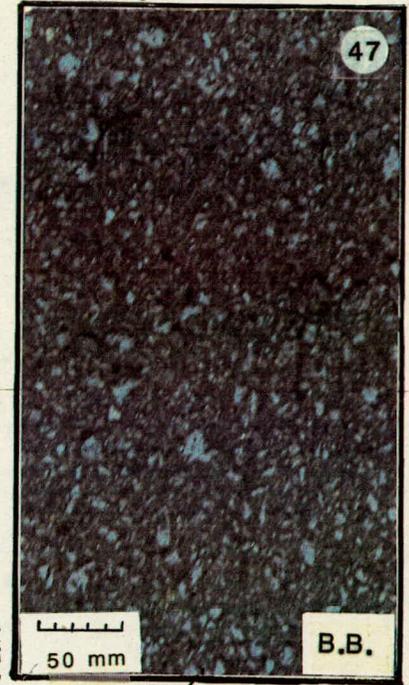
PHOTO No.	HS mm	C.F.T. MOY.	REMARQUES ET OBSERVATIONS
41	---	63	PI. (41-42-43), VARIATION DU C.F.T. DU A L'APPARITION ET DISPARITION SIMULTANÉE DES AGREGATS EN SURFACE.
42	---	71	
43	---	72	
44	---	26	PI. 44, VARIATION DU C.F.T. CONCORDANT AVEC LA VARIATION DE LA TEXTURE DU PAVAGE.
45			REDUCTION BRUSQUE DU C.F.T. DU A UNE CONTAMINATION, A LA SUITE D'UN RAPTECAGE EN D.B. SUR D.C.

Concordance entre le fuseau de specification de "skip mix" et la granulometrie utilisée pour la fabrication du B.C. de ce secteur.



Argile	Silt	Fin	Moyen	Gras	Gravier	ASTM
		Sable				

- Fuseau de specification "skip mix"
- Granulometrie de fabrication du B.C.
- Granulometrie de carrière



SECTEUR : J

TYPE de REVETEMENT et/ou MELANGE : BETON DE CIMENT

No CONTRAT : 432-0907-0

T (cel.) RELEVÉE 84° : 14 cel. (air)

T (cel.) RELEVÉE 85° : 21 cel. (air)

DATE DE MISE EN SERVICE : Sept. 1964

PROVENANCE et ORIGINE

DES AGREGATS DU MELANGE : NEW-GLASGOW : 48% GNEISS GRANIT.
PIERRE 27% GRANITE

9% ANORTHOSE

6% DIORITE

6% SYENITE

3% GNEISS GRANIT. DUR MOY.

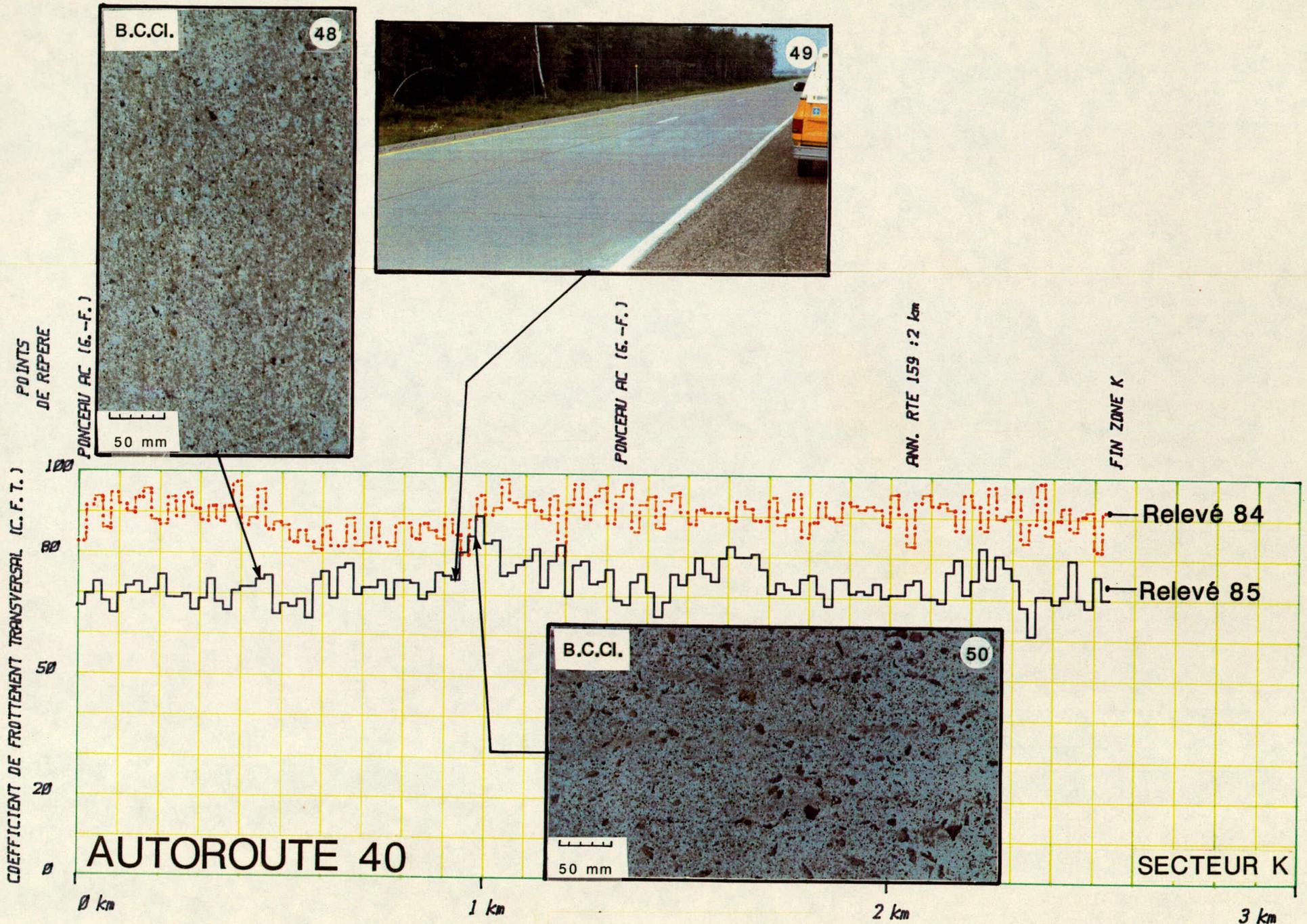
DESSUREAU : 38% GNEISS GRANIT.

GRAVIER 37% GRANITE

CONC. 3/8-3/4 13% GNEISS BIOT. DUR

12% GNEISS BIOT. MOU

PHOTO No.	UIS mm	C.F.T. MOY.	REMARQUES ET OBSERVATIONS
46	—	78	C.F.T. INITIAL ET ACTUEL EXCELLENT. ASPECT TYPE DE LA SURFACE DU B.C.
47	—	60	B.C., SURFACE D'UN TABLIER DE PONTS MELANGE SPECIAL.



SECTEUR : K

TYPE de REVETEMENT et/ou MELANGE : BETON DE CIMENT CLOUÉ

No CONTRAT : 432-0906-0 ET 432-0905-0

T (cel.) RELEVÉE 84° : 14 cel. (air)

T (cel.) RELEVÉE 85° : 21 cel. (air)

DATE DE MISE EN SERVICE : Sept. 1984

PROVENANCE et ORIGINE

DES AGREGATS DU MELANGE : NON-GLASGOW : 48% GNEISS GRANIT.
PIERRE 27% GRANITE
DE CLOUTAGE 9% ANORTHOSITE
6% DIORITE
6% SYENITE
3% GNEISS GRANIT. DUR MOY.

DESSUREAU : 38% GNEISS GRANIT.
GRAVIER 37% GRANITE
CONC. 3/8-3/4 13% GNEISS BIOT. DUR
12% GNEISS BIOT. MOU

PHOTO No.	HS mm	C.F.T. MOY.	REMARQUES ET OBSERVATIONS
48	—	74	ANTIHERAPENCE TRES SATISFESANTE DU A L'EMPLOI D'AGREGATS HAUTE PERFORMANCE DE TYPE CRISTALLINE (PIERRE DE CLOUTAGE ET MELANGE DE BASE).
49	—	—	VARIATION DU C.F.T. DU A L'ASPECT CHANGEANT DE LA TEXTURE DU PAVAGE.
50	—	85	C.F.T. EXCEPTIONNELLE EN RAISON DE L'APPARITION DES AGREGATS EN SURFACE.



MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 066 832