EVALUATION DU COMPORTEMENT DES CHAUSSEES SOUPLES CONSTRUITES SUR SOL COMPRESSIBLES AVEC DYNAFLECT

CANQ
TR
GE
SM
104

277465

Société de Gestion Routière SGR enr.
273 6e Avenue
Québec, Québec G1J 3J5
Tél. (418) 529-5576

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

EVALUATION DU COMPORTEMENT DES CHAUSSES SOUPLES CONSTRUITES SUR SOL COMPRESSIBLES AVEC DYNAFLECT

Pierre Desrochers, B. Tech.
Julie Parent, B. Sc.
Société de gestion routière SGR enr.

et

Aziz Amiri, Dr. ing.
Service des sols et chaussées, MTQ

Cette étude a été réalisée en collaboration avec le service des Sols et chaussée et la participation financière du Ministère des transports.

REÇU
CENTRE DE DOCUMENTATION
NOV 19 1992
TRANSPORTS QUÉBEC

Québec, décembre 1989

CANQ
TR
GE
SM
104

REMERCIEMENTS

Nous remercions particulièrement le Service des Sols et Chaussées qui a mis à notre disposition l'équipement et les ressources humaines nécessaires à l'élaboration de cette étude.

Nous remercions également M. Gérard Tessier, ingénieur au service de la planification et du développement de la recherche pour sa disponibilité tout au long de cette étude.

Il nous apparaît essentiel de souligner la collaboration de M. Aziz Amiri, ingénieur au service des sols et chaussées, qui par son expertise a soutenu et souvent orienté le cheminement de cette recherche. Nous soulignions également la collaboration de M. Jean-Pierre Leroux, ingénieur de ce même service, qui a proposé la nouvelle méthode de correction de température pour les cinq géophones de l'appareil Dynaflect, Finalement, nous aimerions remercier pour leur participation directe ou indirecte à cette recherche, certain autres membres de ce service, tel M. Gilles Laroches, tech. et plusieurs autres, qui ont recueillis plusieurs données sur les divers tronçons étudiés.

AVANT PROPOS

L'évaluation structurelle et le renforcement des chaussées sont certes les préoccupations majeures du chargé de projet. Un des moyens utilisé pour évaluer les déformations de la chaussée sous charge est l'étude par déflectométrie. L'utilisation d'une méthode permettant de connaître selon les déflexions enregistrées par l'appareil Dynaflect la capacité portante d'une chaussée ainsi que son rechargement donne pour les chaussées souples des résultats satisfaisants. Cependant, en ce qui concerne les chaussées souples construites sur sols compressibles le rechargement calculé semble beaucoup trop élevé en rapport à l'état de la chaussée.

Le présent rapport a pour but d'ajuster la méthode actuelle d'évaluation en proposant les paramètres de déflexion qui permettent de mieux cerner le comportement de ces chaussées. Ces paramètres, représentatifs des bassins de déflexion, sont mesurés par les cinq géophones de l'appareil Dynaflect. Cependant cette étude n'entend pas être définitive tant au niveau de l'exploitation des résultats fournis par l'appareil Dynaflect que la résolution de tous les problèmes des chaussées.

TABLE DES MATIERES

PAGE

REMERCIEMENT

AVANT-PROPOS

I- INTRODUCTION 1

II- SITE D'ESSAIS 3

2.1 Types de routes visés 3

2.2 Routes sélectionnées 4

2.3 Méthodblogie 4

III- EVALUATION DU COMPORTEMENT DES CHAUSSEES CONSTRUITES SUR DES SOLS COMPRESSIBLES 5

3.1 Méthode d'évaluation actuellement utilisée 5

3.2 Nouvelle hypothèse 6

a) Déflexion sous charge 6

b) Bassins de déflexion 8

IV- CORRECTION DE TEMPERATURE 16

V- AJUSTEMENT DE L'EQUATION DE PORTANCE 17

VI- VALIDITE DE LA NOUVELLE EQUATION 26

VII- CONCLUSION 31

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ..

Annexe A - Résultats des travaux sur le terrain

LISTE DES FIGURES

		PAGE
FIGURE 1	PRESENCE DE TOURBIERE AU CANADA (FREQUENCE DE RENCONTRE)	2
FIGURE 2	COMPORTEMENT DES CHAUSSEES CONSTRUITES SUR SOLS COMPRESSIBLES (BENKELMAN)	9
FIGURE 3	REPRESENTATION GRAPHIQUE DES PARAMETRES DE DEFLEXION (DYNAFLECT)	12
FIGURE 4	BASSINS DE DEFLEXION SELON LA RESISTANCE DE L'INFRASTRUCTURES	14
FIGURE 5	BASSINS DE DEFLEXION ADMISSIBLE SELON DTL	14
FIGURE 6	BASSINS DE DEFLEXION SELON LA RESISTANCE DES COUCHES SUPERIEURES	14
FIGURE 7	BASSINS DE DEFLEXION CARACTERISTIQUES REPRESENTATIFS DE TROIS SECTEURS AVANT ET APRES REFECTION- CHEMIN LABRECQUE	18
FIGURE 8	CRITERES D'IDENTIFICATION DU SOL DE SUPPORT ET D'EVALUATION DE LA PORTANCE DTL = 28, DTL = 500	25
FIGURE 9	EPAISSEUR DE DESIGN SELON DIFFERENTES METHODES UTILISEES, DTL=28	28
FIGURE 10	EPAISSEUR DE DESIGN SELON DIFFERENTES METHODES UTILISEES, DTL=500	28
FIGURE 11	EPAISSEUR DE DESIGN SELON LA CAPACITE DE L'INFRASTRUCTURE,DTL=28	30

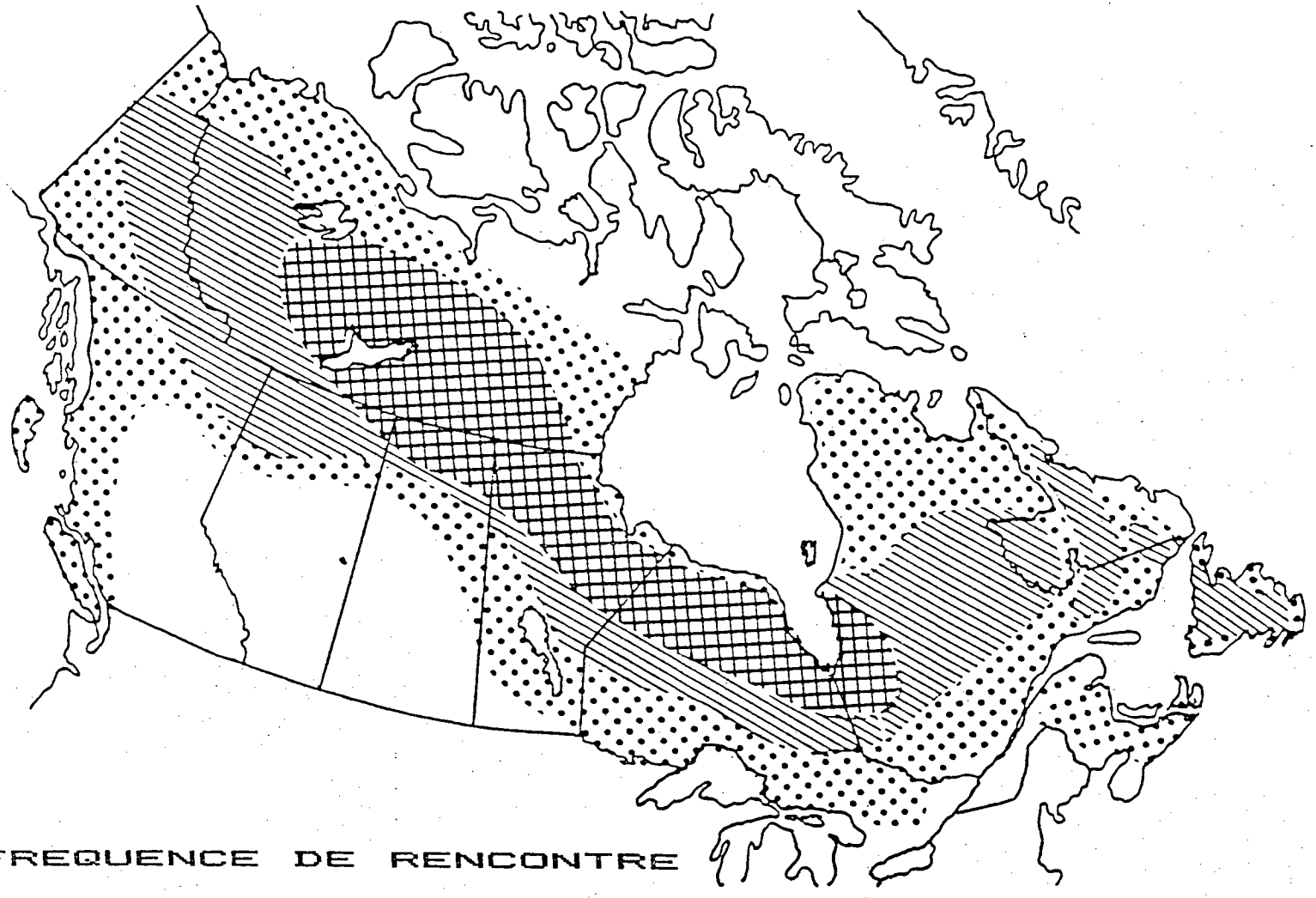
MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
2700, RUE DORCHESTER SUD 7e
QUÉBEC, (QUÉBEC)
G1K 5Z1

I- INTRODUCTION:

Une bonne partie du réseau routier secondaire et tertiaire du Québec est construit sur des sols compressibles (figure 1). De tels sols sont généralement des argiles molles (vases) ou des tourbes dont le squelette solide contient le plus souvent des matières organiques dont la proportion va de quelques pourcents pour les vases à 80% ou plus pour certaines tourbes. Ces matières organiques, constituées par des végétaux dont la décomposition est plus ou moins avancée, donnent au sol des propriétés particulières. Un sol compressible est un sol qui pose des problèmes de stabilité dû à sa faible résistance au cisaillement et des problèmes de tassement relativement important sous le poids des ouvrages usuels. Cette déformation excessive est la conséquence d'une quantité considérable d'eau (plusieurs fois le volume sec) que ces sols peuvent absorber au repos ou libérer sous la charge par consolidation.

Cette recherche a pour but d'étudier le comportement particulier des chaussées souples construites sur des sols compressibles et fait suite à certaines observations des ingénieurs routiers du Service des Sols et Chaussées du Ministère des Transports du Québec. Depuis quelques années, ce service utilise l'appareil Dynaflect pour l'évaluation structurelle des chaussées. Les déflexions enregistrées par cet appareil sont traitées selon une méthode semi-empirique laquelle évalue la capacité structurelle ainsi que

FIGURE 1 : PRESENCE DES TOURBIERES AUX CANADA



source: Muskeg and the northern environment in Canada (réf. 7)

le renforcement requis de la chaussée. En général cette méthode donne de bons résultats pour les chaussées souples. Cependant, les chargés de projet remarquèrent souvent que les chaussées souples construites sur des sols compressibles ne présentaient pas de déficiences ou de dégradations aussi importantes que celles évaluées avec les méthodes d'évaluation Dynaflect ou Benkelman qui dans ces cas présentaient des rechargements excessifs allant parfois même jusqu'à une épaisseur complète d'une chaussée. Suite à ces constatations, il fallait ajuster la méthode d'évaluation de manière à proposer une solution plus réaliste aux problèmes des chaussées souples construites sur sols compressibles. Ceci est l'objet de la présente étude.

II- SITE D'ESSAIS

2.1- Type de routes visées

Les résultats de cette recherche concernent principalement les anciennes routes n'ayant pas fait l'objet d'une étude géotechnique lors de leur construction et dont les interventions préconisées au niveau de celles-ci sont généralement une réfection ou une remise en état plutôt qu'une reconstruction. Ces chaussées sont des routes du réseau secondaire et tertiaire dont la structure est souvent de faible épaisseur et où l'on retrouve un sol compressible près de la surface.

2.2- Routes sélectionnées

Afin de répondre aux objectifs mentionnés en introduction, des données sur quatre tronçons types de chaussée ont été recueillies. Les routes 111, 116, 122 et le chemin Labrecque ont été sélectionnées. Ce dernier servira de site témoin puisqu'ayant fait l'objet d'une réfection à l'été 1987, il a l'avantage de présenter des résultats avant et après un rechargement. Les plans de localisation de ces quatre tronçons, leurs caractéristiques physiques ainsi que l'évaluation de leur comportement sont présentés en annexe A.

2.3- Méthodologie

Les données qui ont servi de base à cette étude proviennent de différents travaux effectués sur le terrain dans le but d'étudier les corrélations existant entre la déflexion mesurée et le rechargement calculé, l'épaisseur de la structure, l'épaisseur du sol compressible ainsi que la résistance au cisaillement. Ces données ont aussi servi à vérifier si la protance calculée réflète bien le comportement de la chaussée, à observer comment l'appareil Dynaflect perçoit la présence d'un sol compressible et à déterminer un rechargement adéquat pour des secteurs à forte déflexion en terrain compressible. La description des différents relevés effectués sur le terrain ainsi que leurs résultats sont également présentés en annexe A.

III- EVALUATION DU COMPORTEMENT DES CHAUSSEES CONSTRUITES SUR DES SOLS COMPRESSIBLES

3.1- Méthode d'évaluation actuellement utilisée

Pendant plusieurs années, la division des structures de chaussées a utilisé la poutre Benkelman pour l'évaluation des routes par déflectométrie. Cet appareil qui mesure une seule déflexion au point d'impact de la charge statique ne tient pas compte de l'envergure du bassin de déflexion ni de la distribution de la charge dans la chaussée. Depuis 1985, une méthode d'analyse des résultats de l'appareil Dynaflect fut développé afin de remédier à ces lacunes.

Lors de la calibration de l'appareil Dynaflect, une méthode d'évaluation d'origine Norvégienne a été adaptée afin de répondre aux critères de déflexion admissible au Québec (ref 1 et 2). Ces critères reposent sur ceux établis d'après les relevés de la poutre Benkelman. Après modifications, les rechargements calculés avec les méthodes Benkelman et Dynaflect donnèrent sur les routes étudiées sensiblement les mêmes résultats. Cependant pour les sols compressibles, la divergence est loin d'être négligeable. En effet, Benkelman évalue un rechargement beaucoup plus élevé que Dynaflect qui lui semble déjà trop élevé par rapport à la dégradation observée sur la chaussée.

La méthode Dynaflect utilise présentement les deux premiers géophones de l'appareil comme base d'analyse du comportement des chaussées. En effet à partir des déflexions enregistrées à ces deux géophones et de la densité de trafic lourd, il est possible de calculer la capacité portante de la chaussée. Pour que celle-ci ait un bon comportement , sa capacité doit être supérieure ou égale à 11 tonnes (charge axiale permise en été) pour toutes classes de route et densité de trafic lourd. Quant au rechargement, il est fonction de la capacité supplémentaire requise pour atteindre 11 tonnes et de la densité de trafic lourd.

3.2- Nouvelle hypothèse

L'utilisation des deux premiers géophones (d_1 et d_2) a limité jusqu'à un certain point les possibilités offertes par Dynaflect. Ce faisant, l'évaluation de la capacité des couches inférieures et de l'infrastructure ainsi que l'interaction existant entre chaque couche ont été en partie négligés. La prise en compte de ces facteurs et bien d'autres permettra de résoudre en grande partie la problématique soulevée et peut-être d'autres (contribution structurale de chaque couche sur la portance globale de la chaussée, optimisation des structures, etc.)

a) Déflexion sous charge

Une route n'ayant pas une capacité de support suffisante subira à plus ou

moins brève échéance une fissuration du pavage par fatigue (rupture). En effet,sa surface ployant sous le passage des véhicules lourds entraînera un fluage soit au niveau de l'infrastructure ou de n'importe quelle couche de la chaussée. Que ce soit pour un sol organique ou un sol minéral de nature compressible ou non, la contrainte subie à un niveau donné doit être inférieure à la contrainte admissible afin d'éviter toutes fissurations et autres dommages à la chaussée.

On distingue deux types de sol organique, soit le sol organique amorphe et le sol organique fibreux. Dû à l'enchevêtrement de ses fibres qui donne ausol une grande résistance au cisaillement, les sols organiques fibreux ont une bonne capacité à distribuer la charge appliquée sur une grande surface créant ainsi des bassins de grande envergure (étalée) et ce bien qu'une forte déflexion soit mesurée. Les chaussées construites sur ce type de sol présente un bon comportement et une remise en état de ces chaussées est envisageable. Quant au sol organique amorphe, la cohésion très faible entre les particules entraîne une faible résistance au scisaillement ainsi que de fortes déflexions . La faible capacité du sol organique amorphe à distribuer la charge appliquée engendre un effort excessif au niveau des couches supérieures créant ainsi un bassin en poinçonnement pouvant produire des fissurations et autres dommages au niveau de ces couches. Pour ce qui est des argiles molles, la cohésion entre les particules étant très faible, leur comportement est similaire à celui des sols organiques amorphes. Les chaussées construites sur ces types de sol (sol organique amorphe et argile sensible) ne présentent pas un bon comportement et nécessite une intervention profonde et majeur afin de corriger le problème. Les propriétés

de ces sols et leur classification sont présentés dans "Muskeg Engineering Handbook" (ref. 3, p.35-38).

Selon "Muskeg Engineering Handbook" (ref. 3, fig. 2), il est permis de tolérer une plus grande déflexion pour les chaussées souples construites sur des sols compressibles comparativement à celles construites sur des sols minérals. Cependant malgré l'acceptation de fortes déflexions en présence de sols compressibles, il est important de limiter la contrainte au niveau des couches supérieures. En effet, les contraintes engendrées au point d'inflexion de la courbure sous charge sont celles qui fatiguent le pavage et provoquent la fissuration. Donc une chaussée construite sur un sol compressible peut accepter une plus grande déformation mais cependant pas au détriment des couches supérieures (fondation supérieure et revêtement).

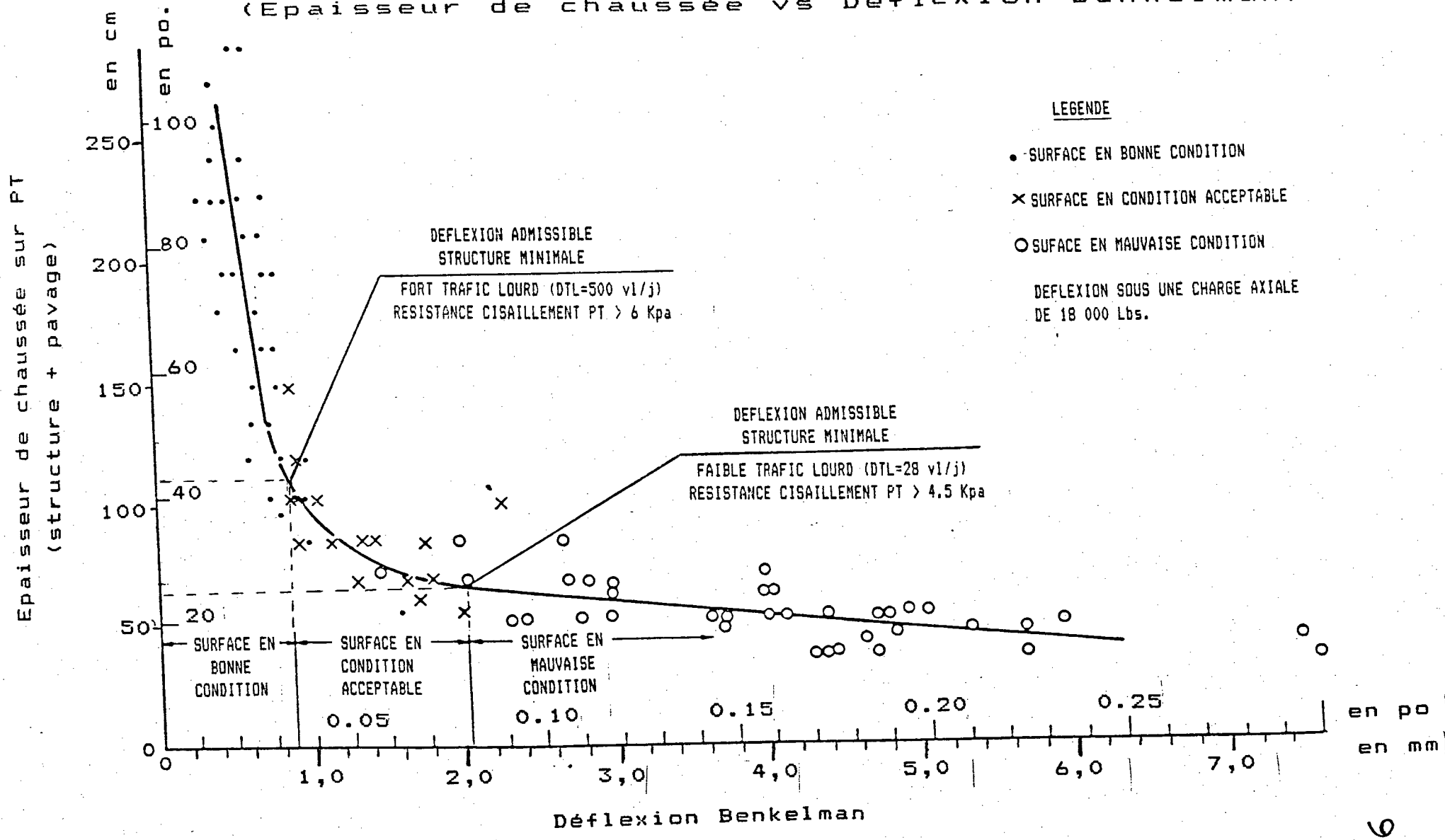
b) Bassins de déflexion

Un des moyens utilisé pour évaluer l'envergure des déformations de la chaussée sous la charge est l'étude des bassins de déflexion (Dynaflect, Falling Weight). En effet, à partir des déflexions enregistrées au niveau des cinq géophones de l'appareil Dynaflect, des bassins de déflexion peuvent être dessinés. Une multitude de formes de bassin peuvent être rencontrées. Cette variation est due en grande partie à l'épaisseur, au type et à la résistance relative de la ou des premières couches de l'infrastructure, à une structure (superstructure et revêtement) inadéquate, au condition de drainage, à une

SGR
MTQ

FIGURE 2 : COMPORTEMENT DES CHAUSSEES CONSTRUITES SUR TOURBIERES

(Epaisseur de chaussée vs Déflexion benkelman)



source: Muskeg engineering handbook (réf. 4)

viabilité dépassée ou à une hétérogénéité de l'infrastructure.

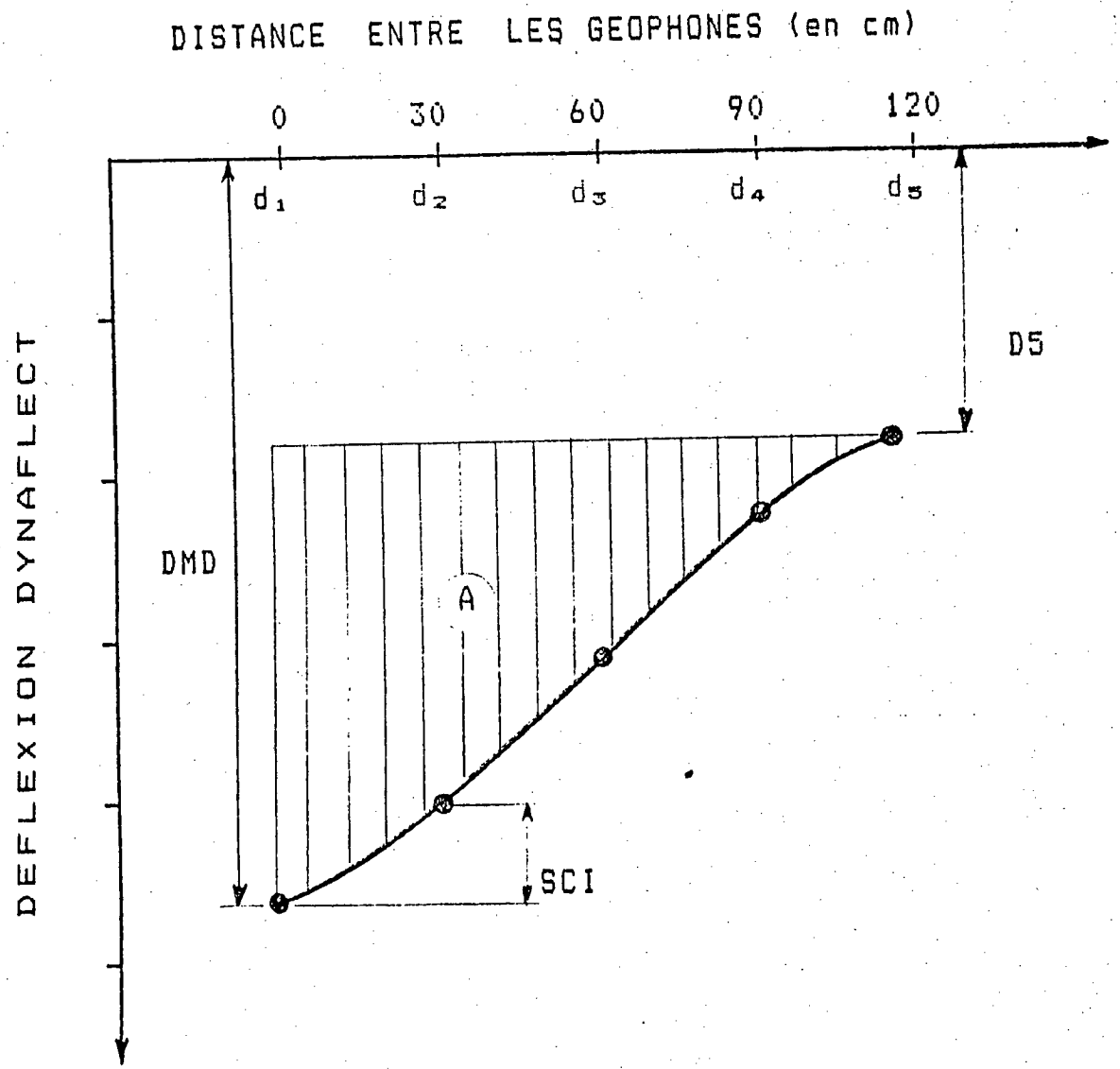
Pour ce qui est des chaussées souples construites sur sol compressible, cette variation est dueprincipalement à la profondeur et l'épaisseur de la tourbière, à son type (amorphe ou fibreux) ainsi qu'à ses propriétés géotechniques (teneur en eau, compressibilité, résistance au cisaillement). Dans le cas d'une tourbière de faible épaisseur, la consistance et la sensiblité du sol minéral contribuent également à cette variation.

Afin de bien étudier ces bassins de déflexion, reflet du comportement (contrainte déformation) de la chaussée, différents paramètres obtenus à partir des déflexions enregistrées au niveau des cinq géophones sont pris en considération. Ces paramètres, illustrés sur la figure 3, sont définis comme suit:

DESCRIPTION DES PARAMETRES DE DEFLEXION :

PARAMETRE	DESCRIPTION	UNITEE
d_i	Déflexion enregistrée au ieme géophone	10^{-3}mm
DMD	$= d_1$ Déflexion maximale Dynaflect. Bon indicateur de la capacité relative de la chaussée.	10^{-3} mm
SCI	$= d_1 - d_2$ Indice de courbure des couches supérieures de la chaussée. Bon indicateur de la capacité relative des couches supérieures. Une valeur faible indique une bonne capacité.	10^{-3} mm
D5	Déflexion enregistrée au 5e géophone. Bon indicateur de la capacité des couches inférieures et/ou de l'infrastructure.	10^{-3} mm
A	$=[152.5 (d_1 + 2d_2 + 2d_3 + 2d_4 + d_5) - 1220 \times d_5]$ Aire du bassin de déflexion: section transversale comprise entre les géophones 1 et 5 dont la limite supérieure est d5. Permet d'identifier certains comportements particuliers tel les chaussées faibles travaillant en poinçonnement (valeur élevée de A) ou contrairement, celles présentant des bassins étalés (valeur faible de A).	mm^2
CP	$= 54.57 (DTL)^{-0.072} [(0.25\ DMD\ SCI)^{0.5}]^{-0.6}$ Equation actuellement utilisée ou CP est la portance de la chaussée et DTL est le nombre de passage d'essieux équivalent à 8.16 tonnes, par jour, par direction (min. 28 v/j). CP exprime la charge axiale pouvant être supportée par la chaussée durant sa vie. La différence entre cette charge axiale et celle permise permet de déterminer le rechargement	TONNE

FIGURE 3 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DES PARAMETRES DE DEFLEXION



Les figures 4, 5 et 6 mettent en évidence l'allure type des bassins de déflexion pour différentes capacité d'infrastructures (figure 4), densité de trafic lourd (figure 5) et résistance des couches supérieures (figure 6).

La figure 4 montre pour un DTL constant six bassins types de déflexion. La position de ces bassins selon D5 sur l'échelle de déflexion dépend de la résistance de leur infrastructure. Ainsi les bassins 1 et 2 montre une infrastructure non compressible, les bassins 5 et 6 une infrastructure compressible et les bassins 3 et 4 une infrastructure constituée d'une faible couche de sol compressible reposant sur un sol minéral plus raide. Indépendamment de l'envergure de leur déflexion, les bassins 1 et 5 sont étalés et les bassins 2 et 6 sont en poinçonnement. Les bassins 3 et 4 souvent rencontrés sur les vieilles routes (routes visées) présentent quant à eux des bassins de type particulier. En effet le bassin 3 a une forme mi-étalé tandis que le bassin 4 est fortement poinçonné. La figure 4 met en évidence l'importance du paramètre A pour évaluer la capacité de la chaussée à répartir la charge et du paramètre D5 pour discerner les comportements particuliers attribuables à la résistance de l'infrastructure.

Indépendamment de la résistance de l'infrastructure, la figure 5 montre pour une route possédant un bon comportement les bassins de déflexion pour un DTL fort (bassin 1) et faible (bassin 2). Cette figure met en évidence la déflexion admissible selon la densité du trafic lourd.

FIG.4: Bassins de déflexion selon la résistance de l'infra. et le comportement de la chaussée.

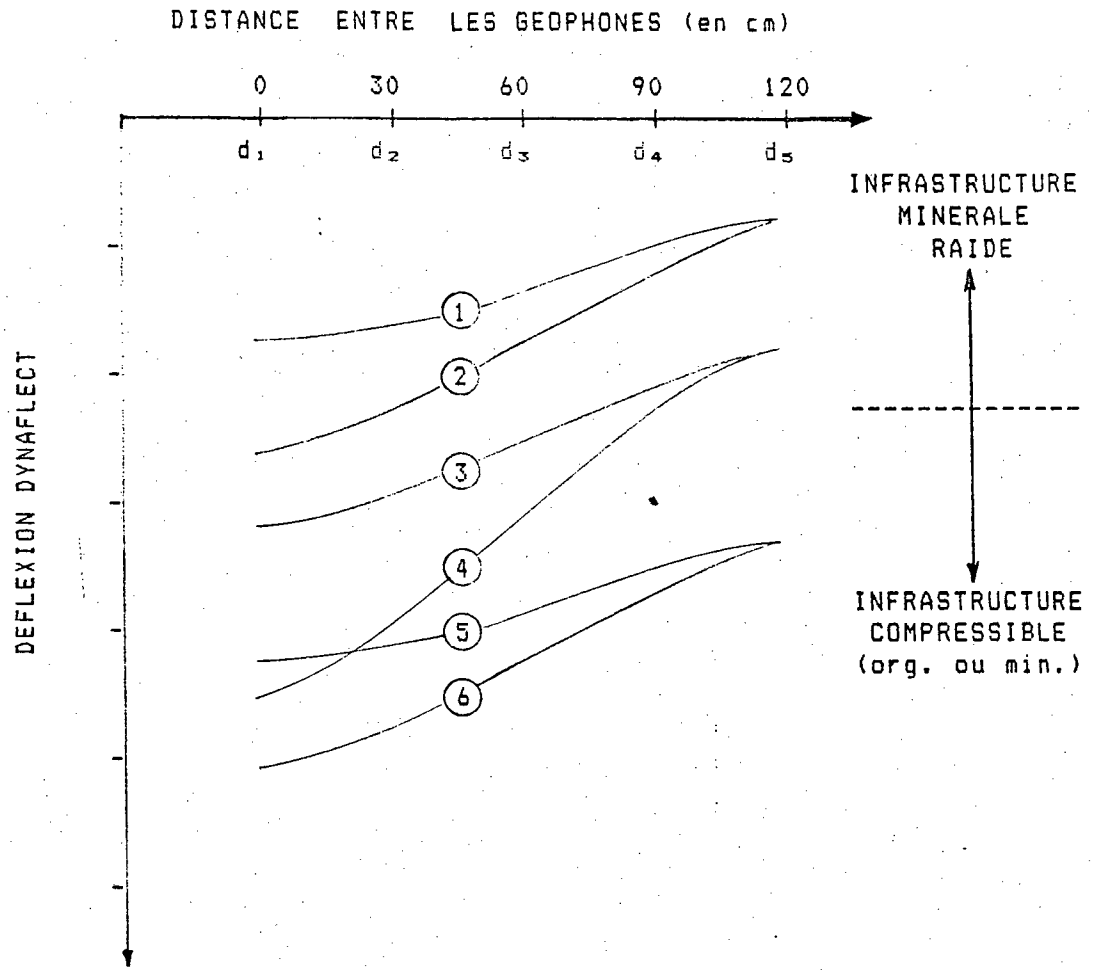


FIG.5: Bassins de déflexion admissibles selon la densité de trafic lourd.

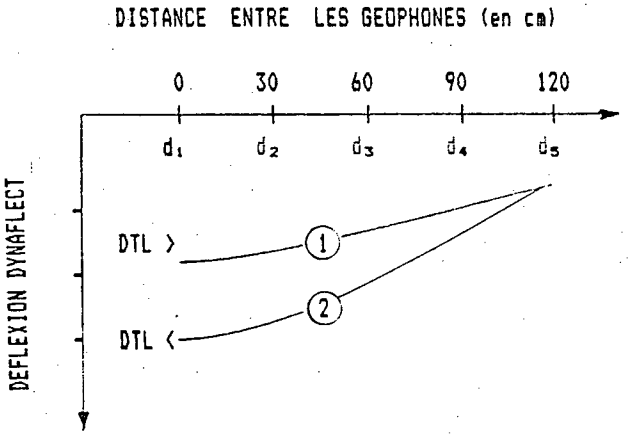
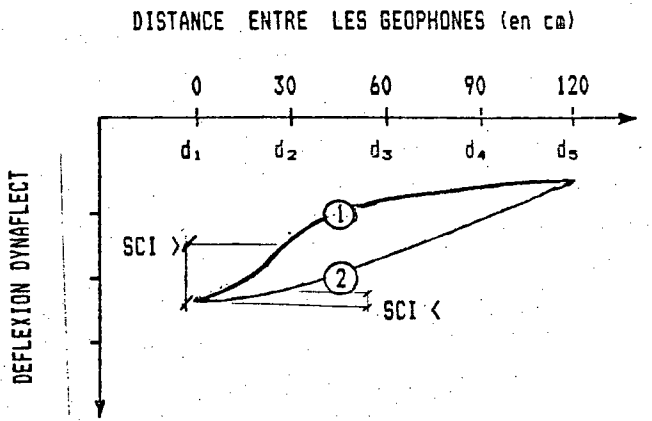


FIG.6: Bassins de déflexion selon la résistance des couches supérieures.



La figure 6 quant à elle montre pour un DTL constant et une même infrastructure, la variation de la résistance des couches supérieures. Plus le SCI sera grand, plus le bassin sera en poinçonnement (bassin 1) et la résistance des couches supérieures faible. Dans ces conditions l'aire du bassin 1 sera inférieure à celle du bassin 2 ce qui va à l'encontre de ce qui a été énoncé précédemment (figure 4), soit qu'une aire plus petite assurait un meilleur comportement. Ceci met en évidence l'importance du paramètre SCI pour l'évaluation du comportement de la chaussée.

D'après ces différentes hypothèses les paramètres A, SCI et d5 sont retenus comme étant ceux qui permettent de mieux discerner à quel niveau se situe la faiblesse et de quantifier (en terme de déflexion) la capacité d'une couche à un niveau donné en tenant compte de la contrainte transmise à ce niveau et de l'interaction existant entre l'ensemble des couches, ceci sans connaître nécessairement la nature des couches ni l'épaisseur de chacune d'elle.

L'interaction existant entre ces paramètres permet d'ajuster l'équation de portance de la méthode d'évaluation Norvégienne initiallement établie sur les données des deux premiers géophones.

IV- CORRECTION DE TEMPERATURE

La température affectant le module d'élasticité du pavage, une corection des cinq déflexions mesurées s'avère nécessaire afin de ramener celles-ci sur une base comparable. Ces corrections sont déterminées en tenant compte de l'atténuation de l'onde dans la chaussée (ref. 4). L'équation pour la mesure de propagation des ondes (ref.4) et l'utilisation de la valeur de DMD corrigées (facteur de correction ref.2) permettent de corriger les quatre autres déflexions (d_2, d_3, d_4, d_5) mesurés par Dynaflect.

1- Soit l'équation pour la mesure de propagation des ondes avant correction :

(équation 1): $$K_i = \frac{Ln\ (d_{i\ +\ 1})}{Ln\ (d_{\ i})}$$

où K_i est le coefficient d'atténuation de l'onde avant la correction de température.

d_i est la déflexion non corrigé au géophone i.

2- Soit l'équation de corection de température pour DMD (d_1):

(équation 2): $$d_{ic} = d_i \times Fc$$

ou d_{ic} est la déflexion d_i corrigé, exprimé en 10-3mm.

Fc est le facteur de corection défini comme suit (équation 3).

(équation 3):

Pavage de moins de 6 po	Pavage de plus de 6 po
$Fc = \frac{[-0.0057\ T\ ] + 1.455}{1.056}$	$Fc = \frac{[-0.7148\ \ln(T)] + 5.021}{1.134}$

où T est la température en farenheit.

3- Soit l'équation de la valeur corrigé du géophone i+1 :

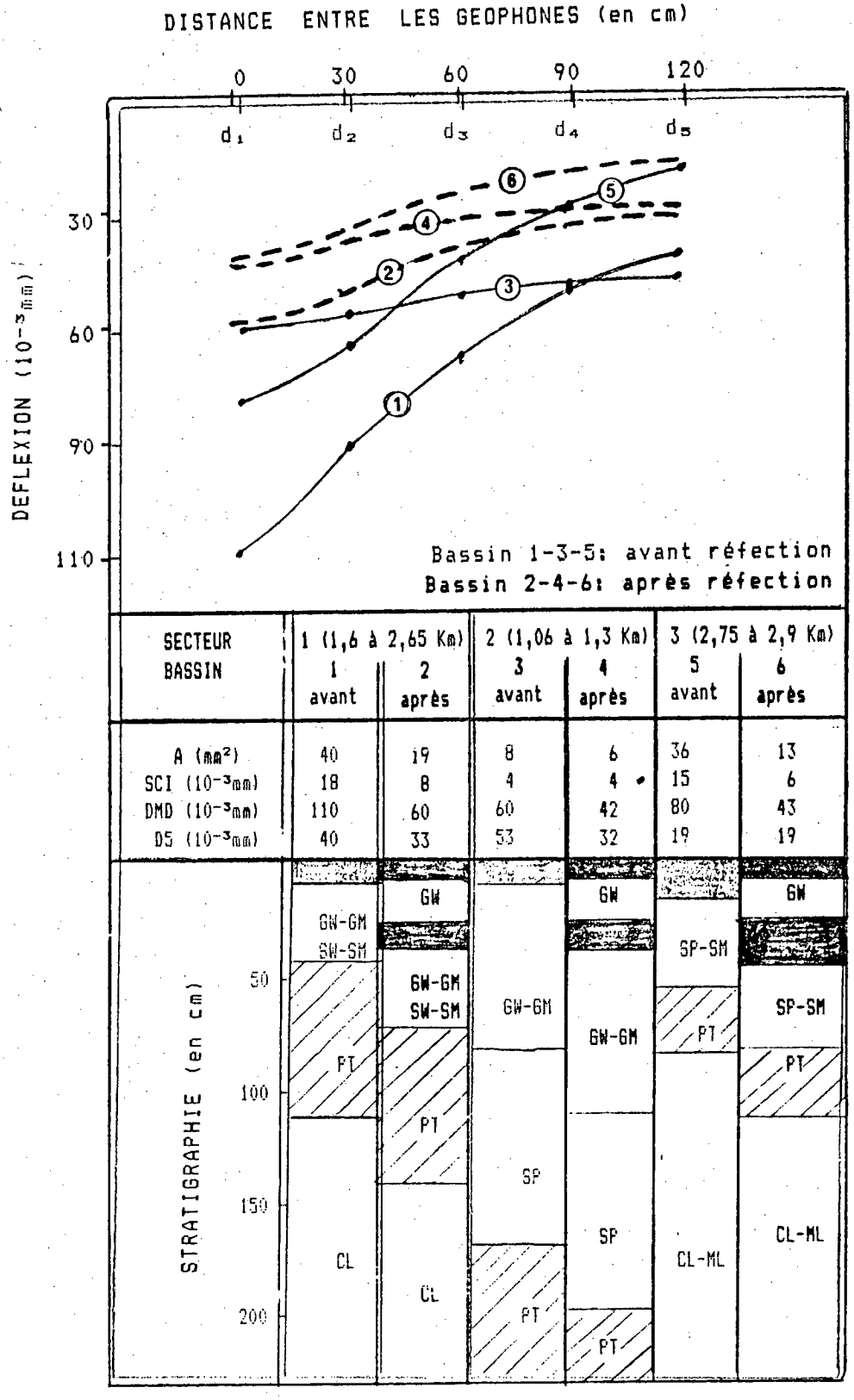
(équation 4) $$d_{(i+1)c} = e^{Ki\ Ln\ (di/c)}$$

A l'aide des équations 2 et 3 les valeurs de d_i corrigés sont calculées. Puis les valeurs corrigées des géophones 2 à 5 sont calculés à l'aide de équation 4 selon le coefficient de propagation de l'onde entre chaque géophone établie avec l'équation 1.

V- AJUSTEMENT DE L'EQUATION DE PORTANCE

Comme il a été mentionné précédemment, le chemin Labrecque présente une planche d'essai et un site témoin intéressant tant au point de vue de son profil stratigraphique très variable qu'au niveau de la variation de son comportement avant et après réfection. De plus l'étude sur un même tronçon permet d'éliminer la variation de certains paramètres tels que les conditions environnementales (température, pluviométrie, etc.), la densité du trafic lourd, etc.. Ainsi l'étude de la variation de la forme des bassins de déflexion sur le chemin Labrecque constitue un point de référence intéressant pour l'ajustement empirique de l'équation de portance pour les sols compressibles. Ainsi sur l'ensemble de ce tronçon soumis à un faible trafic lourd (DTL=28), trois secteurs types ont été sélectionnés. Ces secteurs contrairement au reste du tronçon ne présentent aucune fissuration deux ans après leur remise en état. La figure 7 montre,avant et après

FIG.7: Bassins de déflexion caractéristiques représentatifs de 3 secteur avant et après réfection (C.Labrecques)



réfection, l'allure des bassins de déflexion caractéristique de ces trois secteurs, la variation des paramètres de déflexion Dynaflect, la déflexion Benkelman (avant réfection) et la stratigraphie relevée.

La figure 2 tiré du "Muskeg Engineering Handbook" (réf. 2) montre la relation existant entre la déflexion benkelman (d_b) et l'épaisseur d'une chaussée souple construite sur sol compressible. Elle indique pour une route à faible trafic lourd, une déflexion maximale admissible de 2,03 mm et une épaisseur de chaussée correspondante de 80 cm. Pour les routes à fort trafic lourd, la déflexion maximale admissible est de 0,90 mm et l'épaisseur de chaussée correspondante de 120 cm. Pour une route à faible trafic lourd, le DTL est considéré égale à 28 et pour une route à fort trafic lourd, égale à 500 (ref. 2). Il est à noter que selon le C.C.D.G. du M.T.Q., une épaisseur de 90 cm est recommandée pour les chaussées construites sur sols compressibles. Ceci concorde bien avec les recommandations de "Muskeg Engineering Handbook".

DTL=28 , d_b = 2.03 mm , Ep.s. = 80 cm

DTL=500 , d_b = 0.90 mm , Ep.s. = 120 cm

Le premier secteur étudié (1.6 km à 2.65 km) représenté par les bassins 1 (après réfection) et 2 (avant réfection) de la figure 7 correspond aux bassin 5 et bassin 6 de la figure 4.

Ce secteur déformé mais peu fissuré du chemin Labrecque a donné avant réfection les résultats suivants:

Pour une épaisseur de structure de 50 cm (superstructure et revêtement);

- selon Dynaflect

  DMD = 0.11 mm, D5 = 0.04 mm, SCI = 0.018 mm et A = 40 mm^2

- selon Benkelman

  d_b = 3.86 mm

Selon la figure 2, pour une déflexion de 3,86 mm, l'épaisseur de chaussée correspondan
e est de 56 cm ce qui est très près de l'épaisseur de la structure de ce secteur avant réfectio
n.

Après réfection, les résultats pour ce secteur sont:

Pour une épaisseur de structure de 80 cm (renf.=22.5cm grav.+6.5 cm b.b);

- selon Dynaflect

  DMD = 0.06 mm, D5 = 0.033 mm, SCI = 0.008 mm et A = 19 mm^2

Selon la figure 2, pour une densité de trafic lourd faible, l'épaisseur de structure minimale requise est de 80 cm. Puisque l'épaisseur du secteur étudié est également de 80 cm, il est permis de dire que la dimension de la chaussée pour ce secteur est adéquate. Donc les paramètres de déflexion SCI et A de ce secteur peuvent être considérés comme des critères d'évaluation pour d'autres chaussées de même densité de trafic lourd. Par ailleurs selon Majidzadeh et Kumar (ref. 5), la valeur maximale acceptable de l'indice de courbure (SCI) pour un faible trafic lourd est de 0.009 mm. Ce critère (SCI = 0.009 mm) est donc retenu comme valeur admissible pour l'indice de courbure.

Le deuxième secteur étudié (1.06 km à 1.3 km) est représenté par les bassin 3 (après réfection) et 4 (avant réfection) de la figure 7. Ce secteur peu déformé et peu fissuré du chemin Labrecque a donné avant réfection les résultats suivants:

Pour une épaisseur de structure de 180 cm (superstructure et revêtement);

- selon Dynaflect

  DMD = 0.06 mm, D5 = 0.053 mm, SCI = 0.004 mm et A = 8 mm^2

- selon Benkelman

  d_b = 0.80 mm

Selon la figure 2, une épaisseur de structure de 180 cm et une déflexion de 0.80 mm font que ce secteur peut supporter une densité de trafic lourd beaucoup plus élevée (DTL = 500).

Après réfection, les paramètres mesurés sont:

Pour une épaisseur de structure de 210 cm (renf.=22.5cm grav.+6.5cm b.b);

- selon Dynaflect

  DMD = 0.042 mm, D5 = 0.032 mm, SCI = 0.004 mm et A = 6 mm^2

Puisque l'épaisseur de structure de ce secteur est supérieure à l'épaisseur minimale requise pour une densité de trafic lourd élevé (figure 2), il est permis de dire que la dimension de la chaussée pour ce secteur est adéquate pour supporter un DTL de 500 vl.. Donc les paramètres de déflexion, SCI et A,

de ce secteur peuvent être considérés comme des critères d'évaluation pour des chaussées dont le trafic est équivalent à 500. Cependant selon Majidzadeh et Kumar (ref. 5), la valeur maximale acceptable de l'indice de courbure pour un trafic lourd est de 0.006 mm. Ce critère (SCI = 0.006 mm) est donc retenu comme valeur maximale admissible pour l'indice de courbure. Soulignons la similitude des bassins 1 et 3 des secteurs 1 et 2 avec ceux de la figure 5 de la nouvelle hypothèse (voir alinéa 3.2).

Le troisième secteur étudié (2.75 km à 2.9 km) est représenté par les bassins 5 (après réfection) et 6 (avant réfection) de la figure 7.

Ce secteur assez déformé mais peu fissuré a donné avant réfection les résultats suivants:

Pour une épaisseur de structure de 50 cm (superstructure et revêtement);

- selon Dynaflect

  DMD = 0.080 mm, D5 = 0.019 mm, SCI = 0.015 mm et A = 36 mm²

- selon Benkelman

  d_b = 1.50 mm

Les paramètres après réfection sont:

Pour une épaisseur de structure de 80 cm (renf.=22.5cm grav.+6.5cm b.b);

- selon Dynaflect

  DMD = 0.043 mm, D5 = 0.019 mm, SCI = 0.006 mm et A = 13 mm²

D'après la nouvelle hypothèse, les bassins 3 et 4 (figure 4) représentent les cas particuliers où l'infrastructure se trouve être une faible couche de

sol compressible reposant sur un sol minéral raide (CL-ML). Selon la figure 7, les bassins 5 et 6 présentent une allure similaire aux bassins 3 et 4 de la figure 4. Cependant, si l'on compare les valeurs de A et SCI (avant et après réfection) du secteur 3 avec celle du secteur 1 étudié précédemment, on constate que ces paramètres ont subi après réfection la même atténuation. Donc il est permis de supposer que les citères d'évaluation fixés pour les bassins 1 et 2 soient les mêmes pour les bassins 5 et 6.

Tel que définie, l'équation Norvégienne implique la relation suivante entre DTL, la déflexion Benkelman et les paramètres SCI et DMD de Dynaflect:

$$CP = 64\ (DTL)^{-0.072}\ (DIM)^{-0.6} \qquad \text{(équation 1)}$$

où $DIM = 12.5\ d_b$

$= (0.25\ DMD\ SCI)^{0.5}$

Les paramètres A et SCI étant les paramètres d'évaluation retenues, la relation entre DIM , A et SCI est trouvée à partir des critères établis précédemment pour des DTL de 28 et 500. D'après l'équation 1, la relation entre DIM, SCI et DMD est linéaire lorsque CP est égale à 11 tonnes et que DTL varie. D'après la figure 7, soulignons également que sur un même secteur d'essais (secteur 1 et 3), lorsque D5 demeure constant avant et après le rechargement, DMD et A diminue proportionnellement. Considérant ces observations, il est donc permis d'exprimer linéairement la relation entre DIM, SCI et A.

soit $DIM = 48.7\ [\ SCI\ (A)^{0.5}\ ]^{0.5} + 3$

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

Cette modification n'implique pas de correction au niveau de l'équation de base (équation 1), ne change pas le critère de portance d'été (CP = 11 tonnes) et n'affecte pas non plus l'équation de rechargement (équation 2).

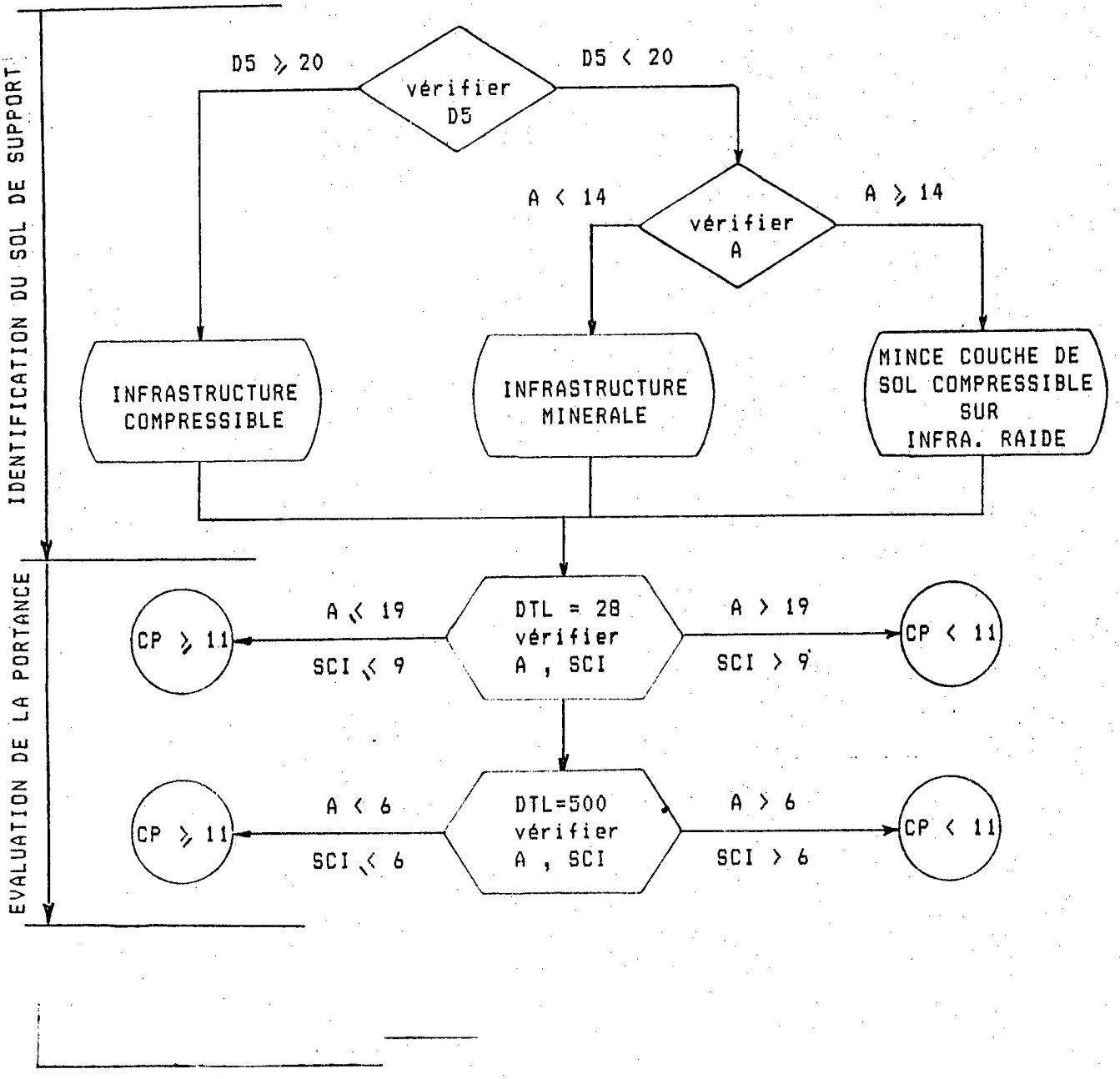
$$R = CPS \times 1.14 \ln DTL \qquad \text{(équation 2)}$$

où CPS = 11 - CP, portance supplémentaire exprimée en tonne.

R = renforcement en cm de pavage.

La figure 8 présente, pour un DTL de 28 et 500, le cheminement permettant l'évaluation du comportement de la chaussée pour les critères établis précédemment. Soulignons que, pour l'identification du sol de support, les critères d'évaluation de A et D5 demeurent constant pour différent DTL. Cependant ces critères varient selon DTL lorsque l'on évalue la portance de la chaussée.

FIGURE 8 : Critères d'identification du sol de support et d'évaluation de la portance (DTL=28 et 500 vl/jr/dir)



VI- VALIDITE DE LA NOUVELLE EQUATION

Puisque l'étude de réfection a pour but de déterminer le renforcement des chaussées, il est donc important de vérifier la valadité de l'équation établie précédemment. En effet celle-ci doit réfléter le comportement réel des routes visées. Pour ce faire la route 111 et le chemin Labrecque ont été retenu comme base d'analyse et de vérification. Quant aux routes 116 et 122, elles n'ont pas ici été prises en considération puisqu'elles présentent une structure de plus de 2 m. En effet la limite d'auscultation de l'appareil Dynaflect étant d'environ 1.2 m, l'infrastructure de ces deux routes n'a donc pas une influence significative sur les bassins de déflexion donc sur le renforcement. Cependant ces infrastructures ont sûrement un effet de tassement et de déformation qui ne peut être évalué que par une étude géotechnique conventionnelle plus approfondie.

Le point le plus important de cette étude est de vérifier pour des relevés "in situ" la validité de l'équation à évaluer un rechargement approprié pour arriver à une structure optimale (épaisseur de design). Afin de bien évaluer cet aspect, les données receuillies pour la route 111 et le chemin Labrecque ont fait l'objet d'une sélection selon le barême suivant:

$$20 < D5 < 40$$

$$4 < SCI < 9$$

$$\nabla_{CP} < 2$$

$$RENF. = \bar{Y} + 1.65$$

Selon la méthode Benkelman et les méthodes Dynaflect avant et après ajustement, les renforcements pour ces deux routes ont été calculés pour des DTL de 28 vl et de 500 vl. Evalué en cm de béton bitumineux, ces deux renforcements ont été mis en graphique en fonction de l'épaisseur de la chaussée en place (épaisseur du pavage + superstructure). Les figures 9 et 10 montrent pour un DTL de 28 et de 500, les diverses relations selon la méthode employée. D'après ces figures, il est permis de dire que pour un DTL de 28 (fig. 9), la méthode Dynaflect après ajustement donne une épaisseur de design (renforcement = 0) d'environs 72 cm. Cette valeur correspond à l'épaisseur de design pour un DTL de 28 suggéré par "Muskeg Engineering Handbook" (fig. 2). Quant aux méthodes Benkelman et Dynaflect avant ajustement , elle donnent des épaisseurs de design d'environs 172 cm et de 128 cm respectivement. Pour un DTL de 500 (fig. 10), l'épaisseur de design selon la méthode Dynaflect après ajustement est d'environs 164 cm. Ceci est également près de l'épaisseur design suggéré par "Muskeg Engineering Handbook"(fig. 2) qui est de 120 cm. Quant aux méthodes Benkelman et Dynaflect avant ajustement, elles donnent des épaisseurs de design de 220 cm et de 240 cm respectivement. Ces résultats mettent en évidence la surestimation des méthodes Benkelman et Dynaflect avant ajustement pour le calcul du renforcement dans le cas des sols compressibles.

Les résultats obtenus selon la méthode Dynaflect après ajustement démontrent que l'équation est adéquate. En effet pour diverses caractéristiques structurelles de chaussées, l'équation est vérifiée.

FIG.9: EPAISSEUR DE DESIGN (DTL=28 vl)

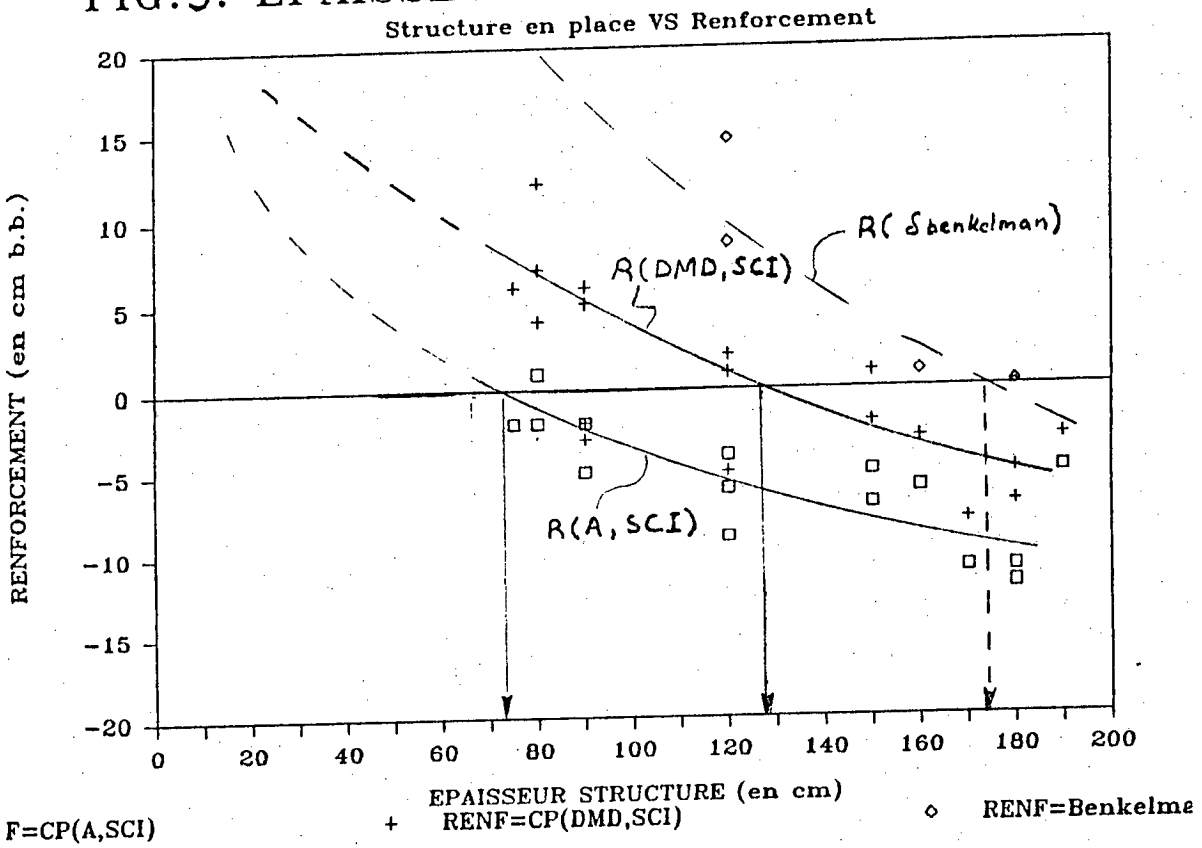
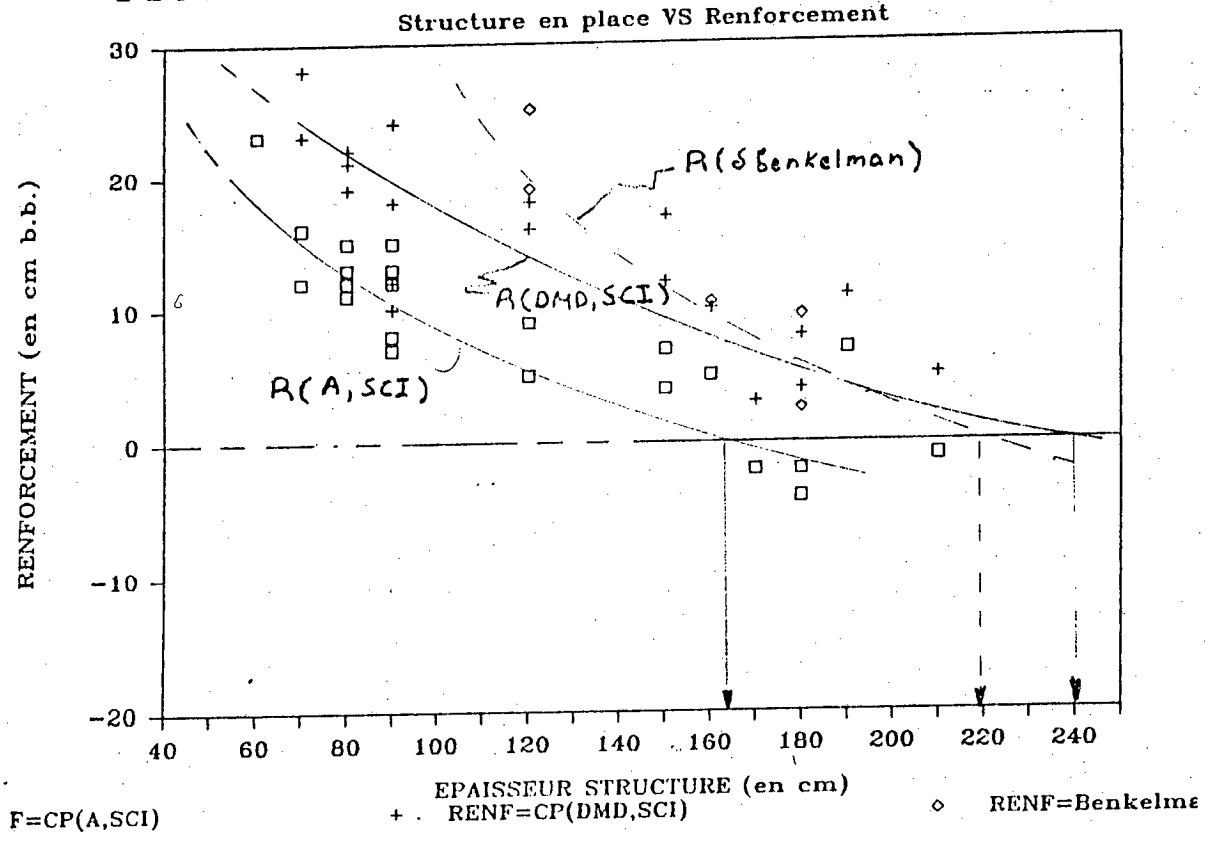


FIG.10: EPAISSEUR DE DESIGN (DTL=500)



L'autre point vérifié dans cette étude consiste à déterminer l'importance qu'a la capacité de l'infrastructure sur l'évaluation de l'épaisseur optimale de la chaussée (renforcement calculé + épaisseur de la chaussée en place). Pour cette analyse, la capacité de l'infrastructure est donné par D5. Le barème utilisé pour sélectionner les données de la route 111 et le chemin Labrecque est le suivant:

$$D5 > 20$$

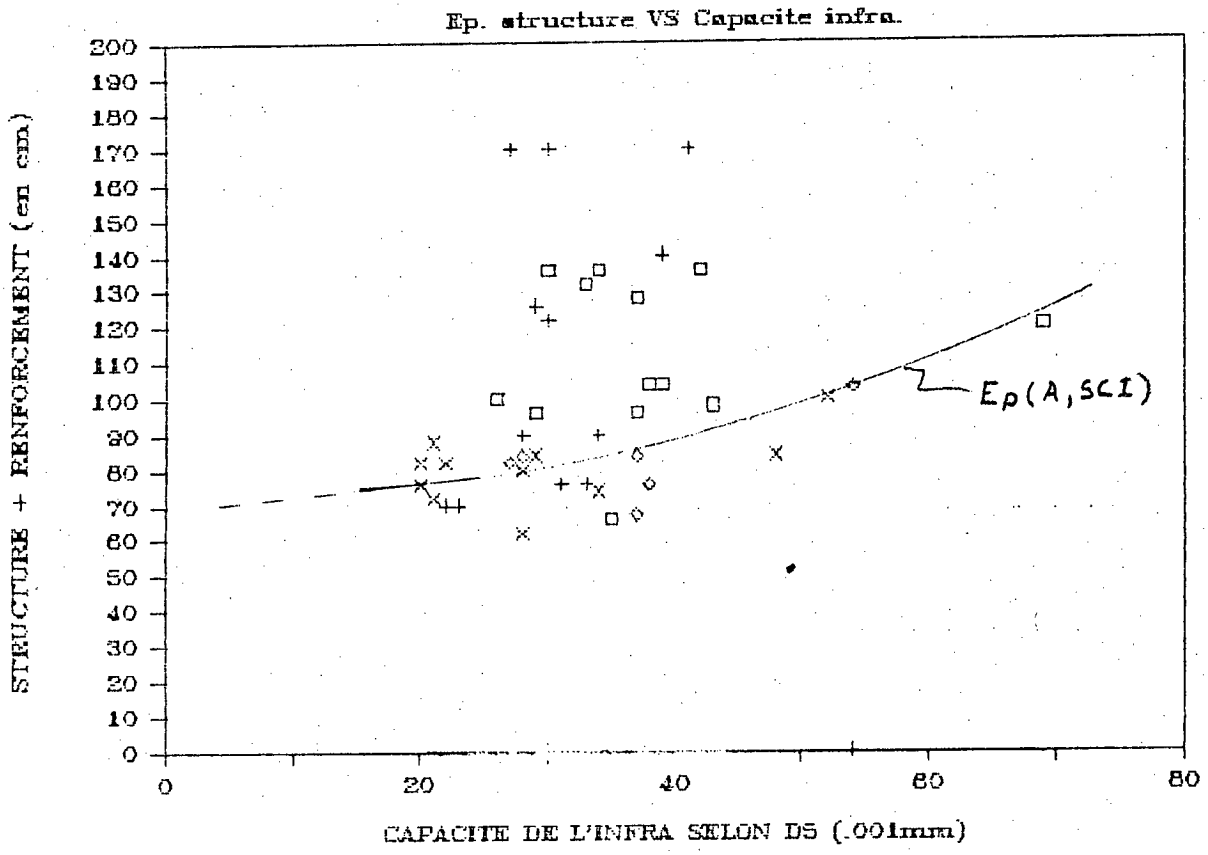
$$SCI > 4$$

$$\sigma_{cp} < 2$$

$$RENF. = \bar{X} + 1.65$$

La figures 11 montre la relation pour un DTL de 28 selon la nouvelle méthode basée sur A et SCI. Cette figures indique une bonne corrélation entre ces deux caractéristiques (capacité de l'infrastructure, épaisseur de chaussée et renforcement) de la chaussée lors l'épaisseur de celle-ci est inférieure à 120 cm. En effet, comme il a été mentionné précédemment, la limite d'auscultation de l'appareil dans ces conditions est dépassé. Ceci met donc en évidence que l'épaisseur de design augmente lors que la capacité de l'infrastructure diminue (D5 >) réduisant ainsi les contraintes appliqués par le trafic lourd à ce niveau.

FIG.11: EPAISSEUR DE DESIGN (DTL=28)



VIII- CONCLUSION

La première constatation basée sur les résultats de cette étude est que les méthodes actuelles d'évaluation exigent un renforcement plus élevé que celui requis pour les chaussées souples construites sur sols compressibles. La prise en considération de nouveaux paramètres basés sur l'évaluation des bassins de déflexion et l'ajustement de l'équation de portance ont permis de résoudre la problèmatique en proposant une méthode semi-empirique. En effet, cette méthode fournit au chargé de projet une évaluation du renforcement approprié au comportement de ces chaussées.

Pour diverses caractéristiques structurales des routes, cette nouvelle équation a été vérifiée. Il fut entre autre établi que l'évaluation de renforcement avec cette méthode conduisait à l'établissement d'une structure optimale. Il a été également constaté que la capacité relative de l'infrastructure avait un effet directe sur l'évaluation de l'épaisseur optimale de la chaussée. Les observations faites ont également permis de fixer les limites d'auscultation de l'appareil Dynaflect délimitant ainsi ces possibilités pour évaluer certains aspects du comportement de ces chaussées tels le tassement et la déformation anticipée de celles-ci.

Cependant cette étude n'entend pas aborder tous les aspects des chaussées souples construites sur sols compressibles. Elle ne peut donc être

considérée comme définitive tant au niveau de l'exploitation des résultats qu'au niveau de la résolution de tous les problèmes de ce type de chaussée. En effet cette méthode étant empirique, il est recommandé de faire un suivi approfondi pour les types de routes visées et ce principalement en Abitibi là où l'on retrouve une très forte concentration de sol compressible (fig. 1).

Il est également à souligner que cette nouvelle méthode (équation et paramètres) peut être aussi appliquée pour les chaussées souples construites sur sols minérals. L'utilisation de nouveaux paramètres par cette méthode permettrait de résoudre certains problèmes particuliers tels l'influence de la nappe phréatique, la présence de coupe de roc, effet de gel, dégel, barrière de gel, trafic lourd et tarification, etc. Il est cependant recommandé de vérifier cette nouvelle approche par une étude spécifique et un suivi approprié sur plusieurs catégories de routes ayant ce type de chaussée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1- E. Reinslett

Bearing capacity as a function of pavement deflexion and curvature, Norwegian Road Research Laboratory (NRRL).

Extrait du international Symposium on Bearing Capacity of Roads and Airfields, juin 1982.

2- Pierre Desrochers, Aziz Amiri, Pierre de Montigny, J.-P. Leroux

Guide d'interprétation et traitement des valeurs Dynaflect, (rapport interne), Service des Sols et Chaussées MTQ, octobre 1985

3- Muskeg Subcommittee of the NRC, Associate Committee on Geotechnical Research.

Muskeg Engineering Handbook, 1969.

4- T. Bourbié

L'atténuation intrésèque des ondes sismiques, Revue de l'Institut Français du Pétrole, 1984-85.

5- Kamran Majidzadeh, V. Kumar

Manual of operation and use of Dynaflect for pavement evaluation, Resource international inc. et the Ohio Department of transportation, octobre 1983.

6- Muskeg subcommittee of the NRC Associate Committee on Geotechnical Research

Muskeg and the Northern Environment in Canada, University of Toronto press, 1977

7- Pierre Desrochers

La réfection une étude résolue mais non accomplie, Rapport de mémoire de stage, mars 1984.

8- Pierre de Montigny

La construction et la remise en état des routes à faible trafic, Ministère des Transports, Quebec, 1987.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

9- Groupe de recherche routière de l'OCDE

Construction des routes sur sols compressibles, OCDE, 1980.

10- Association amicale des ingénieurs anciens élèves de l'école nationale des ponts et chaussées

Remblais sur sols compressibles, Collection de la Formation Continue de L'Ecole nationale des Ponts et Chaussées, novembre 1977.

ANNEXE A

RESULTATS DES TRAVAUX SUR LE TERRAIN

ANNEXE A-1

CHEMIN LABRECQUE

SGR
MTQ

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES : CHEMIN LABRECQUE

LOCALISATION: Canton Labrecque, comté Lac St-Jean

MISE EN SERVICE: plus de 20 ans

DENSITE DU TRAFIC LOURD: 28vl/jr

COMPORTEMENT AVANT REFECTION: très variable

REFECTION: été 1987, rechargement 225mm gravier, 65mm B.B.

PARTICULARITES PHYSIQUES:

	SEC.FAIBLE (1.4KM)	SEC.TRES FAIBLE (1.4KM)
Princ. type de dégradation :	fis. ployg.	ond. et dep. au CL
Ep. moy. du B.B. :	10,6 cm	13 cm
Ep. moy. des fondations :	149 cm	52 cm
Ep. moy. de PT :	------	49 cm
Prof. moy. de PT :	160 cm (min. 140)	65 cm (min. 45)
Prof. moy. argile (CL/CL-ML):	------	118 cm (min. 55)
Niveau piezométrique moy. :	98 cm (min. 45)	200 cm (min. 165)
Susceptibilité au gel :	peu	peu

Société de
Gestion
Routière SGR enr.

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

PROJET D'ETUDE : Chaussée flexible dont la structure repose sur un sol compressible.

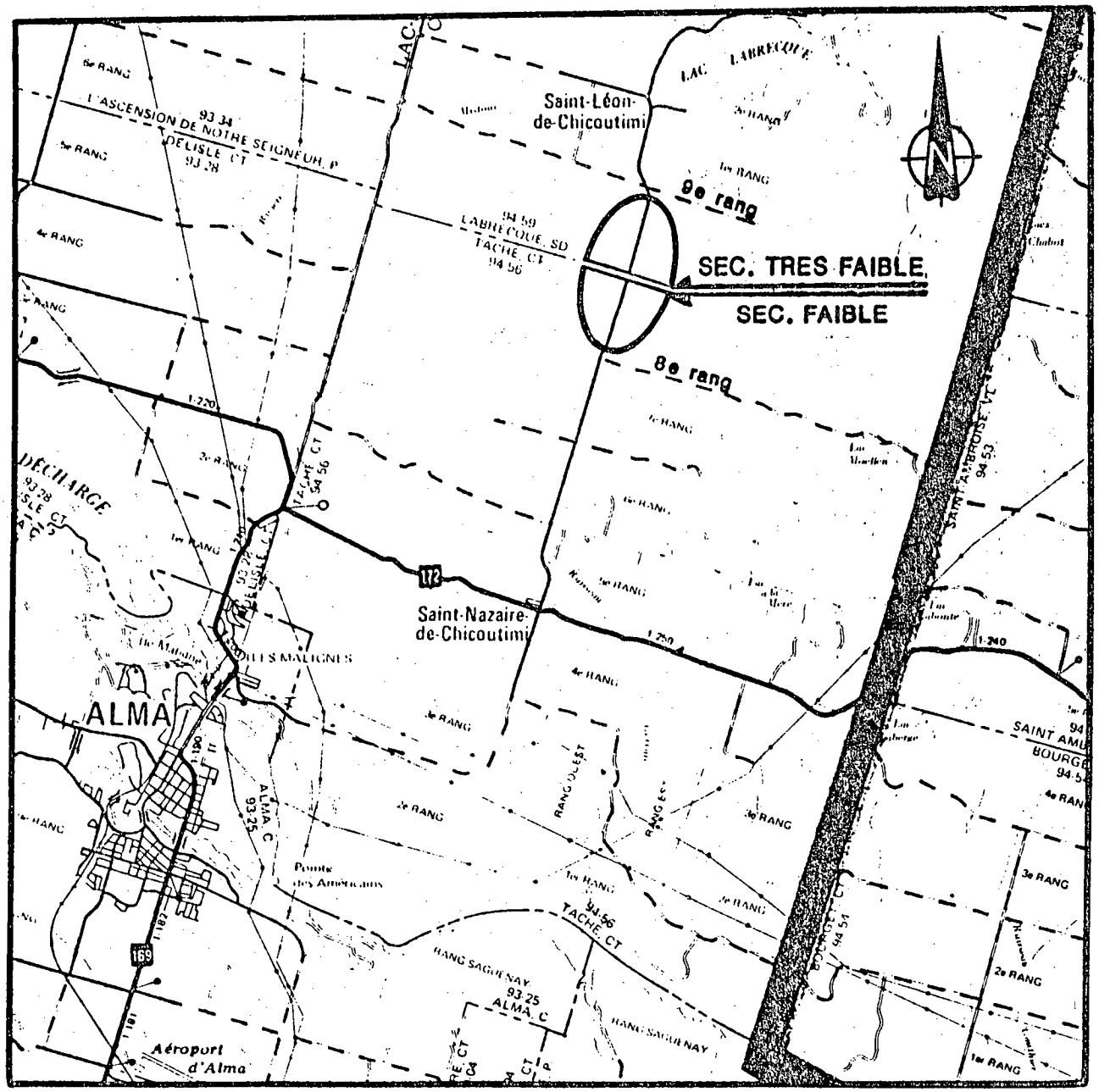
ROUTE : Chemin Labrecque

MUNICIPALITE : Canton Labrecque

N/Réf. : 83(22)124

COMTE : Lac St-Jean

PLAN DE LOCALISATION



SGR
MTQ

ANNEXE A-1 : COMPORTEMENT DE LA CHAUSSEE SELON LES CARACTERISTIQUES MESUREES
Chemin Labrecques , après réfection

SECTEUR (Km)	CARACTERISTIQUES DE L'INFRASTRUCTURE				NAPPE PHREATIQUE	EPAISSEUR STRUCTURE (m)	RENFORCEMENT DE LA CHAUSSEE SELON			DEGRADATIONS
	Nature	Etat ou* consistance	Niveau (m)	Cu** (Kpa)	Niveau (m)	Après Réfection	A-SCI	DMD-SCI	BENKELMAN	
0.0 - 0.55	PT	---	1.5	---	1.7	1.8	- 3.0	-1.0		fiss. long. fine au centre des voies et fiss. transv. espacé au 30 m, ornièrage (0 mm)
0.55 - 0.75	PT	peu saturé très fibreuse (H5)	1.4	50+(1) 20-40(2) 40-60(3)	1.2	2.0	- 12.0	-8.0		quelques transversales fines, ornièrage (0 mm)
	CL	assez molle	4.0	150+(3)						
0.76 - 0.90	PT	très saturé amorphe	1.8	10-20(2) 0-40(3)	0.5	2.1	- 12.0	-8.0		
	CL	---	3.0	300+(3)						
0.90 - 1.06	PT	---	1.7	---	---	2.2	- 10.0	-7.0		fiss. long. fine discontinue, onièrage (0 mm)

* Etat ou consistance : Selon l'aspect visuel, la classification VON POST ou les analyses en laboratoire.

** Résistance au cisaillement : (1) insitu sous la chaussée (pal. 65x130).
(cohésion Cu) (2) insitu terrain naturel (pal. 65x130).
(3) sol remanier (scis. port. pal. 5x25).

SGR
MTQ

ANNEXE A-1 : COMPORTEMENT DE LA CHAUSSEE SELON LES CARACTERISTIQUES MESUREES
Chemin Labrecques , après réfection

SECTEUR (Km)	CARACTERISTIQUES DE L'INFRASTRUCTURE Nature	Etat ou* consistance	Niveau (m)	Cu** (Kpa)	NAPPE PHREATIQUE Niveau (m)	EPAISSEUR STRUCTURE (m) Après Réfection	RENFORCEMENT DE LA CHAUSSEE SELON A-SCI	DMD-SCI	BENKELMAN	DEGRADATIONS
1.06 - 1.30	PT	---	1.7	---	0.70	1.9	- 11.0	-11.0		aucune fissuration ornièrage (0 mm)
1.30 - 1.60	PT	peu saturé peu fibreuse (H5-H8)	1.3-2.1	60+(1) 35-40(2)	0.9-1.3	1.7	-7.0	1.0		fiss. long. fine quelques transversales fines, ornièrage (0 mm)
	CL	W = 34 % LL=33, IP=13	2.1	refus(2)						
1.60 - 1.93	PT	---	0.5-1.4	---	1.6	0.8	0.0	3.0		aucune fissuration ornièrage (2 mm)
	CL	W = 19 % LL=27, IP=9	1.4							
1.96 - 2.65	PT	sec (H8) amorphe	0.6-1.0	20+(3)	2.5	0.8	0.0	3.0		
	CL	assez raide	1.0	refus(1) 400+(3)						

voir remarques

SGR
MTQ

ANNEXE A-1 : COMPORTEMENT DE LA CHAUSSEE SELON LES CARACTERISTIQUES MESUREES
Chemin Labrecques, après réfection

SECTEUR	CARACTERISTIQUES DE L'INFRASTRUCTURE				NAPPE PHREATIQUE	EPAISSEUR STRUCTURE (m)	RENFORCEMENT DES CHAUSSEES SELON			DEGRADATIONS
(Km)	Nature	Etat ou* consistance	Niveau (m)	Cu** (Kpa)	Niveau (m)	Après Réfection	A-SCI	DMD-SCI	BENKELMAN	
2.65 - 2.75	PT	sec (H8) amorphe	0.5-0.8	70+(2) 30+(3)	1.8	0.8	-2.0	-2.0		quelques petites fiss. long et transv. aucun ornièrage
	CL	raide	0.8-1.5	refus(2) 300+(3)						
	CL-ML	W = 32 % LL=24, IP=7	1.5	---						
2.75 - 2.85	PT	sec (H8) amorphe	0.5-0.8	70+(2) 30+(3)	1.8	0.8	-5.0	-4.0		aucune fissuration ornièrage (3 mm)
	CL	raide	0.8-1.5	refus(2) 300+(3)						
	CL-ML	W = 32 % LL=24, IP=7	1.5	---						
2.89 - 3.0	CL	W = 19 % LL=27, IP=9	0.4-0.9	---	2.0 - 3.5	0.8	- 7.0	- 7.0		fiss. long. et transv. fines aucun ornièrage
	CL-ML	---	0.9	---						

voir remarques

ANNEXE A-4

ROUTE 111

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES: ROUTE 111

LOCALISATION: Taschereau-Macamic, comté Abitibi-Ouest

MISE EN SERVICE: dans les années 50

DENSITE DU TRAFIC LOURD: 93 vl. (secteur 1), 216 vl. (secteur 2)

COMPORTEMENT: très variable avec des secteurs dont la portance est considérablement faible (dus à une structure inadéquate, une infrastructure compressible, un drainage déficient) surtout par rapport au trafic lourd appliqué.

REFECTION: aucune en vue

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES:

	SECTEUR 1 (1.6km)	SECTEUR 2 (1.3KM)
Princ. type de dégradation:	affaisement,fiss.polyg. à gr. maille,lézarde ouv.	oniérage très prof. avec carrelage fiss.transv.en dep fiss.long.ouv.et polyg. à gr.maille
Ep. moy. B.B.	: 14 cm	15.5 cm
Ep. moy. des fondations	: 91 cm	52 cm
Ep. moy. sol organique	: 90 cm	120 cm (max.150 cm)
Prof. moy. sol organique	: 105 cm (min.90 cm)	67 cm (min. 60 cm)
Prof. moy. argile sensible:	195 cm (min. 180 cm)	200 cm (min.180 cm)
Niveau piezométrique moy.	: 120 cm (min. 70 cm)	----------
Susceptibilité au gel	: assez	assez
Roulement	: passable	passable-cahoteux

Société de
Gestion
Routière SGR enr.

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

PROJET D'ETUDE : Chaussée flexible dont la structure repose sur un sol compressible.

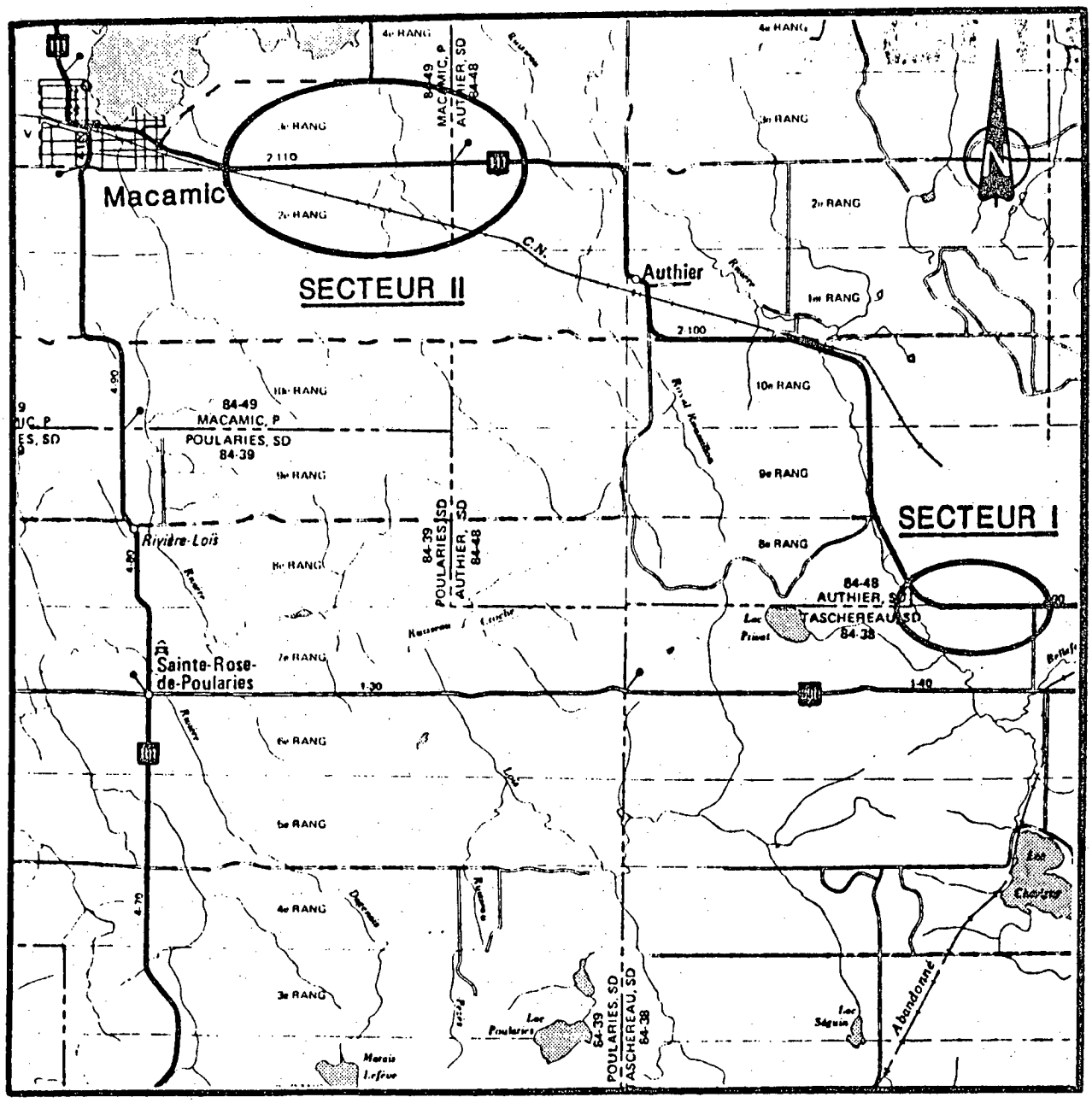
ROUTE : 111-02-100@110

MUNICIPALITE : Tascherau-Macamic

N/Réf.:84(22)227 & 229

COMTE : Abitibi-Ouest

PLAN DE LOCALISATION



SGR
MTQ

ANNEXE A-4 : COMPORTEMENT DE LA CHAUSSEE SELON LES CARACTERISTIQUES MESUREES
Route 111, secteur 1

SECTEUR	CARACTERISTIQUES DE L'INFRASTRUCTURE				NAPPE PHREATIQUE	EPAISSEUR STRUCTURE	RENFORCEMENT DE LA CHAUSSEE SELON			DEGRADATIONS
(Km)	Nature	Etat ou* consistance	Niveau (m)	Cu** (Kpa)	Niveau (m)	(m)	A-SCI	DMD-SCI	BENKELMAN	
0.0 - 0.25	PT	---	2.0	---	2.0	1.3	-3	-12	---	secteur très endommagé déformation et ornièrage important fissures très ouvertes
	argile	assez molle	2.4	-----						
	argile	assez raide	2.4 +	----						
0.25-0.8	PT	très dense	1.7	---		1.2	-5	-15	---	
	argile	assez molle	2.0							
	argile	assez raide	2.0 +	---						
0.8 - 1.15	PT	----	1.2	----		0.8	-5	-15	---	
	argile	raide	1.2 +							
1.15 - 1.58	PT	-----	1.6	----		0.75	5	8	---	
	argile	raide	1.6 +	----						
1.58 - 2.13	ROC	-------	----	---		----	-7	-8	---	secteur peu déformé fiss.moins importante et moins ouverte
2.13 - 2.53	argile	raide	0.8 +	----		0.8	-4	-3		secteur déformé fissure moins ouv.

voir remarques

SGR
MTQ

ANNEXE A-4 : COMPORTEMENT DE LA CHAUSSEE SELON LES CARACTERISTIQUES MESUREES
Route 111, secteur 2

SECTEUR	CARACTERISTIQUES DE L'INFRASTRUCTURE				NAPPE PHREATIQUE	EPAISSEUR STRUCTURE	RENFORCEMENT DE LA CHAUSSEE SELON			DEGRADATIONS
(Km)	Nature	Etat ou* consistance	Niveau (m)	Cu** (Kpa)	Niveau (m)	(m)	A-SCI	DMD-SCI	BENKELMEN	
0.0 - 0.62	OH	---	1.2	---	1.7	0.8	6	4	---	secteur assez planche assez déformé
	CL	----	2.1	-----	---					
0.62 - 0.85	PT	---	2.1	-----	2.1	0.8	12	23	---	secteur très déformé et en pente
		argile assez raide	2.1 +	-----						
0.85 - 1.15	PT	-------	1.4	------		0.9	12	23	---	
		argile assez raide	1.4 +	------						
1.15 - 1.66	PT	-------	0.85	-----		0.7	12	23	---	
	CL	très raide	1.2 +	----						
1.66 - 2.72	ROC	---	----	-----	----	----	6	8	---	- roc apparent,peu détérioré

* Etat ou consistance : Selon l'aspect visuel, la classification VON POST ou les analyses en laboratoire.

** Résistance au cisaillement : (1) insitu sous la chaussée (pal. 65x130).
(cohésion Cu) (2) insitu terrain naturel (pal. 65x130).
(3) sol remanier (scis. port. pal. 5x25).

SGR
MTQ

ANNEXE A-4 : COMPORTEMENT DE LA CHAUSSEE SELON LES CARACTERISTIQUES MESUREES
Route 111, secteur 2

SECTEUR (Km)	CARACTERISTIQUES DE L'INFRASTRUCTURE				NAPPE PHREATIQUE	EPAISSEUR STRUCTURE (m)	RENFORCEMENT DE LA CHAUSSEE SELON			DEGRADATIONS
	Nature	Etat ou* consistance	Niveau (m)	Cu** (Kpa)	Niveau (m)		A-SCI	DMD-SCI	BENKELMEN	
2.72 - 3.39		sable graveleux	1.0	---	1.2 +	0.6	5	13	---	secteur planche et déformé, fissures peu ouvertes
	PT	-----	1.2	----						
		argile très raide	1.2 +	---						
3.39 - 4.14		sable + PT w = 40% pas fibreux	1.2	----	1.38	1.0	5	13	---	
	PT	pas fibreux	1.4	-----						
		argile très raide	1.4 +	-----						
4.14 - 4.76	PT	--------	1.2	---	----	0.6	11	20	---	très déformé, ornière très profonde, pente accentuée-descendante
4,76 - 4.93		sable silteux pierre 20%	0.9	----	2.3	0.8	8	9	---	très déformé ornière très profonde
		argile molle pierre 10%	1.2	----						
	PT	W = 20%	1.8	----						
	PT	W = 60% très fibreux	3.0	----						

voir remarques

Bibliothèque du Ministère des Transports
QTR A 026 572