

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

Etude du comportement structural du
granulat bitumineux concassé (GBC)

CANQ
TRQ
GE SM
SMC
126

Division Structures de chaussées
Service des sols et chaussées
Ministère des Transports

Ministère des Transports

Centre de documentation
930, Chemin Ste-Foy
6e étage
Québec (Québec)
G1S 4X9

Etude du comportement structural du
granulat bitumineux concassé (GBC)



Par:

Richard Gagner, stg.
Université de Sherbrooke

Aziz Amiri, Dr. ing.
Division Structures de chaussées

Pierre De Montigny, ing., M. Sc.
Chef de la Division structures de chaussées

Québec, juin 1987

CAND.
TR
GE
SM
126

TABLE DES MATIERES

	Page
Avant-propos	
I - Introduction	1
II - Objectifs	1
III - Rapport de l'Université de Sherbrooke	2
1) Son contenu	
2) Son impact sur les milieux concernés	
IV - Travaux sur le terrain	4
1) Identification des sites d'expérimentation	
2) Localisation	
3) Caractéristiques des routes	
4) Observations visuelles	
V - Analyse des données	5
1) Caractéristiques du GBC (granulométrie)	
2) Evaluation structurale avec Dynaflect	
VI - Observations et opinions des districts	7
VII - Analyse et interprétation des résultats	8
VIII - Conclusion et recommandations	9
Annexes	
Terminologie (lexique)	

AVANT-PROPOS

La réutilisation croissante de l'ancien revêtement bitumineux dans les projets de réfection et de reconstruction des chaussées est un sujet qui, depuis plusieurs années, suscite beaucoup d'intérêt au Ministère et particulièrement au Service des sols et Chaussées.

C'est d'ailleurs pour cette raison que nous avons confié en 1985 un projet de recherche à l'Université de Sherbrooke. Afin qu'on étudie certaines caractéristiques structurales du béton bitumineux concassé. Le rapport qui en est résulté en mai 86 s'intitulait "Caractérisation des propriétés des agrégats fabriqués à l'aide de béton bitumineux concassé et évaluation de quelques utilisations".

Le présent rapport constitue une nouvelle étape à notre démarche. Nous espérons qu'il puisse contribuer aux efforts entrepris jusqu'à maintenant au sein du M.T.Q.

Nous tenons à remercier MM. Gilles Brillant, technicien occasionnel à notre service, de même que Pierre Desrochers, B.tech. pour leur précieuse collaboration.

Les Auteurs

I- INTRODUCTION

L'augmentation des prix du pétrole au cours des dernières années, a poussé le Ministère des Transports (MTQ) à adopter des nouvelles techniques lors des travaux de reconstruction ou de réhabilitation des chaussées. Parmi elles, il faut mentionner surtout le recyclage des anciens revêtements.

Actuellement, cette pratique a été appliquée sur plusieurs tronçons de routes et d'autoroutes de la province. Toutefois, il s'agit en général de projets réalisés à titre expérimental seulement, de sorte que l'emploi du GBC reste encore un sujet assez controversé.

Devant la diversité des opinions relatives au comportement structural du GBC, il est important de noter non seulement les propriétés variables du matériau lui-même mais également la grande diversité des conditions d'emploi, d'environnement, de pose et d'utilisation ainsi que bien d'autres facteurs. ✓

II- OBJECTIFS

Depuis déjà quelques années, le Service des sols et chaussées du Ministère des Transports s'efforce d'étudier le comportement structural de tronçons routiers contenant du GBC.

C'est ainsi qu'en 1985, la Division des structures de chaussées confiait un mandat de recherche au professeur Claude Lupien de l'Université de Sherbrooke pour qu'il fasse l'évaluation des propriétés structurales du GBC. Cette recherche s'est surtout appuyée sur un programme d'expérimentation en laboratoire et sur quelques évaluations ponctuelles in-situ. Suite à la publication des résultats, en mai 1986, nous avons décidé d'approfondir les recherches en orientant cette fois-ci notre champ d'investigation et d'expérimentation sur le comportement structural du GBC en tant que composant intégral de la route.

Nous nous proposons donc, dans les lignes qui suivent, non seulement de faire la synthèse des observations et recherches effectuées jusqu'à maintenant, mais surtout d'établir des corrélations entre les comportements observés (fissures, ornières, roulement, etc.) et les caractéristiques structurales et environnementales des chaussées étudiées.

III- RAPPORT DE L'UNIVERSITE DE SHERBROOKE

1) Son contenu

La recherche de M. Claude Lupien visait à évaluer les propriétés du GBC et à explorer les possibilités d'utilisation de ce matériau, entres autres, comme constituant de la couche de base d'un pavage ou encore comme fondation supérieure.

Les essais et travaux effectués pour déterminer les caractéristiques du GBC ont été les suivants:

- analyse granulométrique (avec ou sans extraction du bitume),
- teneur en bitume,
- résistance CBR,
- essais de perméabilité,
- susceptibilité au gel,
- essais sur le terrain
 - * relevé visuel
 - * essais de plaques
- effet de la température sur le niveau de compactage du GBC.

Les résultats indiquent d'abord que le GBC comporte moins de particules fines libres qu'une pierre concassée conventionnelle. La granulométrie ainsi que le % de bitume qu'il contient sont fonction du mode de prélèvement du vieux pavage, lequel incorpore parfois une quantité plus ou moins importante de la fondation supérieure.

Selon le rapport Lupien, la résistance du GBC est assez faible (CBR ~ 15 à 25). Il en est de même de sa cohésion attendu qu'il est presque impossible d'en prélever des carottes intactes sur la route. Son module de rigidité est également inférieur à celui du béton bitumineux conventionnel tandis que sous des contraintes statiques il affiche une forte propension au fluage. Le rapport conclut donc logiquement que le GBC ne peut être comparé au béton bitumineux conventionnel.

Quant à son utilisation dans la fondation supérieure, les résultats CBR réalisés sur cinq échantillons ont tous indiqué que le matériau se compare très mal à la pierre concassée et au gravier concassé conventionnel. On a donc conclu ce qui suit:

"En somme, il y a certaines indications qui sont favorables mais par contre le critère de référence de l'essai CBR est très défavorable. Bien qu'il soit difficile de conclure au rejet systématique de ce matériau dans la fondation supérieure on ne se sent pas non plus appuyé pour en recommander l'utilisation."

2) Son impact sur les milieux concernés

Les résultats de cette étude susciterent des controverses. Il faut dire que le rapport se voulait d'abord et avant tout une recherche sur les caractéristiques structurales du GBC sous divers essais et non une évaluation de son comportement sur la route. Il laissait ainsi une certaine liberté au lecteur en ce qui concerne les conclusions qu'il devait tirer vis-à-vis l'utilisation du GBC.

Quelles positions doit-on maintenant adopter ? Devrait-on ordonner de faire cesser cette pratique ? Serait-il plus sage de nous interroger sur la validité des résultats de l'étude, sur les méthodes d'évaluation utilisées ? Chose certaine, tous s'en sont remis à leurs propres expériences qui, pour les uns, confirmèrent les conclusions de l'étude et qui, pour les autres, ne révélèrent aucun motif permettant de bannir cette technique de recyclage. Cependant, n'oublions pas que la plupart des projets réalisés jusqu'à maintenant ont été mis en oeuvre dans des conditions très variables ce qui rend la perception des résultats difficile.

Il y avait donc, selon nous, un besoin de préciser d'abord les paramètres qui sont susceptibles d'affecter le comportement du GBC dans une chaussée et de vérifier ensuite, sur chaque projet étudié, la valeur de ces paramètres. Ce n'est qu'une fois ces deux étapes franchies qu'il nous semblait possible de déterminer les causes précises des comportements variables observés jusqu'à ce jour.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e
QUÉBEC (QUÉBEC)
G1R 5E1

IV- TRAVAUX SUR LE TERRAIN

Maintenant que nous avons présenté les points saillants du rapport de l'Université de Sherbrooke, nous entreprendrons à ce stade-ci la divulgation des résultats et observations des recherches réalisées par le MTQ.

1) Identification des sites d'expérimentation

Les huit sites d'expérimentation qui ont été observés au cours de notre étude sont indiqués au tableau 1.

2) Localisation

On trouvera aux figures 1 et 2 les plans de localisation des différents tronçons étudiés.

3) Caractéristiques des routes

Les caractéristiques des tronçons étudiés apparaissent au tableau 2.

4) Observations visuelles

Les relevés visuels effectués sur les tronçons ont révélé un degré de dégradation relativement élevé en regard avec l'âge du revêtement.

De plus, certaines défaillances particulières qui semblent reliées à la présence de GBC dans la structure de la chaussée. Ainsi, les fissures longitudinales accompagnées de carrelage assez étendu se produisent sans contredit le long du joint froid de l'épandeuse (photos 2,3,13,16 et 17). Ces fissures longitudinales s'étendent parfois sur de grandes distances, jusqu'à 400 mètres, et s'accompagnent généralement d'une dépression de 15 à 20 mm de profondeur (photos 5 et 8).

Un autre type de dégradation, qui semble attribuable au GBC, réside dans la présence de fissures latérales en dépression, accompagnées, elles aussi, de carrelage intense (photos 11,12,19 et 21). Ces fissures ont été dénombrées principalement à l'intérieur des courbes (photos 23). On les retrouve également en-dehors des courbes mais elles y sont moins nombreuses.

Ce type de fissuration est commun aux routes 335, 169, 370, mais non à l'autoroute 25. On a toutefois observé en ce dernier endroit un problème de tout autre ordre. Il s'agit d'ondulations de surface présentes sur toute la longueur du projet. Ces ondulations peuvent avoir en général des longueurs de 3 à 5 mètres et des amplitudes de 15 à 20 mm (photos 25 et 26). Sachant que la norme du Cahier des Charges spécifie des dénivellations maximales de cinq

(5)mm dans trois (3)m de longueur, il est clair que nous sommes ici en présence d'un problème assez sérieux. Quant à l'absence de fissuration, elle nous apparaît reliée à l'épaisseur plus importante du recouvrement, qui amortit ainsi les charges avant leur transmission à la couche de GBC sous-jacente.

V- ANALYSE DES DONNEES

1) Granulométrie

La granulométrie du GBC peut à la rigueur, être envisagée de deux façons selon que l'on parle du granulats qui a été utilisé à l'origine pour fabriquer le béton bitumineux ou du béton bitumineux lui même en tant que produit de concassage.

A notre avis, le premier facteur n'a pas d'importance en soi, s'il peut, jusqu'à un certain point, avoir une certaine influence sur la granulométrie du second. C'est cependant cette dernière qu'il importe de mesurer quelle qu'en soit la cause. Nous croyons en effet que cette granulométrie du GBC constitue un paramètre déterminant en ce qui a trait aux degrés de compactage et de résistance (CBR) qu'il sera possible d'obtenir sur la route. Le rapport Lupien est peu explicite sur ce sujet, ne faisant mention en effet que de cinq échantillons de granulats bitumineux prélevés en carrière. Ces derniers laissent cependant croire à une certaine déficience en fines, ce qui ne contribue certes pas à l'obtention d'un matériau très résistant même après compaction.

2) Evaluation structurale avec Dynaflect

Les propriétés physico-mécaniques et l'équivalence structurale de GBC ont été traitées dans les paragraphes précédents.

Dans le présent paragraphe, nous présentons l'analyse des essais in-situ effectués avec le Dynaflect dans le but d'évaluer l'impact structural de GBC comme partie intégrante de la chaussée.

a) Les figures 4,5 et 6, démontrent que la portance mesurée sur les différents tronçons des trois routes étudiées est supérieure au minimum requis (11 tonnes) mais est très variable par endroit.

b) Les essais Dynaflect ayant été effectués dans la trace de roue à intervalle fixe de 50 m, ils ne peuvent détecter toutes les dégradations ponctuelles particulières au GBC, ceci, en raison de la position plus ou moins aléatoire de ces dégradations. De plus le compactage ultérieur provoqué par le trafic a atténué la déflexion initiale du GBC (photo 1 à 5, 7 à 14 et la photo 16);

c) La figure 7 démontre que le SCI, qui est la différence de déflexion entre les deux premiers géophones, est très élevé dans le bassin représentatif des secteurs à haute dégradation. Notons au passage que la déflexion maximale DMD (d₁) est plutôt indicatrice du comportement des couches inférieures de la chaussée.

L'allure de poïonnement que présentent ces bassins caractérise une chaussée où les déformations sont relativement importantes dans les couches supérieures de la chaussée.

Le tableau 5, qui présente les différents paramètres du bassin de déflexion, démontre que le rapport DMD/SCI pour des secteurs à haute dégradation est compris entre 2 et 3, tandis que normalement, ce rapport est compris entre 4 et 6. Ce faible rapport, causé par l'augmentation du SCI comparé à DMD, confirme la faiblesse des couches supérieures due à la présence de GBC. Notons cependant qu'une augmentation substantielle du DMD, pourrait, elle aussi, affecter ce rapport (route #335) et indiquer alors un comportement plus ou moins mauvais.

d) Un examen méticuleux des résultats enregistrés par les divers géophones démontre que dans des points à forte baisse de la portance, le coefficient de ~~la~~ ^{entre} corrélation entre "SCI vs Portance" est plus élevé ($R = 0.84$ à 0.98) comparé ~~à la~~ ^{avec celui de} corrélation "DMD vs Portance" ($R = 0.35$ à 0.88), voir figure 7.

Il faut souligner ^{une éventuelle} enfin qu'un relevé Dynaflect à un intervalle de 25 m, qui serait effectué juste après la construction et avant l'interpénétration de GBC avec les couches sous-jacentes (due au compactage du trafic), pourrait, semble-t-il, évaluer davantage l'impact structural du GBC.

(c'est à dire avant le compactage de GBC provoqué par le trafic)

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE RECHERCHE
301, RUE D'ARRESTER SUD, 70
QUÉBEC, QUÉBEC
G1H 5K1

VI- OBSERVATIONS ET OPINIONS DE DIFFERENTS DISTRICTS

Comme nous l'avons mentionné plus haut, les divergences d'opinion quant au comportement du GBC sont assez nombreuses. Toutefois, les observations mentionnées ci-après provenant des districts concernés par les tronçons qui font l'objet du présent rapport semblent faire pas mal l'unanimité:

1) Les plus grandes difficultés furent éprouvées lors du compactage du GBC à des températures ambiantes froides. Le granulats se compacte alors très mal et l'on arrive difficilement à atteindre le degré de compaction désiré. Certains ont remarqué, après avoir effectué des mesures au nucléodensimètre, que la densité du GBC est inférieure à un gravier de calibre 20-0a et rejoint plutôt celle d'un sable graveleux. D'autres ont même noté que le GBC se compacte très mal dans un état sec et qu'il faut l'arroser pour le densifier. On ajoute même que le tonnage posé est souvent inférieur au tonnage prévu étant donné, dit-on, que la densité du granulats bitumineux concassé est inférieure à celle d'une couche de base (MB-2) conventionnelle.

2) Lors des travaux effectués sur l'autoroute 25, le profil initial obtenu après compactage du GBC était conforme au plan. Toutefois à mesure que l'on effectuait la pose du MB-2 et du MB-4, le profil changeait considérablement et l'on voyait alors apparaître des ondulations. Il est dès lors permis de supposer qu'il y a eu, pendant la pose des couches de surface, déformation excessive du matériau sous-jacent.

3) Pour ce qui est du comportement du GBC sous la circulation des camions lourds, les observations diffèrent de beaucoup. Certains ont eu des difficultés à profiler une surface unie après circulation tandis que d'autres n'ont noté aucune difficulté particulière. Un problème similaire a été relaté par les responsables de la route 169. On aurait éprouvé des difficultés à exécuter la correction de surface (après plus d'une journée d'attente) avant de recouvrir de MB-4.

4) Différentes hypothèses sont avancées pour expliquer ces divers comportements. Certains jugent que la présence de matériau granulaire atteignant parfois au-delà de 20% en poids du GBC global et provenant de l'ancienne fondation supérieure pourrait expliquer certains mauvais comportements. En effet, il a été remarqué que les agglomérats de GBC ne se collent pas les uns aux autres après compactage (trop de matériaux contaminants) et que la couche de ne se lie pas à la couche de MB-4. De plus, sur la plupart des projets, une certaine ségrégation a été notée lors de la pose du matériau.

5) Dans les exemples précités, tous semblent être d'accord pour affirmer que l'emploi du GBC, que ce soit comme couche de base ou encore comme fondation supérieure sur les voies de roulement, occasionne un entretien prématuré de la chaussée et qu'il n'équivaut pas à une pierre concassée conventionnelle. Il serait donc primordial de se demander si l'emploi du GBC apporte des gains appréciables à long terme.

VII- ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Un examen attentif du tableau 7 indique que le niveau de fissuration d'un tronçon donné dépend de plusieurs facteurs: l'épaisseur du revêtement, la densité du trafic, la topographie du terrain naturel, l'âge du revêtement, etc.. Ainsi, le revêtement de la Côte Radar affiche une fissuration moins intense mais similaire à celui de la Côte Pika. Elle est moins intense sans doute parce que le revêtement est plus épais et moins âgé, ayant été mis en place à l'automne 1985, soit environ 12 mois après le second. Elle est similaire parce que les deux comportent du GBC en couche de base.

Bien que la route 335 ait un JMA assez élevé, son niveau de fissuration est moins important que celui des tronçons étudiés sur la route 169. Ceci paraît attribuable à son revêtement qui a une épaisseur plus considérable. Il en est de même de l'autoroute 25 où la forte épaisseur du revêtement atténue l'effet des charges au niveau de la couche de GBC, ce qui se traduit par une absence complète de fissures à la surface du revêtement.

Par ailleurs, il existe une nette corrélation entre le type de fissures d'une part et la géométrie ou le drainage d'autre part. Ainsi, l'absence de fossés et la largeur restreinte de la route 335 ^{explique le nombre} justifie les nombreuses fissures latérales. De la même façon, le parcours sinueux de la route 370 et la faible largeur des voies de roulement expliquent les nombreuses fissures à l'intérieur des courbes, étant donné que le trafic est porté à circuler au voisinage des accotements en amorçant les virages.

^{Il est important de noter} Il paraît également important d'effectuer une analyse des paramètres DMD/SCI et SCI. En effet, le tableau 5 révèle que chaque tronçon a ses faiblesses spécifiques. Ainsi, les valeurs élevées du rapport DMD/SCI notées sur la route 335 devraient normalement être indicatrices d'un bon comportement. La très forte valeur de DMD conserve toutefois ici son importance pour la dégradation prématurée de la chaussée. Nous avons également noté les valeurs DMD/SCI plus faibles dans la Côte Radar que dans la Côte Pika. Il en est de même de celles du secteur 2 de la route 370 qui sont plus défavorables que celles du secteur 1.

DMD/SCI
2010

VIII- CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Voici les points essentiels qui découlent de nos observations et recherches effectuées jusqu'à présent:

1- Le GBC tel qu'utilisé jusqu'à maintenant, est un produit aux propriétés physico-mécaniques très variables et hétérogènes, ceci en raison de son origine, des conditions d'utilisation, du trafic, de l'environnement, de la méthode de récupération, etc..

2- Très peu d'essais ayant trait à la granulométrie avant compactage ont été retracés.

3- Les problèmes rencontrés au moment du compactage sont, à notre avis, à l'origine des mauvais comportements observés sur la plupart des projets étudiés. Ces difficultés sont surtout associées à:

- a) la granulométrie (variations, manque de fin, etc.);
- b) le comportement du GBC vis-à-vis l'eau est différent de celui de la pierre et du gravier concassés en ce qui a trait à l'obtention d'un compactage optimal.
- c) la température de compactage a certainement aussi une influence sur les caractéristiques structurales qui affichera le matériau pendant toute la vie de la chaussée. ✓

4- L'emploi du GBC n'est pas normalisé et les conditions structurales des chaussées sur lesquelles on l'utilise sont très variables et souvent mal connues. Cette situation complique l'identification des causes réelles des dégradations.

5- Les dégradations typiques qui ont été décelées jusqu'à présent sont les suivantes:

- a) fissures polygonales à mailles serrées formées en des endroits qui laissent voir assez peu de relation avec le trafic;
- b) fissures longitudinales multiples au voisinage des joints froids et fissures latérales assez localisées;
- c) ondulations et irrégularités de la surface;

6- Une certaine faiblesse de la capacité de support paraît être à l'origine de l'insatisfaction du GBC utilisé sur les tronçons étudiés. De façon plus précise, les caractéristiques du GBC qui suscitent le plus de problèmes sont:

- a) un manque de cohésion entre les agglomérats (agrégats enrobés);
- b) un faible angle de frottement interne entre les agglomérats ou faible CBR;
- c) un fluage à long ou moyen terme causé par la présence de bitume au contact des agrégats de même qu'entre les particules ou grains minéraux qui constituent chaque fragment de GBC;
- d) un degré de compactage insuffisant par suite d'une granulométrie défavorable et de l'absence d'un additif auxiliaire qui jouerait un rôle analogue à celui de l'eau lors du compactage d'un sol.

7- Le GBC, avec sa position névralgique sur le profil stratigraphique, reçoit environ 80% de la charge générée par le trafic. En raison de sa faible capacité portante, il ne peut résister à cette contrainte sans se déformer de façon exagérée et être ainsi la cause de fissuration diverses du revêtement.

8- Il nous semble que les prochains travaux devraient être orientés de la manière suivante:

- a) sélection des tronçons et identification de leurs caractéristiques structurales (sondages, déflectométrie, instrumentation, etc.);
- b) analyse du GBC en laboratoire aux points de vue:
 - granulométrie, CBR ou triaxial,
 - granulométrie vs γ max.,
 - granulométrie vs W% optimum,
 - γ max. vs température de pose,
 - γ max. vs émulsion bitumineuse (additif),
 - γ max. vs % de fin (correction granulométrique par addition de particules fines etc..);
- c) détermination d'une méthode optimale de compactage en utilisant les résultats d'analyse de l'alinéa b;
- d) réalisation de tronçons selon les méthodes sélectionnées;

e) relevés périodiques et surveillance du comportement
par:

- deflectométrie
- relevés visuels
- profilométrie
- etc.

Finalement, ces travaux ne devront pas perdre de vue l'objectif principal qui est de proposer une méthode ~~des plus~~ économique, simple et bien adaptée aux conditions d'emploi du matériau.

GKC

Aziz Amiri, ing.

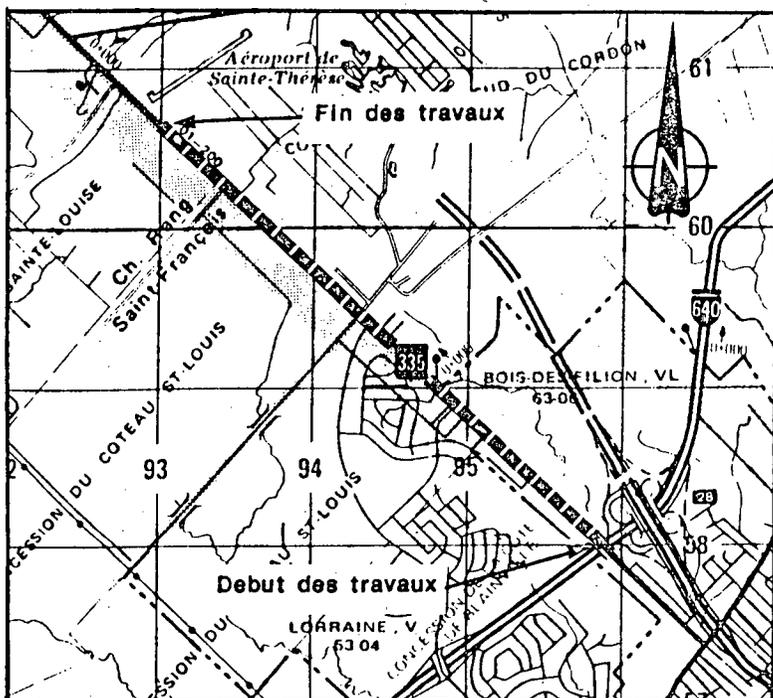
Pierre De Montigny, ing.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Aziz Amiri', written over a horizontal line. The signature is stylized and includes a circular mark at the end.

TERMINOLOGIE (lexique)

- GBC : granulat bitumineux concassé
- DMD : déflexion maximale dynaflect (déflexion au premier capteur; d_1)
- SCI : indice de courbure de la surface = $d_1 - d_2$
- SI : indice d'étalement = $\frac{(d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5)}{5 d_1} \times 100$
- d_n : déflexion au n ième capteur
- JMA : moyenne annuelle journalière de véhicules circulant sur une route.
- %VL : pourcentage de véhicules lourds, exprimé en proportion du nombre d'essieux par véhicule équivalent à 8,16 tonnes.
- γ_{max} : densité maximum de compaction
- W% : teneur en eau.
- CBR : indice de portance californien (California Bearing Ratio)
- D ou SN : indice d'épaisseur "Structural Number". C'est un paramètre empirique développé lors des essais de l'AASHTO (American Association of State Highway and transportation Officials)
- F.S. : fondation supérieure
- F.I. : fondation inférieure
- B.B. : béton bitumineux

FIGURE 1 PLANS DE LOCALISATION



Route: 335-01-190 , 335-01-200

Municipalite: Bois des Filions

Blainville

Circons. elect.: Groulx

No Region: 6-4

No District: 63

No Contrat: 663-0904-4

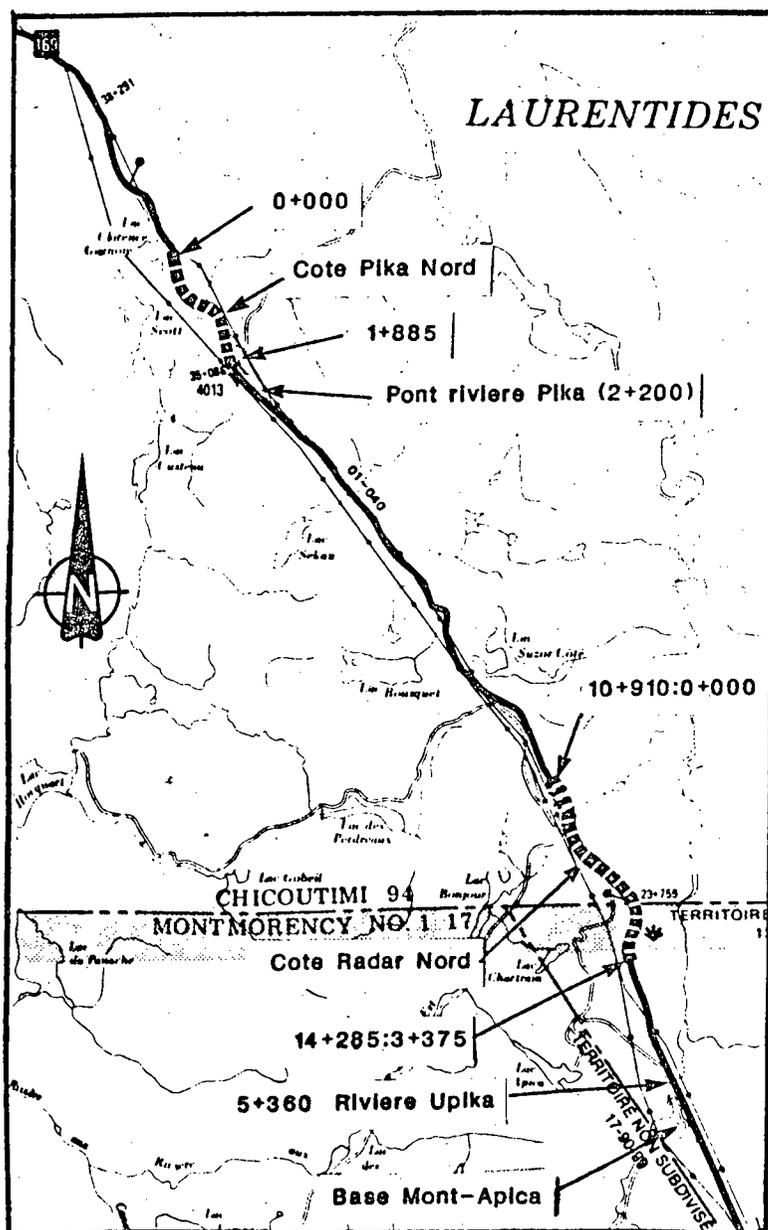
Longueur: 3,50 Km

Chainage: 0+000 à 1+610:

0+000 à 1+890

Date: 7 avril 1987

Echelle 1:50 000



Route: 169

Municipalite: Mont Apica

Parc des Laurentides

Circons. elect.:

No Region: 2

No District: 93

No Contrat: 293-0204-4 et 293-0204-5

Longueur: 3,375 et 1,885

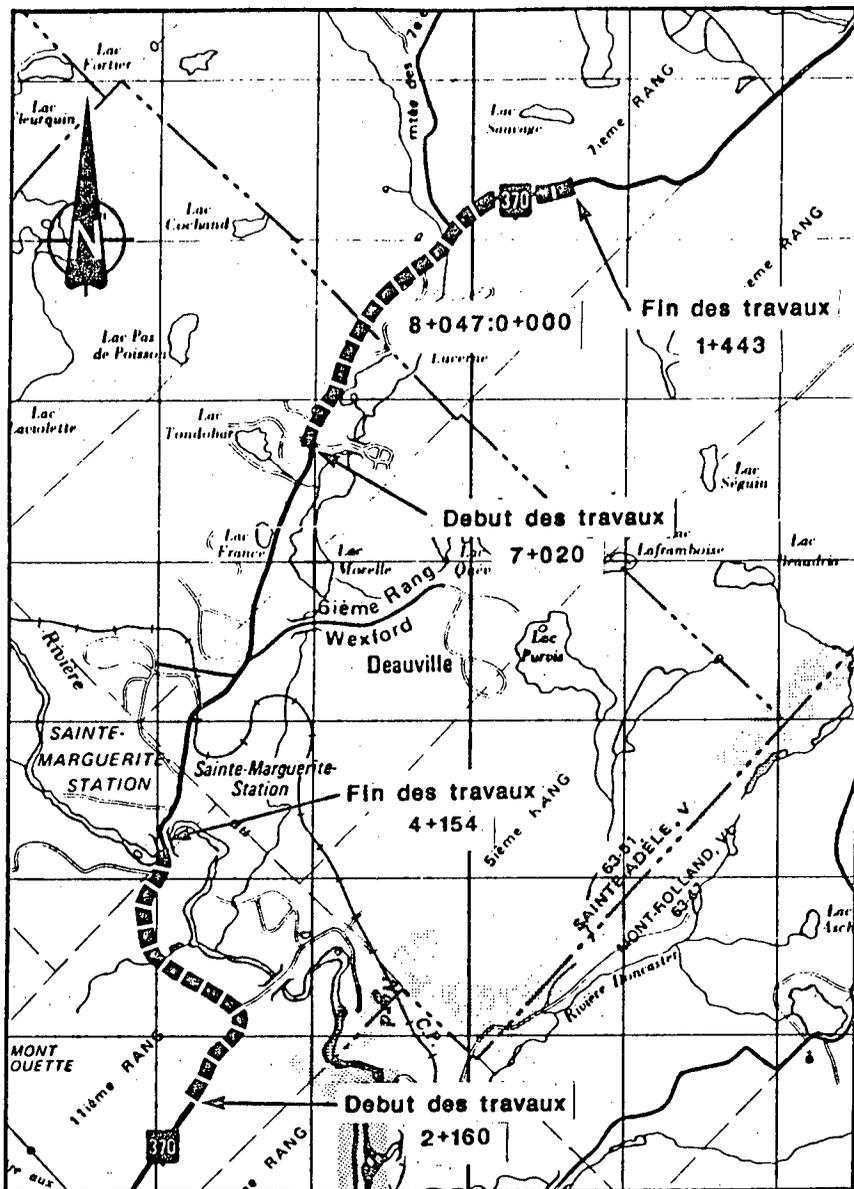
Chainages: 0+000 à 1+885 et

10+910 à 14+285: 0+000 à 3+275

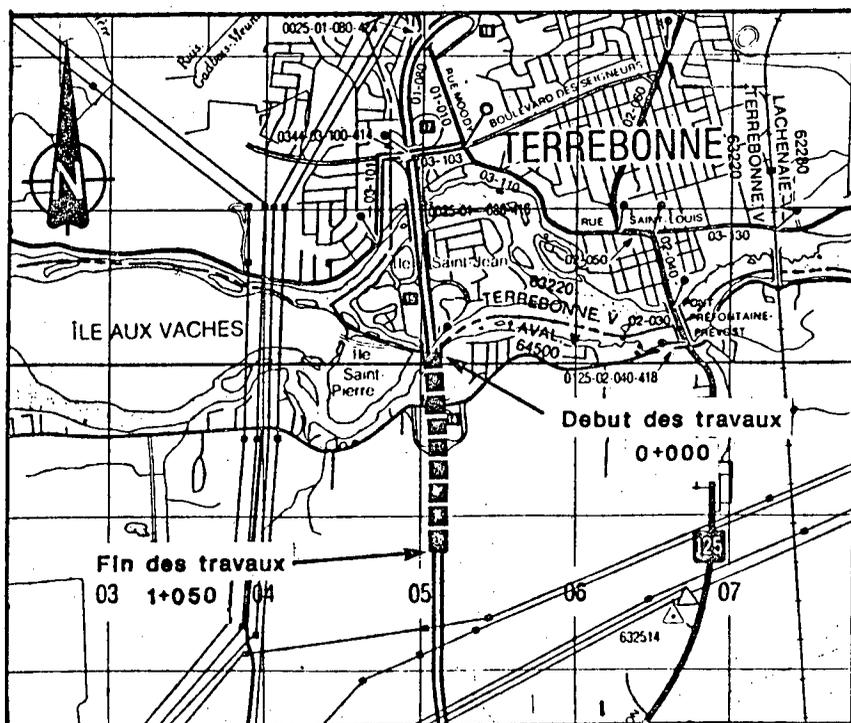
Date: 7 avril 1987

Echelle 1:125 000

FIGURE 2 PLANS DE LOCALISATION



Route: 370
Municipalite: Ste-Adèle
Ste-Marguerite du Lac Masson
Circons. elect.: Rousseau
No Region: 6-4
No District: 63
No Contrat: 663-0214-4
Longueur: 1,994 et 2,470: 4,464
Chainages: 2+160 à 4+154 et
7+020 à 8+047: 0+000 à 1+443
Date: 7 avril 1987
Echelle 1:50 000



Autoroute 25
Municipalite. Terrebonne
Circons; elect.: Mille-îles
No Region: 6-3
No District: 65
No Contrat:
Longueur: 1,050
Chainages: 0+000 à 1+050
Date: 7 avril 1987
Echelle 1:50 000

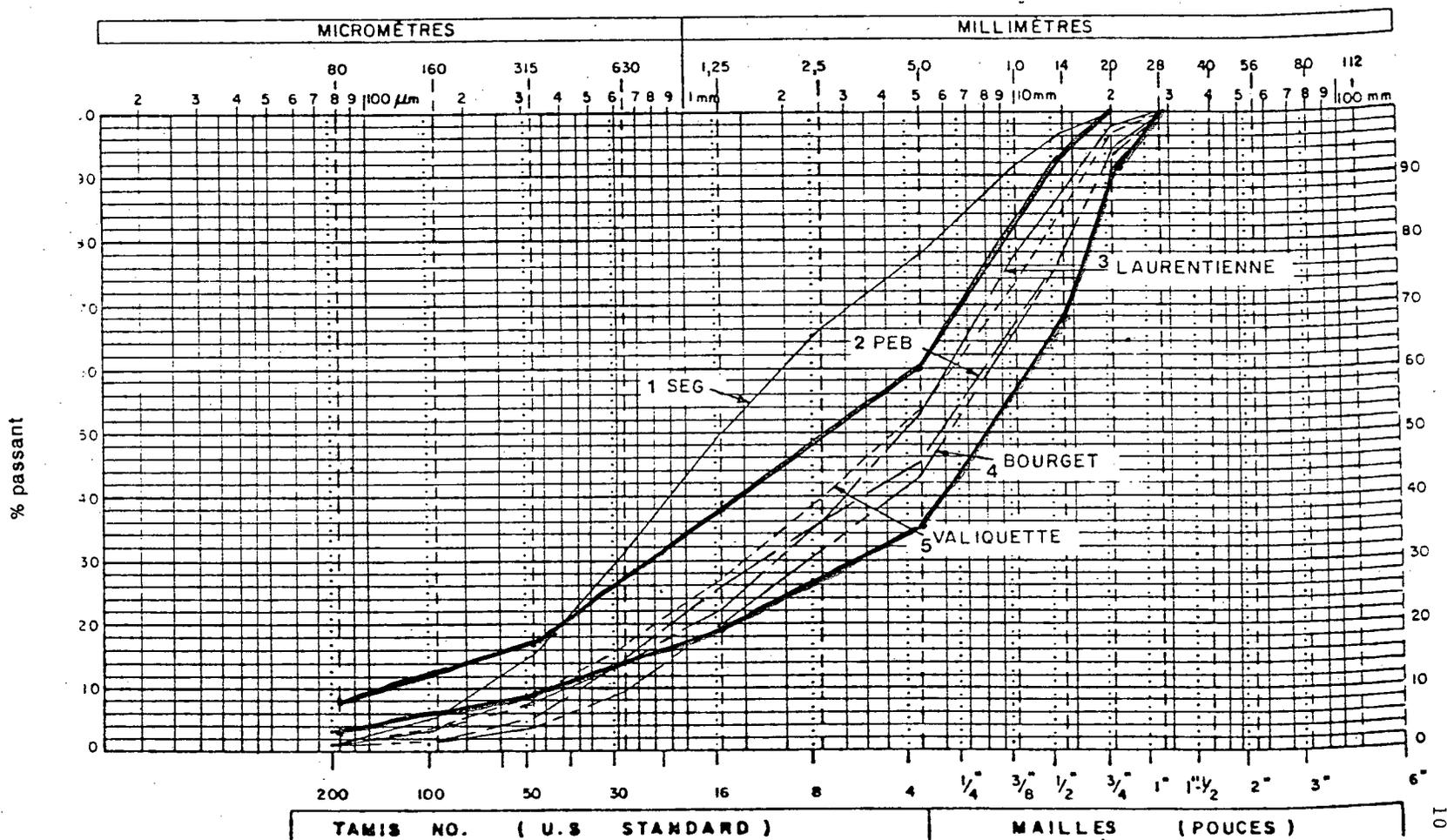
TABEAU 1 Identification des sites d'expérimentation

IDENTIFICATION	LOCALISATION	DESCRIPTION DU PROJET	NO CONTRAT (année)
A	Route 335 Bois des Filions	- 150 mm de 19-0a - 100 mm de GBC - 135 kg/m ² de MB-4	663-0904-4 (1985)
B	Route 370 Ste-Adèle - Ste-Marguerite (2 secteurs)	- 150 mm de 19-0a - 100 mm de GBC - 120 kg/m ² de MB-4	663-0214-4 (1984)
C	Route 169 Parc des Laurentides (Côte du Radar Nord)	- ? mm de 19-0a - 100 mm de GBC - 110 kg/m ² de MB-4	293-0204-5 (1985)
D	Route 169 Parc des Laurentides (Côte Pika Nord)	- ? mm de 19-0a - 100 mm de BBC - 82 kg/m ² de MB-4	293-0204-4 (1984)
E	Autoroute 25 Terrebonne	- 150 mm de 19-0a - 100 mm de BBC - 175 kg/m ² de MB-2 - 125 kg/m ² de MB-4	?
F	Route interprovinciale Pointe-à-la-Croix	- 450 mm classe A - 300 mm de 63-0 - 100 mm de 19-0a - 50 mm de GBC - 115 mm de MB-4	104-0902-5 (1985)
G	Route 132 New-Carlisle	- 150 mm de 19-0a - ? mm de GBC - ? mm de MB-3	104-0205-4 (1984)
H	Route 132 Ho petown	- 100 mm de 19-0a - ? mm de GBC - 125 kg/m ² de MB-3	104-0204-2 (1982)

TABLEAU 2: Caractéristique des routes

IDENTIFICATION	LONGUEUR (Km)	JMA v/j	V.L.	CARTE TOPO.	TOPOGRAPHIE DU TERRAIN NATUREL
Route 335	3,00	6000	6	31H12	
Route 370 secteur 1	1,95	2300	6	31G16	
Route 370 secteur 2	2,45	2300	6	31J01	
Route 169 Côte Radar Nord	3,30	1400	?	22D03	
Route 169 Côte Pika Nord	1,86	1400	?	22D04	
Autoroute 25	1,05	?	?	31H12	
Route interprovinciale Pointe-à-la-Croix	1,00	2050	?	22B02	
Route 132 New-Carlisle	4,00	2640	?	22A03	
Route 132 Hopetown	8,00	2380	?	22A03	

FIGURE 3 : Comparaison des courbes de granularité des granulats bitumineux concassés (G.B.C.) avec le fuseau granulométrique normalisé de la fondation supérieur (0a-20 mm)



— Fuseau normalisé du 0a-20 mm

Source Initiale des agrégats composant le G.B.C.:

P.E.B. Construction, Banc Bourget, Carrière Valiquette, Carrière S E G, Sablière Laurentienne

TABEAU 3 : Caractéristique des routes

IDENTIFICATION	LONGUEUR (Km)	JMA v/j	V.L.	CARTE TOPO.	TOPOGRAPHIE DU TERRAIN NATUREL
Route 335	3,00	6000	6	31H12	
Route 370 secteur 1	1,95	2300	6	31G16	
Route 370 secteur 2	2,45	2300	6	31J01	
Route 169 Côte Radar Nord	3,30	1400	?	22D03	
Route 169 Côte Pika Nord	1,86	1400	?	22D04	
Autoroute 25	1,05	?	?	31H12	
Route interprovinciale Pointe-à-la-Croix	1,00	2050	?	22B02	
Route 132 New-Carlisle	4,00	2640	?	22A03	
Route 132 Hopetown	8,00	2380	?	22A03	

TABLEAU 4 : Valeurs de portance, DMD, SCI pour les différents tronçons étudiés

ROUTES ENDROITS	Longueur (km)	PORTANCE (tonnes)				DMD (10 ⁻³ mm)				SCI (10 ⁻³ mm)			
		\bar{x}	Min	Max	σ	\bar{x}	Min	Max	σ	\bar{x}	Min	Max	σ
ROUTE 335 BOIS DES FILIONS	NORD 3.0	14.7	9.8	19.7	1.9	21.5	11.6	33.7	4.5	4.6	2.5	8.9	1.2
	SUD	14.9	10.8	21.0	2.2	22.1	12.0	35.5	5.3	4.7	2.4	8.0	1.1
ROUTE 370 SECTEUR (1) STE-ADELE	NORD 1.95	20.2	15.2	26.0	2.4	12.5	6.3	20.7	3.1	4.0	2.8	5.7	0.7
	SUD	21.7	15.5	25.0	3.0	11.4	5.6	22.1	3.2	3.8	2.1	6.3	0.8
ROUTE 370 SECTEUR (2) STE-MARGUERITE	NORD 2.45	18.5	14.9	24.7	1.5	12.8	9.2	20.0	2.2	4.6	3.2	6.7	0.7
	SUD	20.3	13.0	21.1	2.1	11.2	6.7	20.3	2.3	3.9	1.5	8.2	0.8
ROUTE 169 CÔTE PIKA NORD	NORD 1.85	17.0	14.7	19.5	1.4	14.4	10.8	18.2	2.1	4.0	2.8	5.5	0.7
	SUD	17.0	14.6	20.4	1.5	15.5	12.5	21.3	2.3	4.6	3.5	6.8	0.8
ROUTE 169 CÔTE RADAR NORD	NORD 3.30	17.5	15.0	22.4	1.9	13.4	8.5	19.5	2.5	4.3	2.5	7.0	0.8
	SUD	16.6	14.7	19.5	1.4	14.1	10.2	19.4	2.2	4.7	3.5	6.4	0.7

TABLEAU 5 : Calcul de différent paramètre de relevé dynaflect

IDENTIFICATION	VOIE	PORTANCE (tonnes)	σ/\bar{x} %	DMD (10^{-3} mm)	σ/\bar{x} %	SCI (10^{-3} mm)	σ/\bar{x} %	$\frac{DMD}{SCI}$
ROUTE 335	N	14,7	12,9	21,5	20,9	4,6	28,3	4,7
	S	14,9	14,8	22,1	24,0	5,3	26,4	4,2
ROUTE 370 Secteur (1)	N	20,2	11,8	12,5	24,8	4,0	17,5	3,1
	S	21,7	13,8	11,4	28,0	3,8	21,1	3,0
ROUTE 370 Secteur (2)	N	18,5	8,1	12,8	17,2	4,6	15,2	2,8
	S	20,3	10,3	11,2	20,5	3,9	20,5	2,9
ROUTE 169 Côte Pika	N	17,0	8,2	14,4	14,6	4,0	17,5	3,6
	S	17,0	8,8	15,5	14,8	4,6	17,4	3,4
ROUTE 169 Côte Radar	N	17,5	10,9	13,4	18,7	4,3	18,6	3,1
	S	16,6	8,4	14,1	15,6	4,7	14,9	3,0

FIGURE : 4 Comparaison du coefficient de corrélation (R) entre SCI et DMD vs la PORTANCE dans des secteurs affectés par des dégradations types

EVALUATION DE LA CAPACITE DE SUPPORT (DYNAREFLECT)

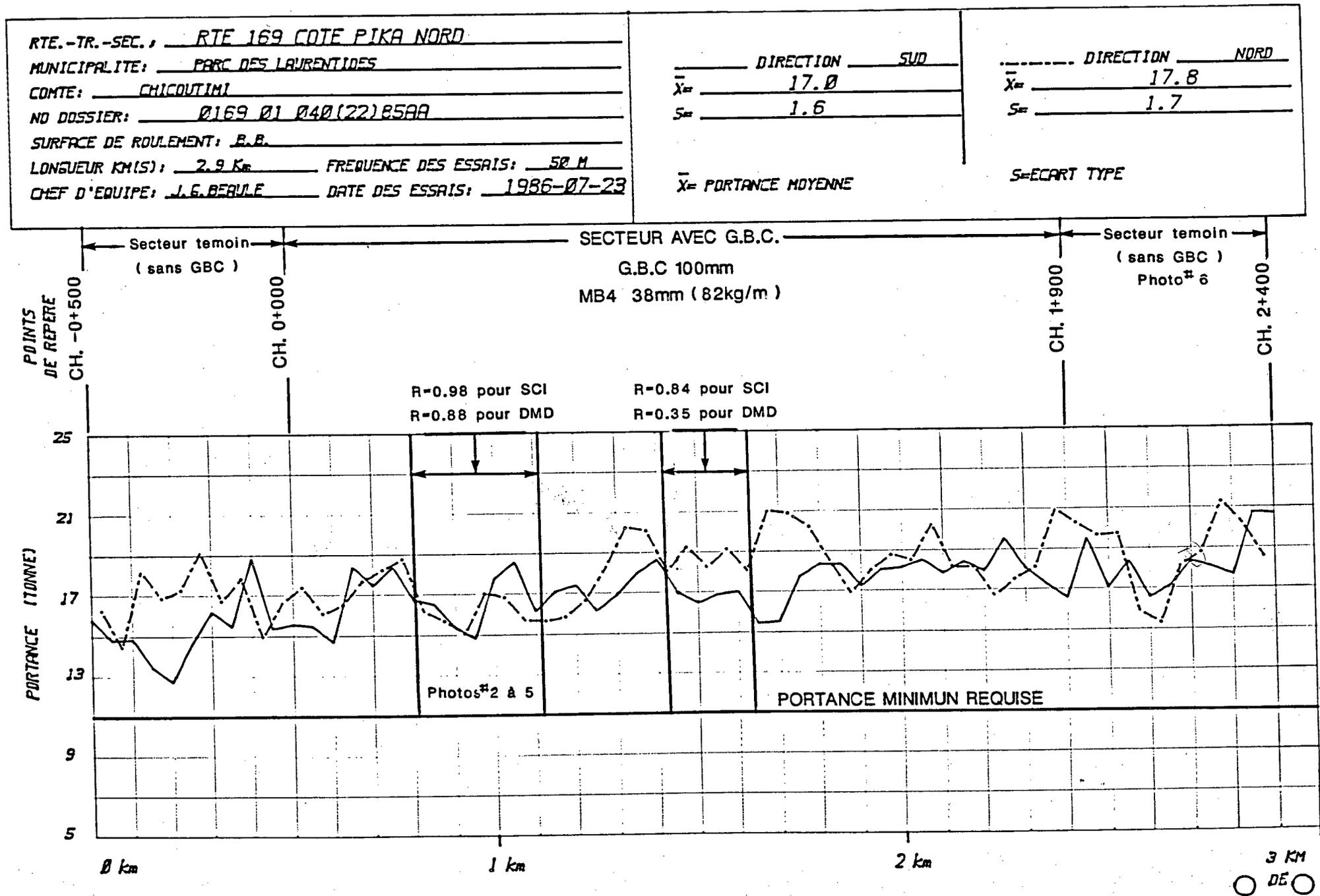


FIGURE :5

EVALUATION DE LA CAPACITE DE SUPPORT (DYNAFLECT)

RTE.-TR.-SEC. : <u>RTE 169 COTE DU RADAR NORD</u>		DIRECTION <u>SUD</u>		DIRECTION <u>NORD</u>	
MUNICIPALITE : <u>PARC DES LAURENTIDES</u>		$\bar{X} = $ <u>16.9</u>		$\bar{X} = $ <u>17.5</u>	
COMTE : <u>CHICOUTIMI</u>		$S = $ <u>1.3</u>		$S = $ <u>1.9</u>	
NO DOSSIER : <u>Ø169 Ø1 Ø4Ø(22)85BB</u>		$\bar{X} = $ PORTANCE MOYENNE		$S = $ ECART TYPE	
SURFACE DE ROULEMENT : <u>B.B.</u>					
LONGUEUR KM(S) : <u>4.4 Km</u>		FREQUENCE DES ESSAIS : <u>50 ± 20%</u>			
CHEF D'EQUIPE : <u>J.S. BEAULIE</u>		DATE DES ESSAIS : <u>1986-Ø7-24</u>			

POINTS DE REFERE

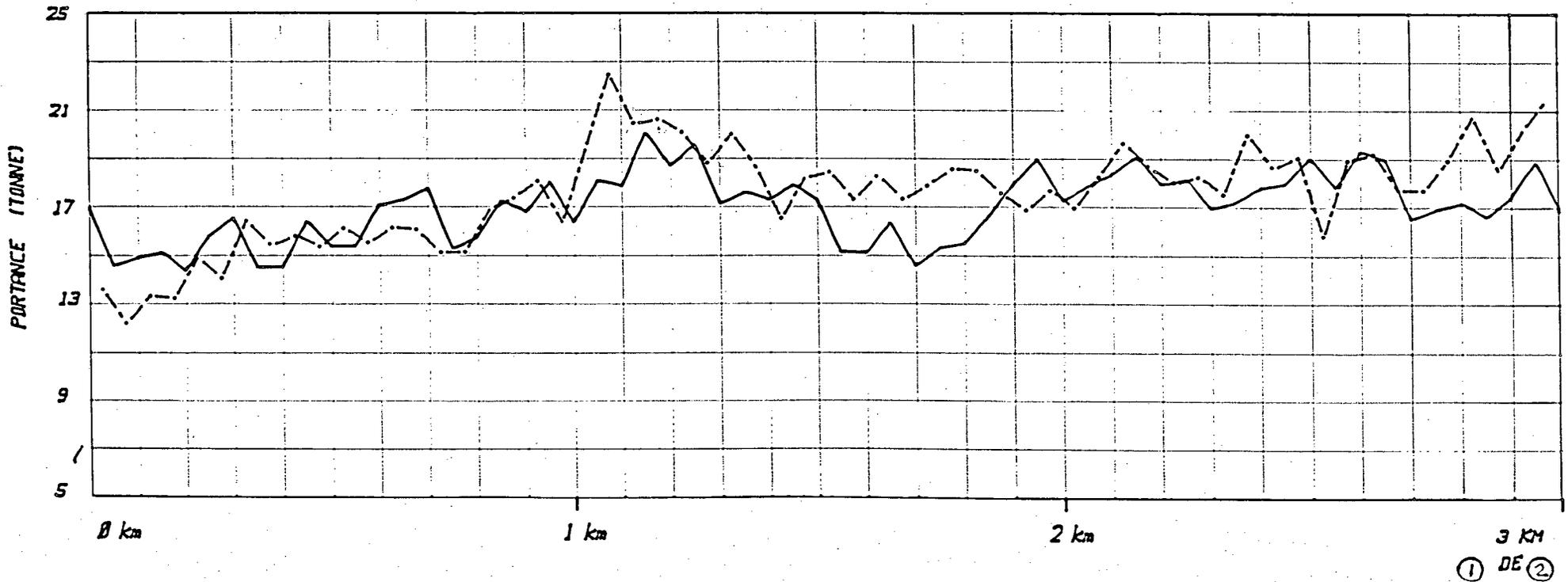


FIGURE :5

EVALUATION DE LA CAPACITE DE SUPPORT (DYNAFLECT)

RTE.-TR.-SEC. : <u>RTE 169 COTE DU RADAR NORD</u>		DIRECTION <u>SUD</u>		DIRECTION <u>NORD</u>	
MUNICIPALITE : <u>PARC DES LAURENTIDES</u>		\bar{X} = <u>16.9</u>	\bar{X} = <u>17.5</u>		
COMTE : <u>CHICOUTIMI</u>		S = <u>1.3</u>	S = <u>1.9</u>		
NO DOSSIER : <u>Ø169 Ø1 Ø4Ø(22)85BB</u>					
SURFACE DE ROULEMENT : <u>B.B.</u>					
LONGUEUR KM(S) : <u>4.4 KM</u>		FREQUENCE DES ESSAIS : <u>50 ET 200</u>			
CHEF D'EQUIPE : <u>J.G. BEAULE</u>		DATE DES ESSAIS : <u>1986-Ø7-24</u>			
		\bar{X} = PORTANCE MOYENNE		S = ECART TYPE	

POINTS
DE REPERE

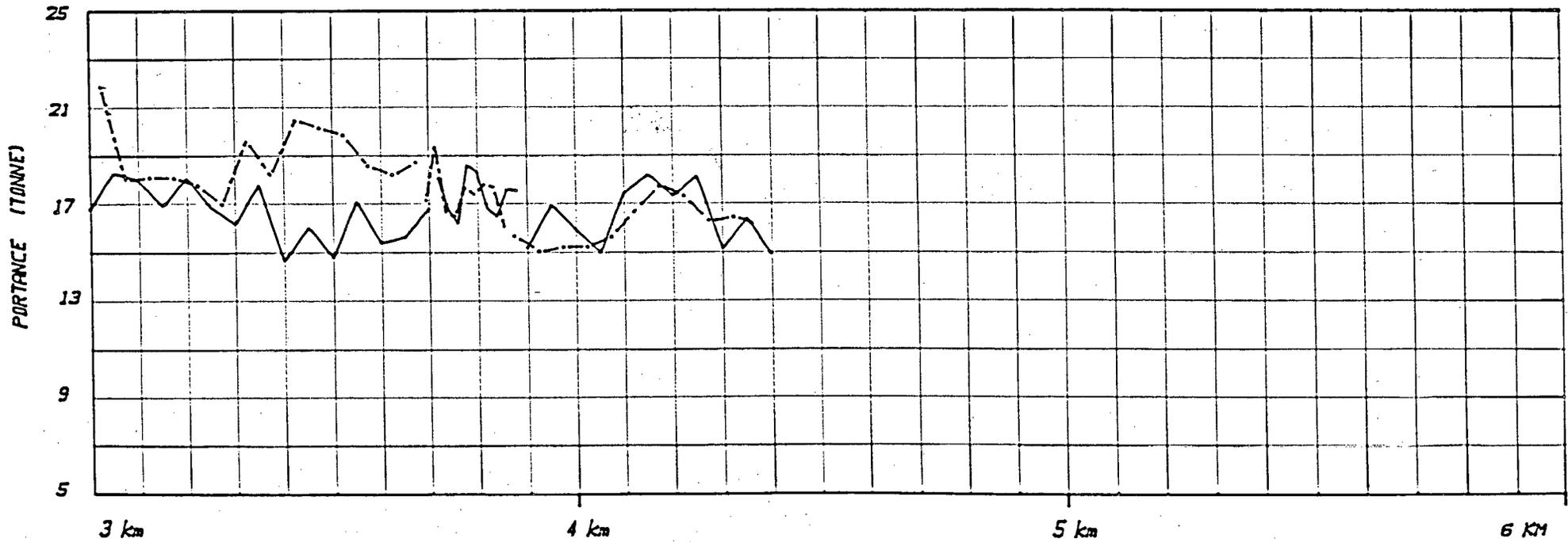


FIGURE : 6

EVALUATION DE LA CAPACITE DE SUPPORT (DYNAFLECT)

RTE.-TR.-SEC. : <u>335-001-190-200</u>		DIRECTION <u>NORD</u>		DIRECTION <u>SUD</u>	
MUNICIPALITE : <u>BOIS DES FILION ET BLAINVILLE</u>		\bar{X} = <u>14.7</u>		\bar{X} = <u>14.9</u>	
COMTE : <u>GROUX</u>		S = <u>1.9</u>		S = <u>2.2</u>	
NO DOSSIER : <u>B.B. CONCASSE 1</u>					
SURFACE DE ROULEMENT : <u>B.B.</u>					
LONGUEUR KM(S) : <u>3</u> FREQUENCE DES ESSAIS : <u>50 M.</u>					
CHEF D'EQUIPE : <u>J.G. BEAULE</u> DATE DES ESSAIS : <u>1986-09-25</u>		\bar{X} = PORTANCE MOYENNE		S = ECART TYPE	

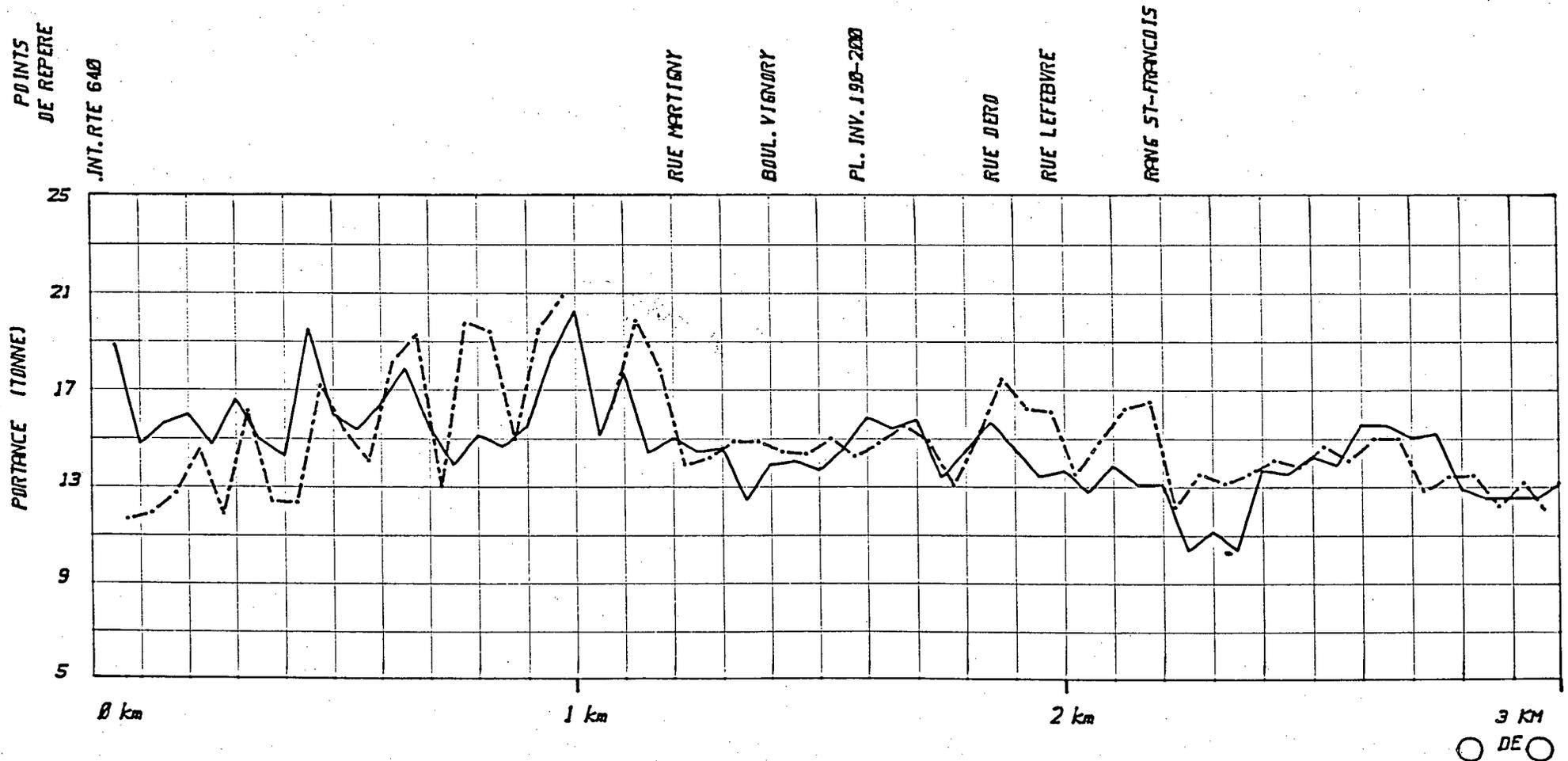


TABLEAU 6 : Valeurs moyennes de SCI, SI selon les kilométrages pour différents bassins représentatifs des tronçons.

		DMD (10 ⁻⁵ po)	SCI (10 ⁻⁵ po)	SI	REMARQUES
Route 335	0+050	60	12	66	Infrastructure et fondation inférieure très faible.
	0+450	51	12	65	
	0+800	77	18*	58	
	1+000	47	11	62	
	1+050	76	18*	58	
	1+150	84	19*	59	
Route 370 secteur 1	0+150	32	12	-	
	0+150	50	14	-	
	0+550	68	20	-	
	0+650	35	12	-	
	0+750	49	14	-	
Route 370 secteur 2	0+150	50	20	44	
	0+450	34	15	42	
	0+600	59	18	57	
	0+800	57	19	53	
	1+000	50	17	48	
Route 169 Cote Pika	0+425	76	26	51	Zone à faible portance
	0+675	69	24	46	
	1+125	61	18	53	
	1+375	59	23	48	
	1+725	59	24	47	
Route 169 Cote Radar	0+250	75	27	47	
	0+800	55	26	41	
	1+700	81	30	48	
	1+700	54	22	44	
	2+700	59	26	40	
	3+000	67	31	41	
			27	44	

* Valeurs prises pour calculer la moyenne.

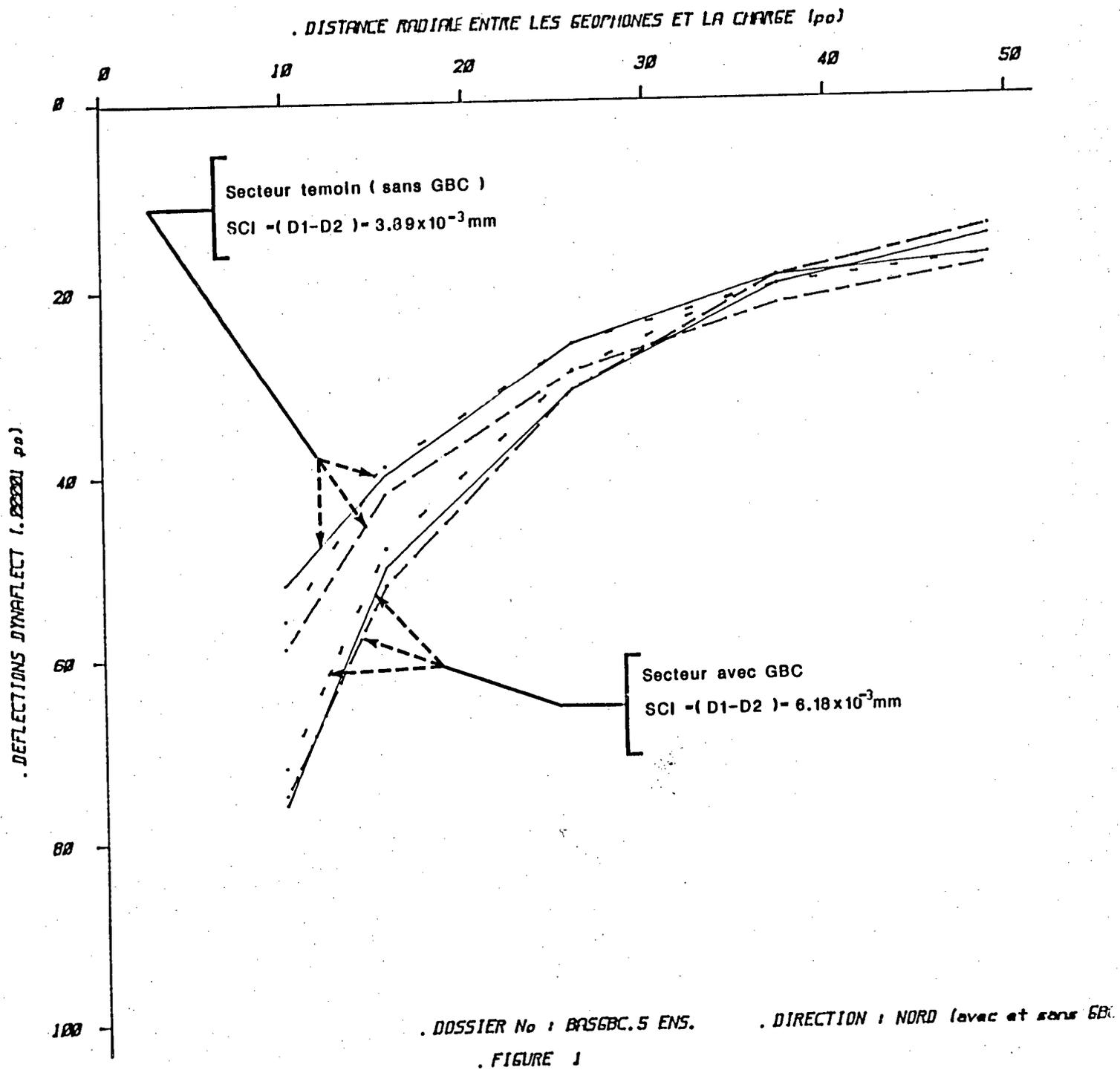
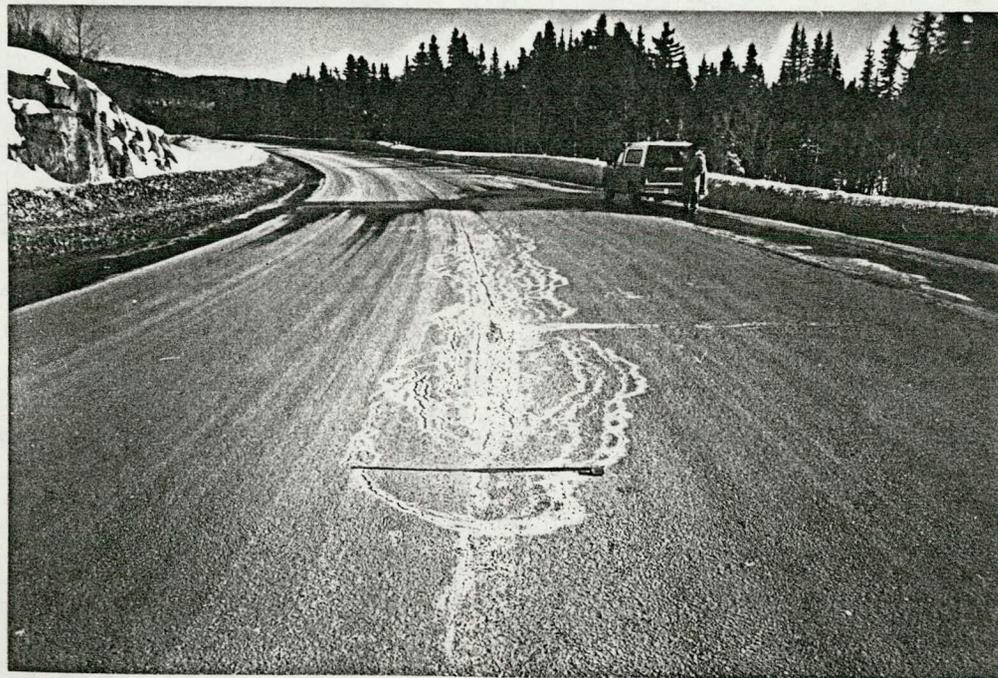
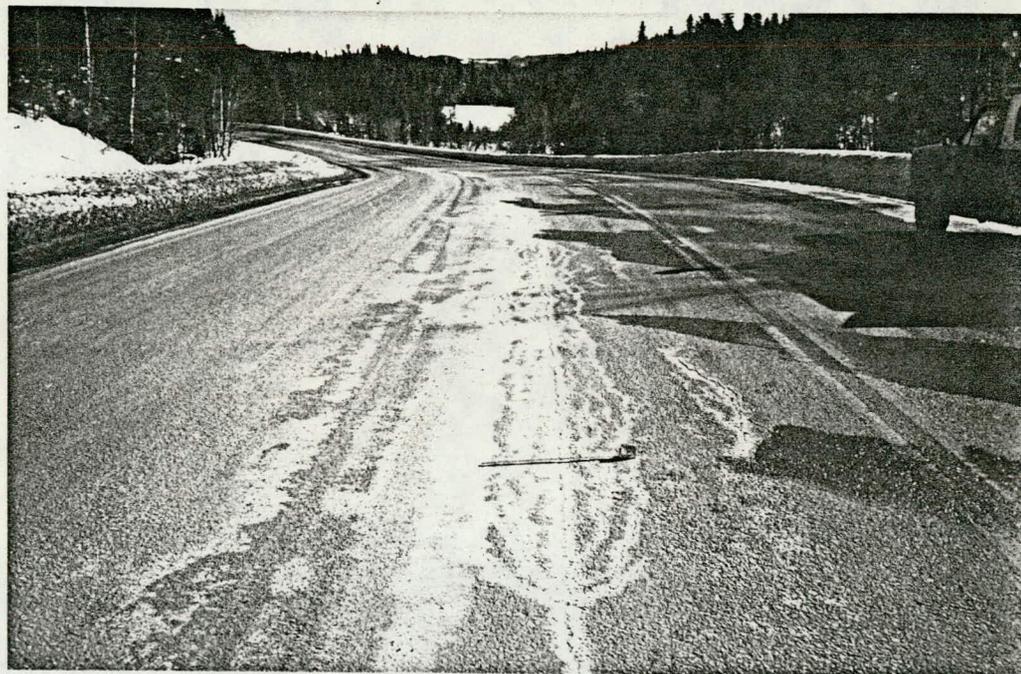
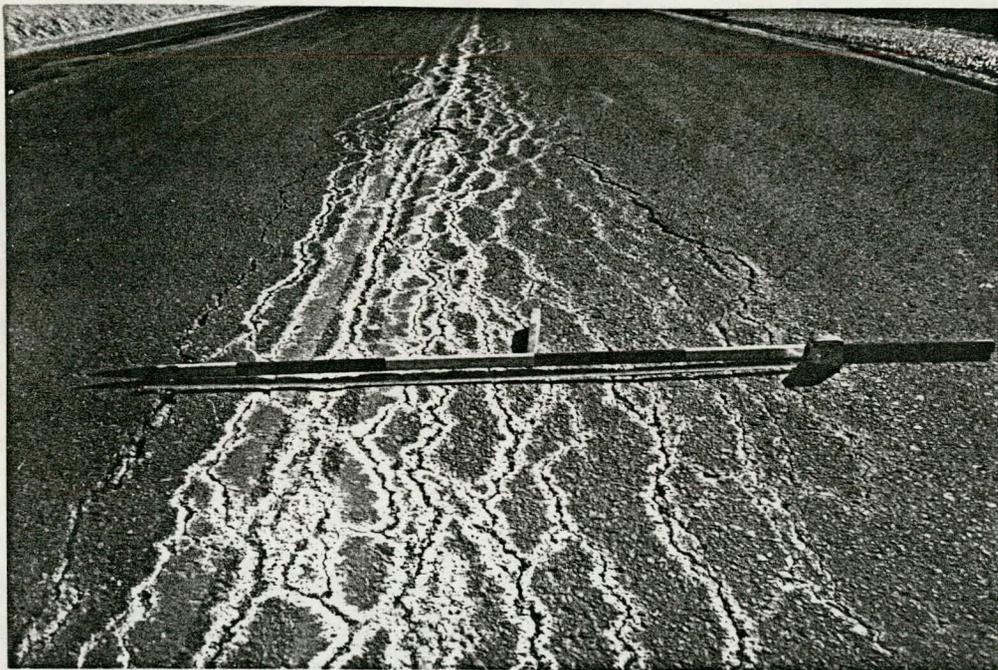


FIGURE : 7 Comparaison de la forme des bassins de déflexion et le paramètre SCI dans des secteurs avec et sans G.B.C.

TABLEAU 7 : Certaines caractéristiques des tronçons étudiés

IDENTIFICATION	LONGUEUR	JMA	% VL	DESCRIPTION	REMARQUES
ROUTE 335 (1985)	3.0	6000	6	-100mm de GBC -135 kg/m ² MB-4	- Route très étroite (fossé inexistant, accotement peu large) - Nombreuses fiss. latérales - Ornières (grand rayon) - fissures long. + carrelage
ROUTE 370 2 secteurs (1984)	1.95 et 2.45	2300	6	-100mm de GBC -120Kg/m ² MB-4	-Topographie du TN rocailleuse et irrégulière (terrain très accidenté et tortueux) -voies de roulement assez étroites -Fiss. latérales à l'intérieur des courbes.
ROUTE 169 Côte Radar Nord (1985)	3.30	1400	-	-100mm de GBC -110 kg/m ² MB-4	-Région montagneuse (route assez large, quelques affleurements rocheux) -Fiss. long. + carrelage intense en dépression -Ornières (grand rayon) constantes -Quelques fiss. lat. en forte dépression.
ROUTE 169 Côte Pika Nord (1984)	1.85	1400	-	-100mm de GBC - 82 kg/m ² MB-4	-Fiss. long.+ carrelage très intense en dépression -Quelques fiss. latérales moins importantes -Ornières présentes constamment
AUTOROUTE 25	1.05	-	-	-100mm de GBC -175kg/m ² MB-2 -125kg/m ² MB-4	-Surface unie, trafic très dense -Ondulation à moyenne longueur d'ondes (3 à 5m)



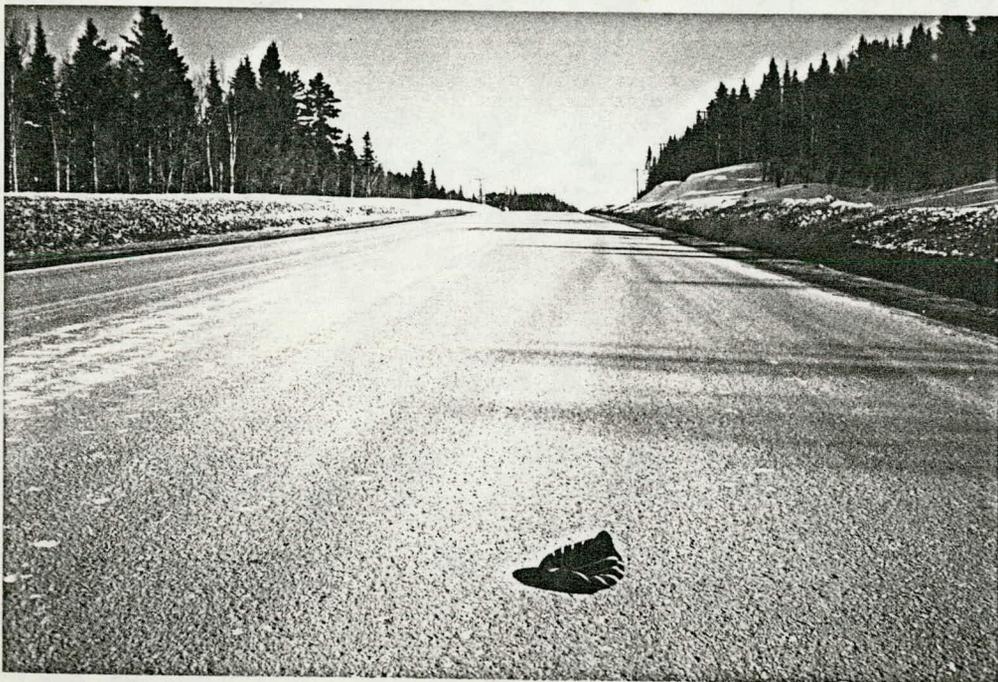
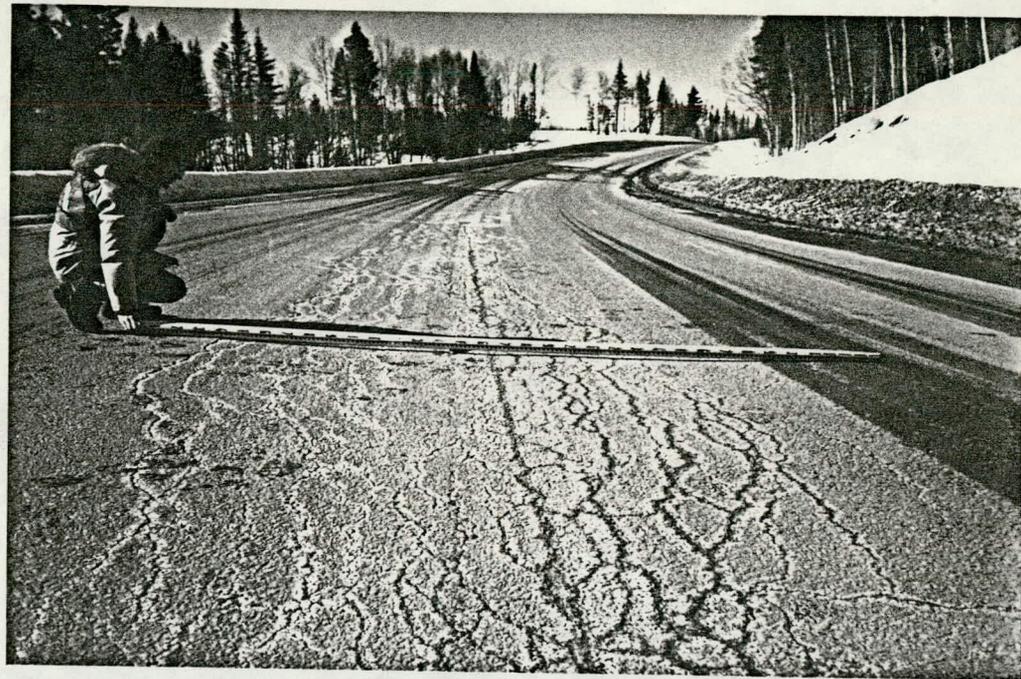
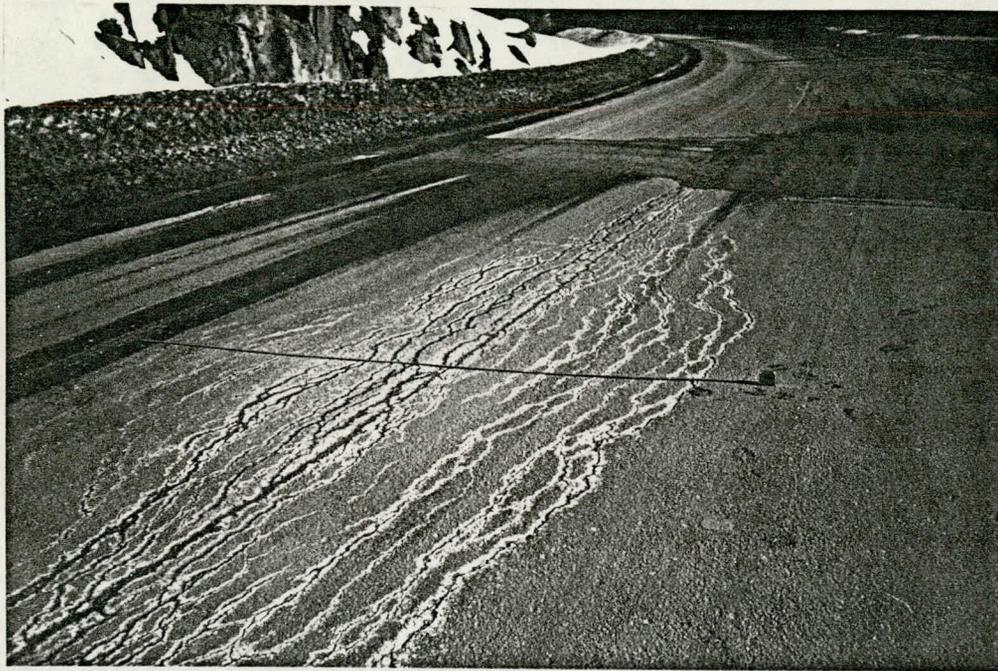
1	2
3	

ROUTE 169

PARC DES LAURENTIDES (CÔTE PIKA)

Photo no Km Description

- | | | |
|---|-------|---|
| 1 | 0.066 | Fissuration intense le long du E accompagnée d'une dépression d'environ 15 mm.. |
| 2 | 0.475 | Fissures longeant le joint de l'épandeuse. |
| 3 | 0.640 | Idem photo no 2 mais 165m plus loin. |

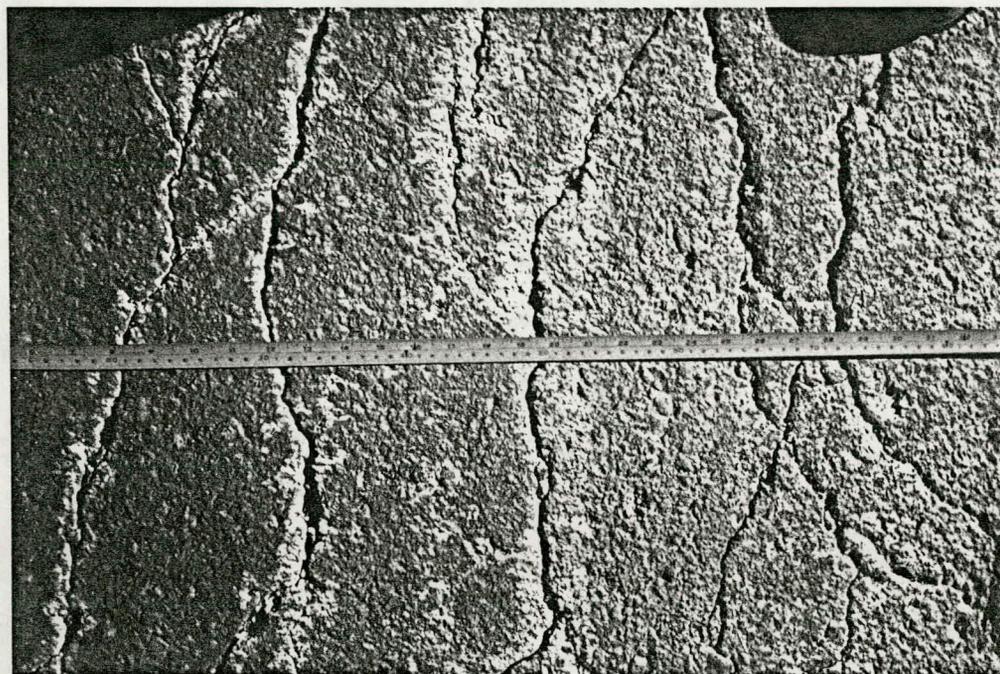
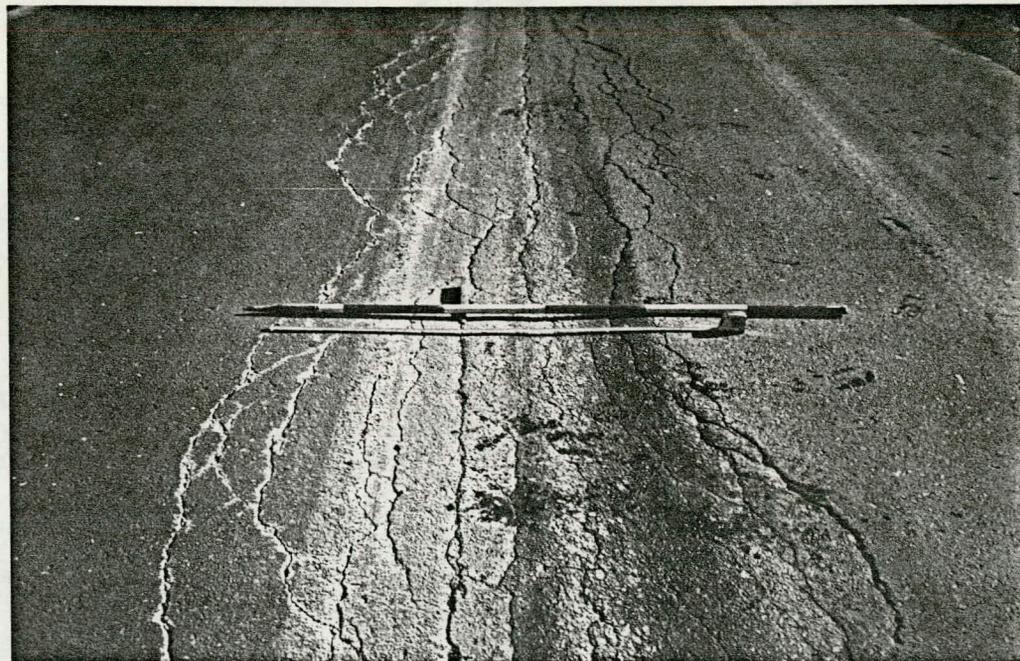
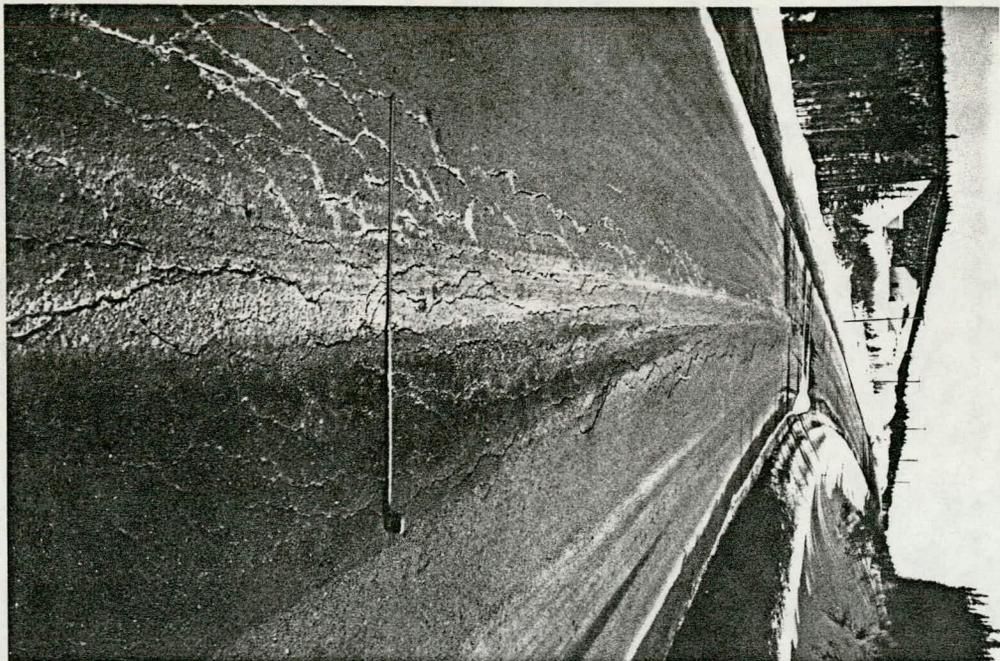


4	5
6	

ROUTE 169

PARC DES LAURENTIDES (CÔTE PIKA)

<u>Photo no</u>	<u>Km</u>	<u>Description</u>
4		Fissuration intense au voisinage du joint entre deux traces des roues (largeur de la surface affectée est d'environ 1.8m).
5		Aspect général des fissures polygonales en dépression (flaches) situées entre deux voies.
6		Aspect général du secteur témoin (Sans GBC Remarquer l'uni et le beau comportement de la chaussée.



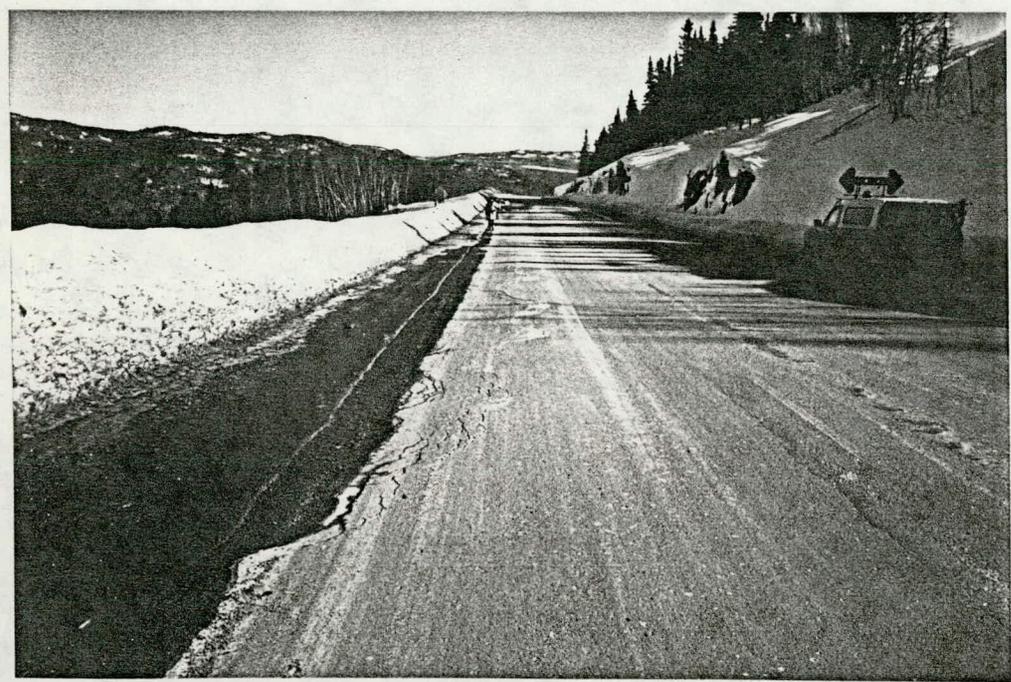
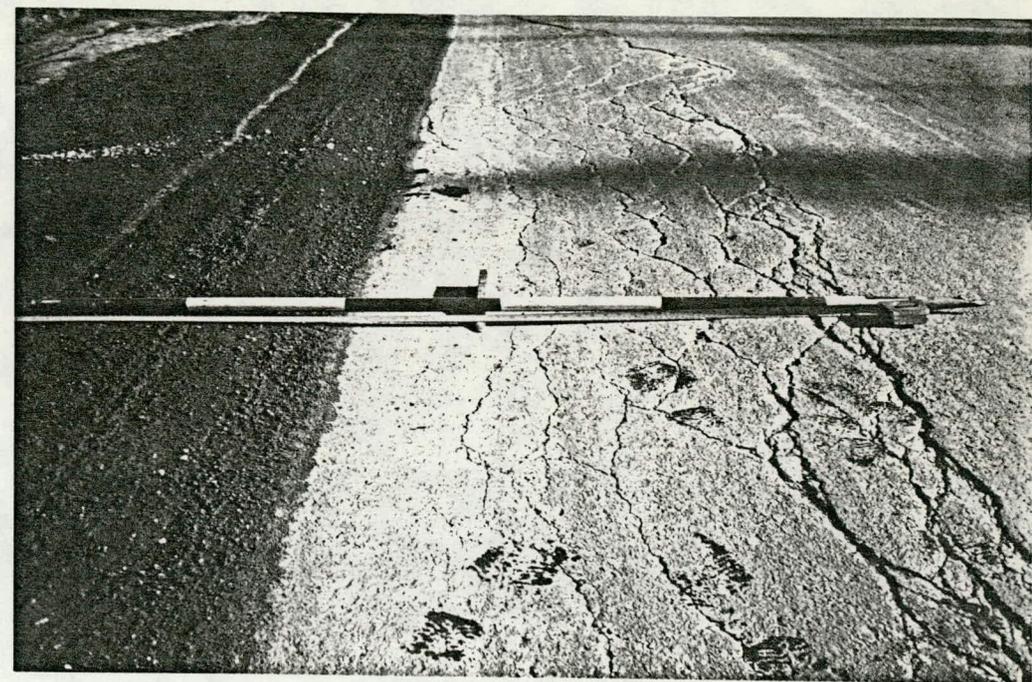
7	8
9	

ROUTE 169

PARC DES LAURENTIDES (CÔTE RADAR)

Photo no km Description

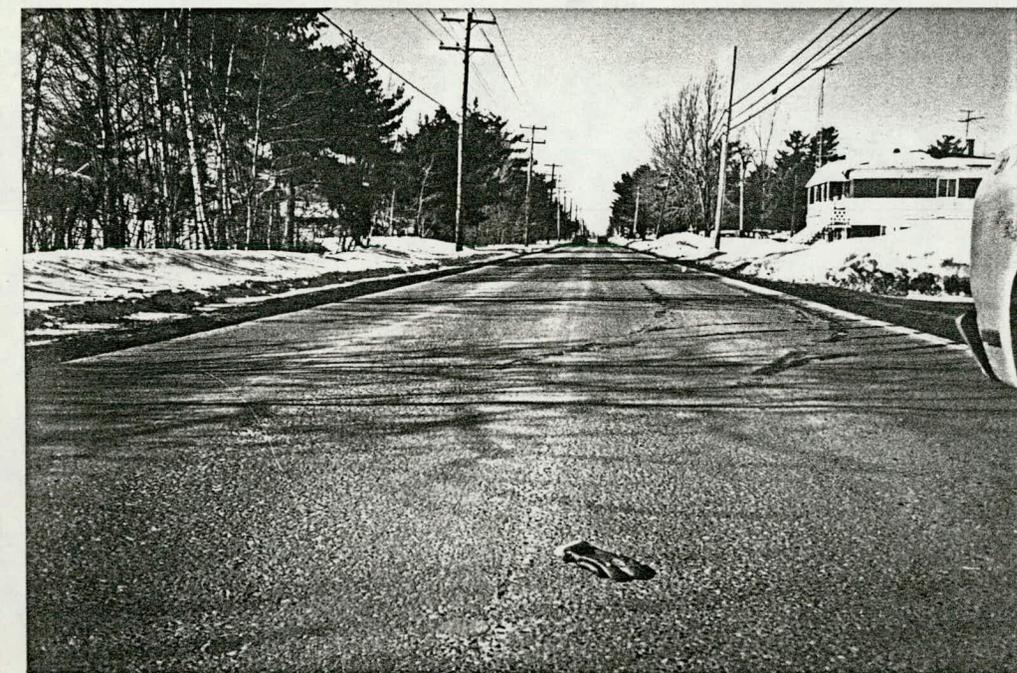
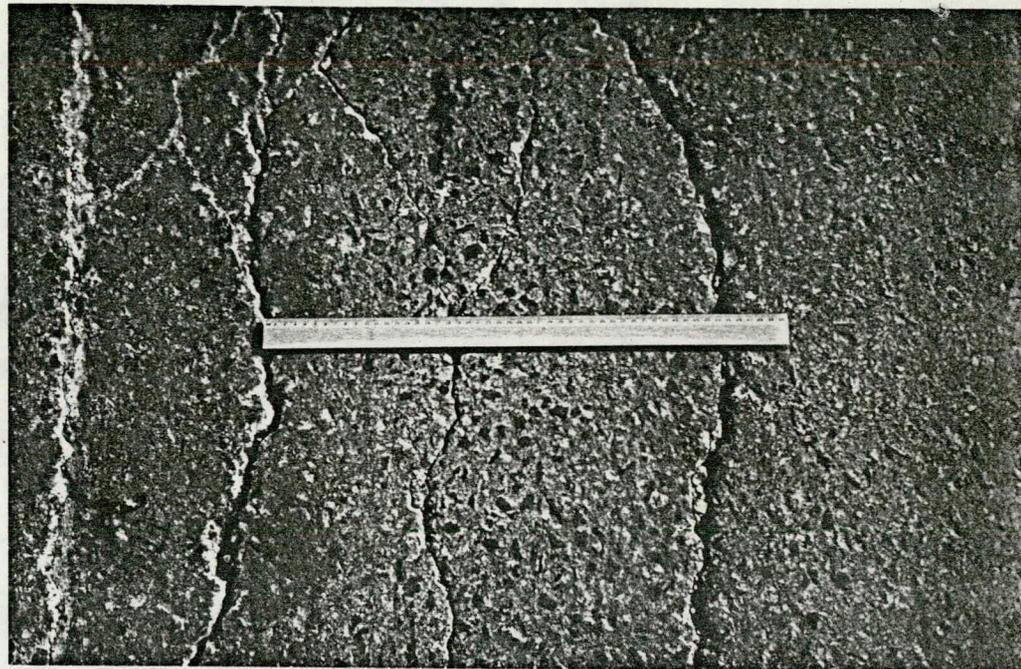
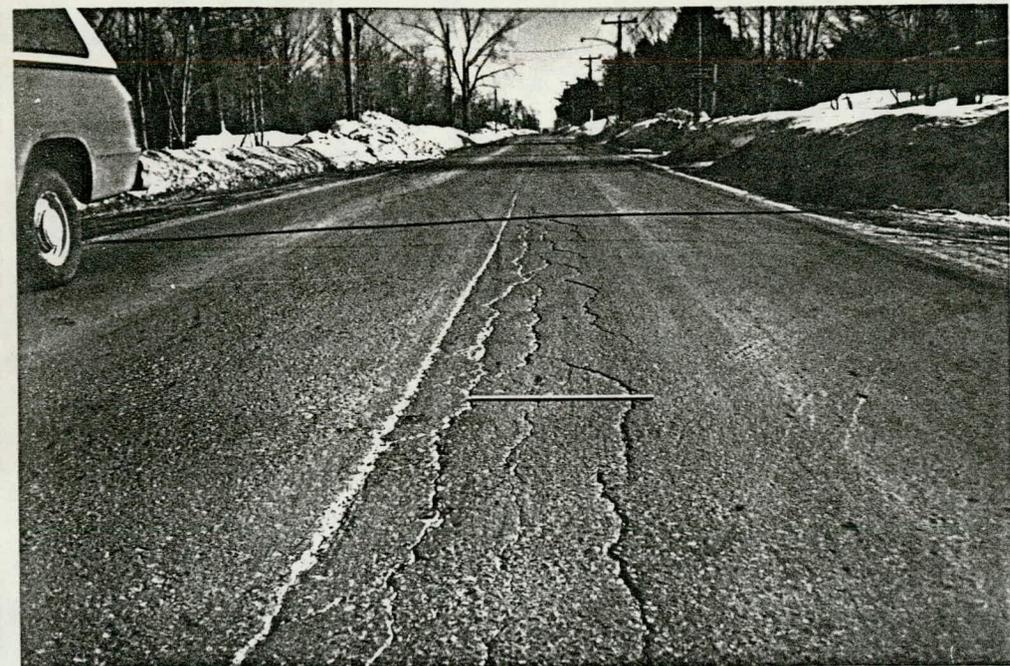
- | | | |
|---|-------|---|
| 7 | 0.040 | Dégradations très prononcées de part et d'autre du \square occasionnées par la faible capacité de support de la fondation supérieure composée de GBC. |
| 8 | | Idem photo no 7. Remarquer la dépression prononcée et position inhabituelle de la dégradation causée par la présence de GBC. |
| 9 | | Vue en gros plan des fissures typiques au GBC. |



10	11
12	

ROUTE 169
PARC DES LAURENTIDES (CÔTE RADAR)

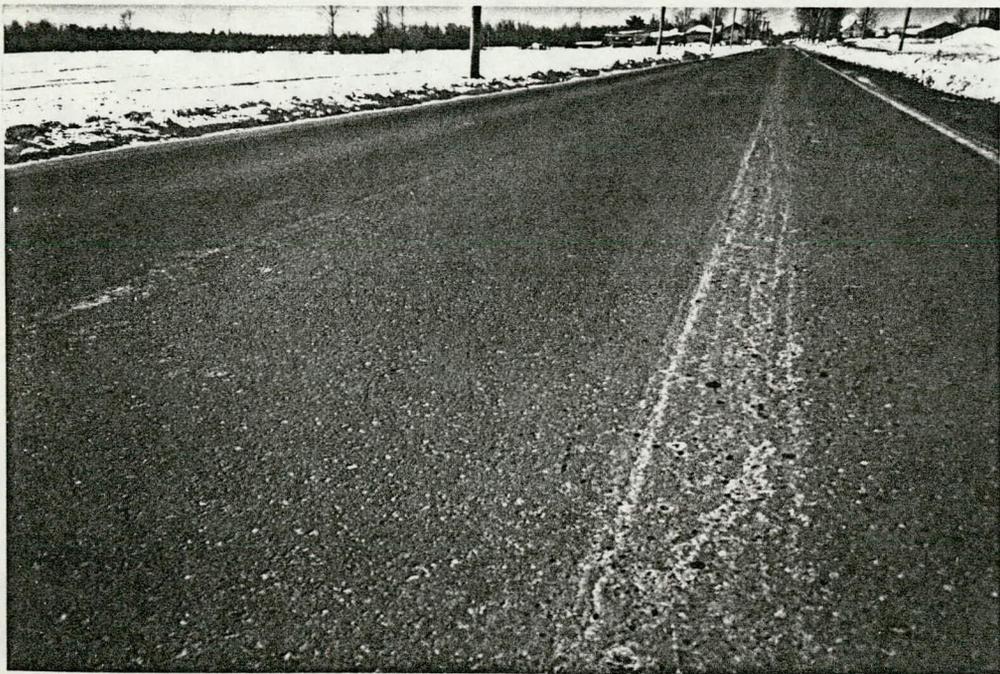
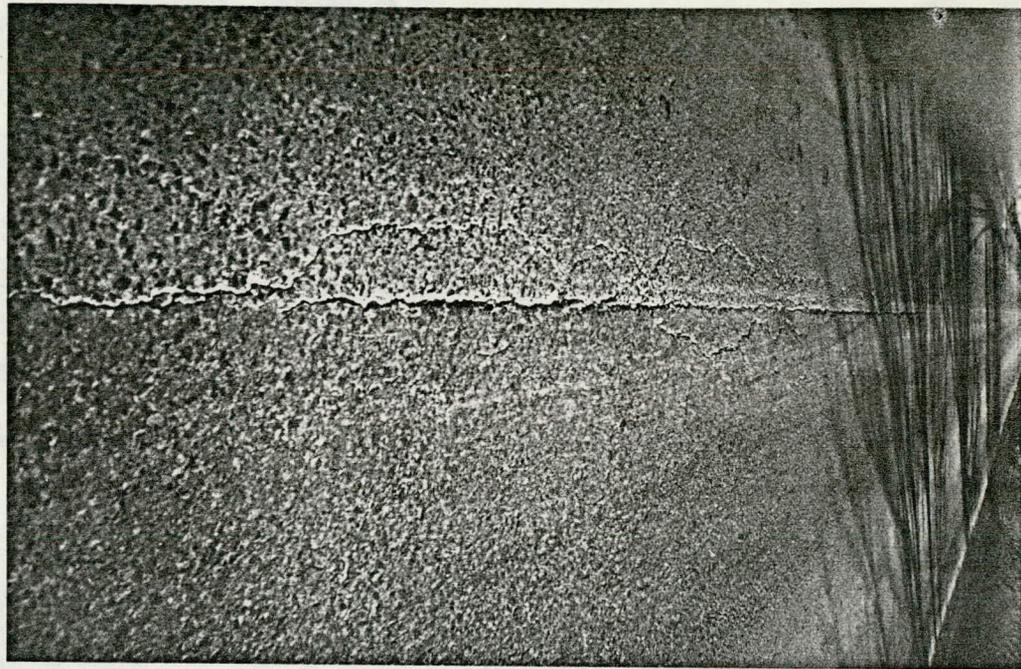
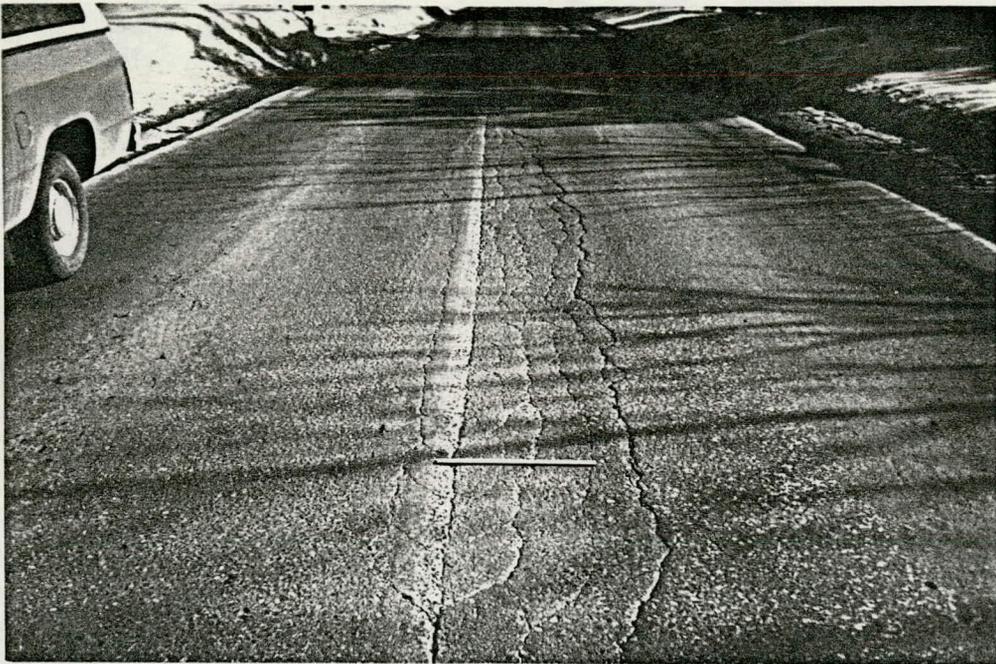
<u>Photo no</u>	<u>Description</u>
10	Aspect des fissures latérales provoquées par le tassement différentiel de la fondation supérieure.
11	Idem photo no 10. Noter l'intensité des dégradations causées par la faiblesse de la couche sous-jacente en GBC.
12	Idem photo no 11. Aspect général des dégradations.



13	14
15	

ROUTE 335
BOIS-DES-FILION

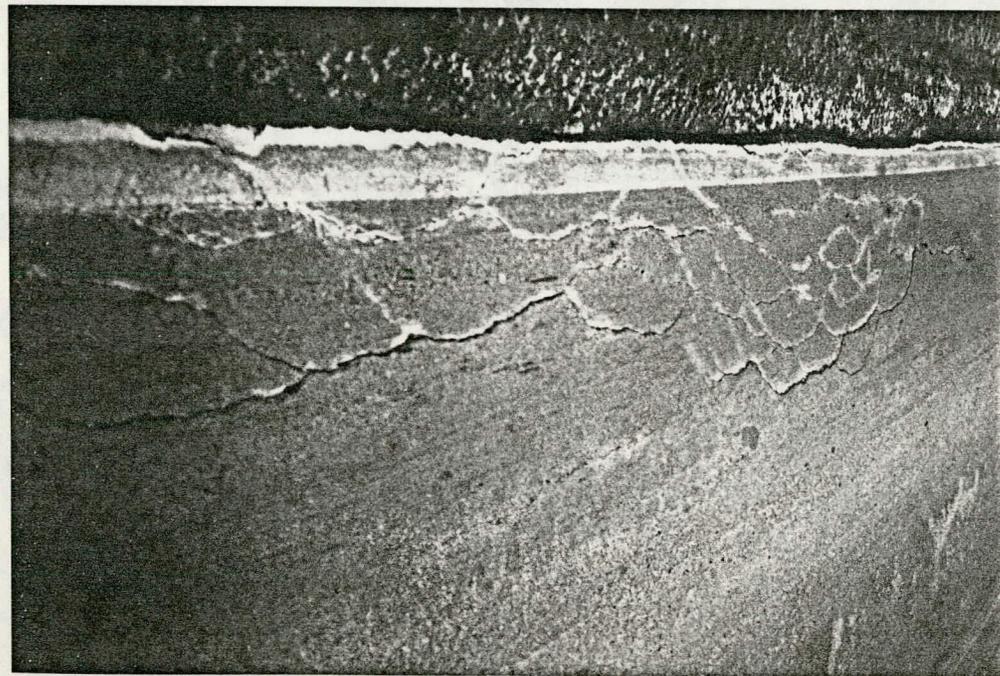
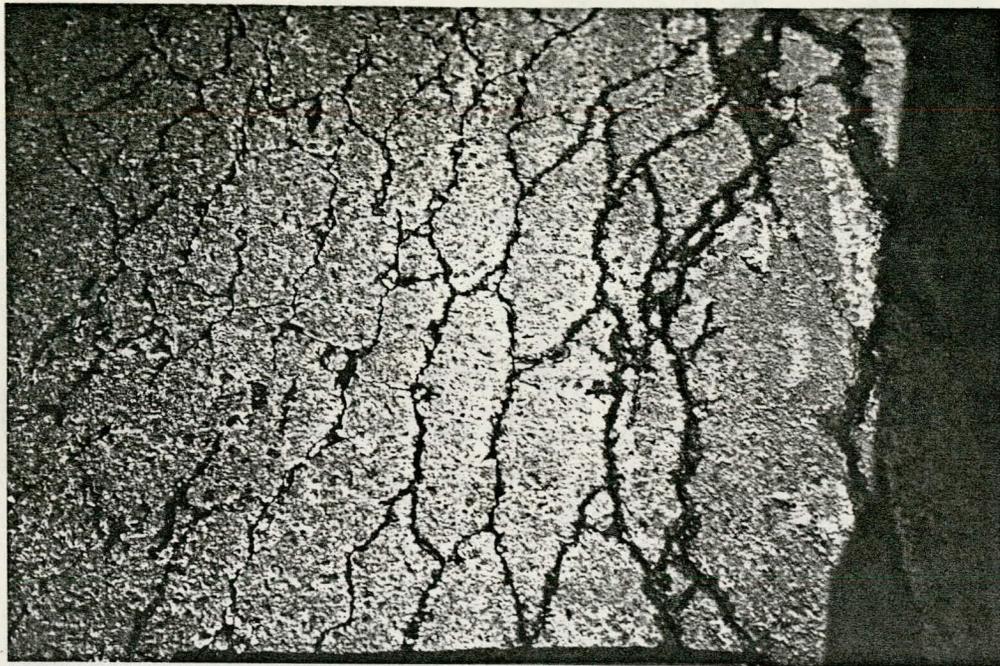
<u>Photo no</u>	<u>Km</u>	<u>Description</u>
13	1,230	Fissuration typique du GBC le long du joint. Remarquer le caractère isolé des fissures.
14	1,230	Photo no 13 en gros plan. Noter la canure nette du revêtement causée par la faiblesse du GBC sous-jacent.
15	1,750	Ornière plus ou moins visible dans le secteur ayant du GBC.



16	17
18	

ROUTE 335
BOIS-DES-FILION

<u>Photo no</u>	<u>Km</u>	<u>Description</u>
16	2,040	Dégradations typiques du GBC au voisinage du joint. Noter la dépression et aspect isolé du phénomène.
17	0.605	Début d'une dégradation le long d'un joint déposé.
18	?	Secteur témoin (Sans GBC). Noter le très bel aspect.



19	20
21	

ROUTE 370

STE-ADELE, STE-MARGUERITE

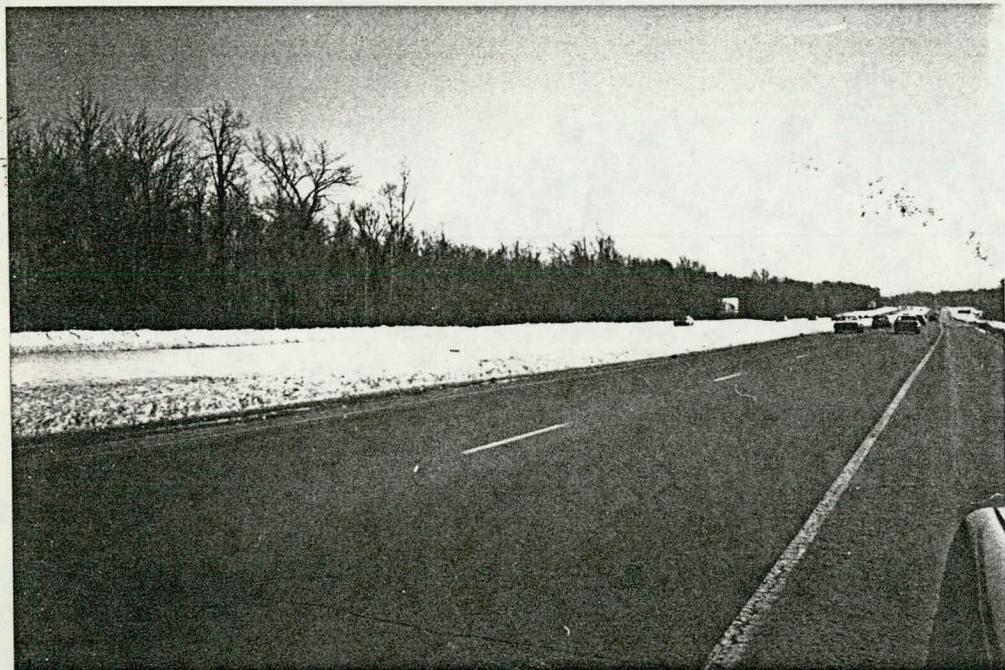
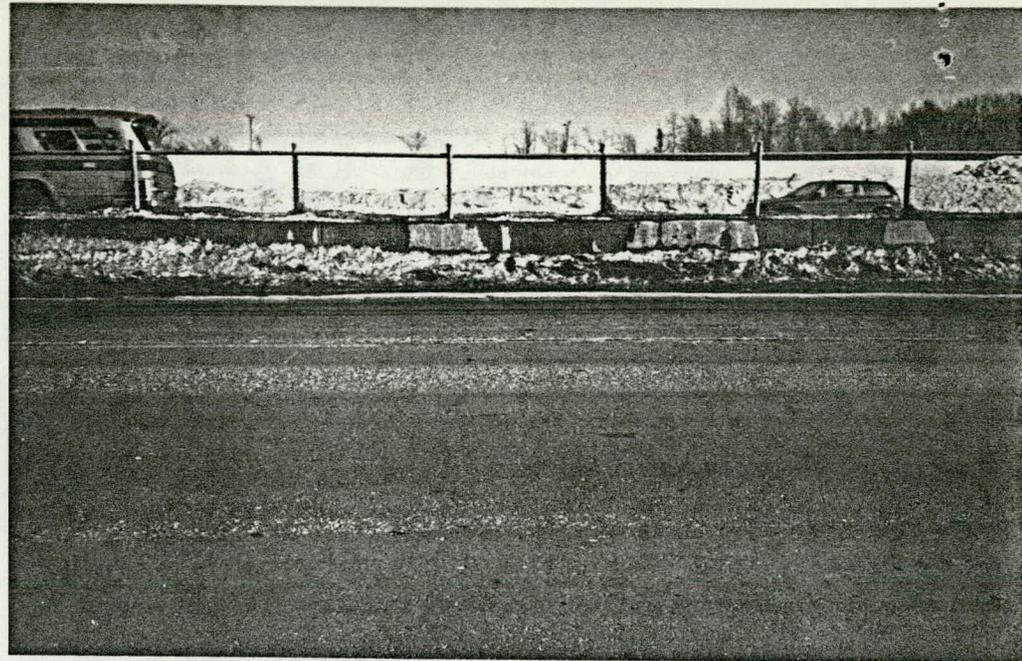
<u>Photo no</u>	<u>Km</u>	<u>Description</u>
19	?	Fissures polygonales (fatigue) provoquées par la faible capacité de support du GBC.
20	2,395	Rupture du revêtement (fissure latérale) causée par une fondation instable.
21		Fissures latérales typiques du GBC.



22	23
24	

ROUTE 370
 STE-ADELE, STE-MARGUERITE

<u>Photo no</u>	<u>Km</u>	<u>Description</u>
22	0,225	Fissures latérales typiques du GBC.
23	0,510	Stade prononcé des dégradations illustrées à la photo 22.
24	?	Idem photo no 22.



25	26
27	

AUTOROUTE 25

TERREBONNE

<u>Photo no</u>	<u>Km</u>	<u>Description</u>
25	0,720	Ondulations d'un revêtement épais (140 mm) posé sur du GBC. Noter l'accumulation d'eau et de neige dans les dépressions.
26	0,390	Une transversale de la photo no 25.
27	1,050	Secteur témoin (Sans GBC)

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 084 337