

INFLUENCE DE LA TEMPERATURE DE  
MALAXAGE SUR LES PROPRIETES DU  
BITUME ET DES MELANGES  
BITUMINEUX



LABORATOIRE  
CENTRAL

SOLS ET MATÉRIAUX

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



CANQ  
TR  
GE  
SM  
142

470 714

**MINISTÈRE DES TRANSPORTS**  
CENTRE DE DOCUMENTATION  
PLACE HAUTE-VILLE, 2<sup>de</sup> ÉTAGE  
700 EST, BOUL. ST-CYRILLE  
QUÉBEC, QUÉBEC, G1R 5H1

INFLUENCE DE LA TEMPERATURE DE  
MALAXAGE SUR LES PROPRIETES DU  
BITUME ET DES MELANGES  
BITUMINEUX

**Ministère des Transports**  
Centre de documentation  
930, Chemin Ste-Foy  
6<sup>e</sup> étage  
Québec (Québec)  
G1S 4X9

PRESENTE PAR

Richard Langlois, ing., M.Sc.

Laboratoire Central - Service des Sols et Matériaux

Ministère des Transports - Québec

A l'occasion du 19ième congrès annuel de la Canadian  
Technical Asphalt Association à Régina, Saskatchewan  
les 4, 5 et 6 novembre 1974.

CANQ  
TR  
GE  
SM  
142

## SUMMARY

Since the oxidation of the bitumen in bituminous mixtures takes place to a large extent during mixing, the temperature of the constituents during this operation has a definite effect on the properties of the mixture and especially those of the bitumen.

This study evaluates the influence of the mixing temperature on the two types of bitumen most often used in Québec, that is, 85-100 and 150-200.

Mixing with the aggregate is done at different temperatures in the laboratory; a twin shaft pugmill of a 65-lb.-per-batch capacity is used during this process.

This reveals the variations which occur at different mixing temperatures in the bulk and maximum specific gravities and in the tensile strength at low temperature. Furthermore, changes in the rheological properties, in the asphaltene content and in the infrared spectrum of bitumen are clearly evident. The influence of the temperature on the film is also shown.

The study demonstrates the existence of a mixing temperature ceiling which must not be exceeded if minimum quality is to be retained in the bituminous mixture. The ceiling varies with the type of bitumen used.

## SOMMAIRE

Une très grande partie de l'oxydation du bitume dans les mélanges bitumineux se produisant lors du malaxage, la température des constituants durant cette opération a une incidence certaine sur les propriétés du mélange, et particulièrement sur celles du bitume.

La présente étude évalue cette influence sur les deux types de bitume les plus utilisés dans le Québec, soit un 85-100 et un 150-200.

Le malaxage avec l'agrégat est fait en laboratoire à diverses températures au moyen d'un malaxeur à pales jumelées d'une capacité de 65 lbs par fournée.

Les variations en fonction de la température de malaxage des propriétés suivantes du mélange sont montrées: densités brute et maximum, résistance à la traction à basse température. En outre, la variation des propriétés rhéologiques, de la teneur en asphaltènes et du spectre à l'infrarouge des bitumes est clairement illustrée. L'influence de cette température sur l'enrobement est également indiquée.

Cette étude démontre l'existence d'une limite supérieure de température de malaxage qu'il ne faut jamais dépasser afin de conserver une qualité minimum du mélange bitumineux. Cette limite diffère avec le type de bitume.

## REMERCIEMENTS

Les travaux relatifs de cette étude ont été exécutés au Laboratoire Central du Service des Sols et Matériaux du Ministère des Transports du Québec.

L'auteur veut profiter de l'occasion pour témoigner sa gratitude aux autorités du Laboratoire et du Service pour leur collaboration et compréhension.

Il se doit aussi de souligner l'apport de tous ceux qui ont participé aux différents travaux de laboratoire et particulièrement les chimistes spécialistes en analyse instrumentale, Louise Careau et Nicole Raymond, pour leur aide précieuse dans la détermination des spectres à l'infrarouge.

Enfin, des remerciements vont également à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de cette étude.

## I- INTRODUCTION

Bien des gens au Québec se soucient peu de la température de malaxage des mélanges bitumineux. Certains pensent même que plus le mélange est chaud, meilleur il est. Par conséquent, plusieurs producteurs ne croient pas au maximum de température prescrit (325°F) par les spécifications, et souvent, surtout à l'automne, dépassent cette température maximum lors de la fabrication des mélanges bitumineux.

Aussi, pour faire connaître l'importance de la température de malaxage, une étude a été entreprise et elle traite de l'influence de cette température sur les propriétés du liant et du mélange.

Le présent travail décrit cette étude. Une brève revue des travaux sur le sujet y est d'abord faite. Ensuite, une description de la procédure suivie pour exécuter les essais est donnée. Enfin, l'influence de la température de malaxage sur certaines propriétés du liant et du mélange y est discutée.

## II- REVUE DES TRAVAUX ANTERIEURS

La bibliographie sur la variation des propriétés du liant bitumineux par le vieillissement et les modes opératoires en général est très bonne. Cependant, l'influence de la température de malaxage y est très peu traitée.

Les théories sur le durcissement du bitume sont bien décrites par Monismith (1), et avec plus de détails par Barth (2), et elles ont déjà été résumées par l'auteur dans un travail précédent sur les antioxydants (3). De plus, un travail considérable a été fait pour déterminer la variation de la pénétration ou de la viscosité du bitume avec le temps ou avec les procédures de manipulation. Par exemple, Hveem (4) trouve que la majeure partie du durcissement survient aussitôt que le bitume vient en contact avec les agrégats chauds et que le temps subséquent dans le malaxage ajoute très peu au durcissement; Bright et Reynolds (5) montrent que ni le type de bitume, l'agrégat, le type de solvant utilisé pour l'extraction, le type d'usine ou de chambre de malaxage, le "mix design" n'affectent le durcissement du bitume; Traxler (6) fournit des données sur l'effet de diverses procédures de manipulation et des conditions de service sur la viscosité du bitume; Wright et Paquette (7) rapportent l'effet de la source de bitume, la température de malaxage, l'hétérogénéité du mélange, la durée de transports et les conditions d'entreposage des échantillons sur les changements de la pénétration et de la viscosité pendant une période d'une semaine; Bright et autres (8) trouvent que la majeure partie du durcissement survient dans les premiers 30 à 60 jours de service et que les conditions d'entreposage des

échantillons jouent un rôle important sur le durcissement; Sandvig et Kofalt (9) constatent que les plus grands taux de durcissement se produisent lors du malaxage; Clark (10, 11) trouve que les pourcentages de pénétration retenue d'un bitume de pénétration 90 après un malaxage à 275°, 300, 325, 350°F sont respectivement de 56.5, 53, 50 et 46%, et que cela est dû à la volatilisation; Lottman (12) montre l'existence d'une relation linéaire entre la viscosité du bitume et la température de l'agrégat; Traxler (13) montre que pour les bitumes 85-100, il y a seulement un petit accroissement de la viscosité dû au malaxage à des températures de 250 à 325°F; S. Kog, Zube et Hveem (14) montrent également la variation des propriétés du bitume lors du malaxage; enfin, Welborn (15) résume les faits et les faussetés sur le durcissement du bitume.

Il existe également une assez bonne documentation sur les variations des propriétés du bitume et la performance des revêtements (16, 17, 18).

Malgré cette littérature abondante sur les divers facteurs influençant les propriétés du bitume, les informations sur l'influence de la température de malaxage sont très dispersées et peu élaborées pour les mélanges avec le bitume 85-100 et surtout avec le bitume 150-200. La présente recherche veut développer et éclaircir ce point particulier.

### III- PROCEDURE SUIVIE POUR LES ESSAIS

Afin d'obtenir des températures de malaxage précises et diverses, ce qui est très difficile sur le chantier avec une grosse usine, toutes les fournées de mélange ont été fabriquées en laboratoire avec un petit malaxeur à pales jumelées d'une capacité de 65 lbs par fournée. (Voir photos # 1 et # 2).

Chaque fournée contenait 15 lbs de mélange composé de pierre et de criblure de calcaire, d'un sable granitique et de 6.1% de bitume. Le tableau 1 donne la granulométrie du mélange et le tableau 2, les caractéristiques des deux types de bitume utilisé.

Diverses température de malaxage ont été employées. Pour chacune des températures, le bitume et les agrégats étaient chauffés à la même température dans une étuve à air chaud, et cinq fournées de mélange étaient fabriquées. Le mélange était ensuite séparé en deux parties: une pour les essais de densités brute et maximum, de tension à -5°C (23°F), et l'autre pour l'extraction et la récupération du bitume afin de déterminer certaines de ses propriétés rhéologiques et chimiques.

Une seconde étape consistait à fabriquer des dalles de 2' par 2' avec 60 lbs de mélange, ce qui donnait un taux de 135 lbs/v.car. Le compactage s'effectuait à l'aide d'un petit vibreur mécanique employé couramment dans la construction et l'entretien. Une planche (2' x 2') de contreplaqué 3/4" était mis entre le vibreur et le mélange afin d'assurer une surface uniforme. (Voir photo # 3).

Quatre dalles furent fabriquées à la température de malmalaxage de 300°F et quatre autres à la température de 350°F. Des essais d'usure avec un manège muni de deux roues avec pneus à crampons furent exécutés sur ces dalles dans une chambre froide à -5°C (23°F). (Voir photo # 4).

Les essais sur le bitume et sur le mélange ont été faits en majorité selon les normes de l'ASTM, sauf pour la récupération du bitume. Dans ce cas, la distillation a été exécutée selon le mode opératoire en vigueur au Ministère (19) qui est identique à celui de la ville de Montréal (20). Quant à la teneur en asphalène, la norme suivie fut la IP143/57 de l'Institut du Pétrole. Enfin, les spectres à l'infrarouge ont été déterminés selon un mode opératoire mis au point par une spécialiste en analyse instrumentale, la chimiste Louise Careau. Ces spectres ont été obtenus avec l'appareil Perkin-Elmer 467 aux conditions suivantes: Scan Mode M, Slit N, time constant 1, et les films étaient fabriqués à partir d'une solution de 5 grammes de bitume dans 50 ml de trichloroéthylène, dont 0.15 ml était déposé sur une fenêtre de NaCl et laissé évaporé à la température ambiante.

La contrainte en tension a été mesurée par l'essai brésilien sur des briquettes Marshall standard, tout comme Breen et Stephens (23) l'ont fait, sauf que le chargement se faisait à déformation constante au taux de 2 pouces par minute.

#### IV- LES PROPRIETES DU BITUME ET LA TEMPERATURE DE MALAXAGE

Les propriétés étudiées sont les propriétés rhéologiques courantes, soit la pénétration à 77°F, la viscosité cinématique à 275°F et la ductilité à 60°F, certaines propriétés chimiques, soit le pourcentage d'asphaltène, le spectre infrarouge et la qualité d'enrobement.

##### A) Propriétés rhéologiques

Les figures 1 et 2 montrent la variation de la pénétration en fonction de la température de malaxage respectivement des bitumes 85-100 et 150-200. La perte de pénétration, ou le durcissement, est marquée après 300°F pour le bitume 85-100 et après 265°F pour le bitume 150-200.

Tel qu'illustré par les figures 3 et 4, la viscosité augmente avec la température de malaxage. Pour le bitume 85-100, cette augmentation est plus forte après 275°F. Quant au 150-200, la relation est linéaire.

La ductilité du bitume 85-100 diminue avec la température de malaxage (voir figure 5). Cette diminution est très grande à des températures supérieures à 325°F. Par contre, la ductilité du bitume 150-200 augmente linéairement avec la température, comme le montre la figure 6. Cette augmentation est cependant très faible.

##### B) Propriétés chimiques

La teneur en asphaltène semble augmenter linéairement

avec la température de malaxage. La figure 7 montre la relation pour le bitume 85-100, et la figure 8, la relation pour le bitume 150-200.

Le tableau 3 fournit les résultats moyens des spectres enregistrés. Les bandes à  $1692\text{ cm}^{-1}$  et  $1035\text{ cm}^{-1}$  ont été étudiées car ce sont les deux bandes où il est possible de détecter s'il y a oxydation ou non. Les figures 9 et 10 illustrent les spectres des bitumes 85-100 et 150-200.

Les résultats obtenus montrent qu'il n'y a presque pas de différence entre les bitumes 85-100 et 150-200. La différence est aussi très minime entre les températures de 300 et de  $350^{\circ}\text{F}$  pour un même bitume. Cependant, la différence est un peu plus marquée entre les bitumes non chauffés et les bitumes chauffés, ce qui fait prévoir que la température a une influence sur l'oxydation des bitumes.

Les résultats obtenus sur le bitume 85-100 avec les bandes enregistrées à  $1465$  et  $1380\text{ cm}^{-1}$  (ces bandes sont dues aux  $\text{CH}_2$  et  $\text{CH}_3$ ) ont été également étudiés. Le tableau 4 présente les résultats.

Comme dans le cas des autres bandes, les résultats montrent la même tendance et les conclusions sont les mêmes, c'est-à-dire qu'il est très difficile de distinguer entre les deux températures, mais que par contre le changement est plus évident entre le bitume non chauffé et celui qui est chauffé.

Les bitumes chauffés montrent une oxydation par rapport aux bitumes non chauffés. Campbell et Wright (21) ont démontré une augmentation de l'absorbance du groupe carboxyle (C=O) dans les échantillons soumis à une photo-oxydation ou à une oxydation à l'air. Ils démontrent, en ajoutant des composés organiques connus, que la bande à  $1700\text{ cm}^{-1}$  est due aux composés de type cétone, aldéhyde et acide sans aucune contribution ou par des composés de type ester. Ils notent aussi que le changement dans la bande à  $1035\text{ cm}^{-1}$  est dû à une oxydation plus grande.

C) Enrobement

Le pourcentage d'enrobement tel que mesuré selon la méthode ASTM avec sel de lithium (22) est très peu affecté par la température de malaxage pour le bitume 85-100 (figure 11), mais décroît de façon très marquée après  $300^{\circ}\text{F}$  pour le bitume 150-200 (figure 12).

V- LES PROPRIETES DU MELANGE ET LA TEMPERATURE DE MALAXAGE

L'étude porte sur les densités brute et maximum, la force de tension à basse température et la résistance à l'usure.

A) Densité brute et maximum

La densité brute des mélanges au bitume 85-100 (figure 13) et au 150-200 (figure 14) paraît varier linéairement avec la température de malaxage. Par contre, cette température semble avoir peu d'influence sur la densité maximum des mélanges bitumineux au 85-100 (figure 15) et 150-200 (figure 16).

B) Contrainte en tension

La température de malaxage ne semble pas affecter la contrainte en tension à -5°C (23°F) des mélanges bitumineux au 85-100 (figure 17) et au 150-200 (figure 18). La contrainte de tension à -5°C (23°F) des mélanges au 85-100 est légèrement supérieure à celle des mélanges au 150-200. En effet, elle est en moyenne de 324.3 psi avec une déviation standard de 23.5 comparativement à 304.5 et une déviation standard de 24.0.

C) Résistance à l'usure

La résistance à l'usure est mesurée par la profondeur de l'ornièrre laissée par 100,000 passes de roues (Arco 4.80 - 8) de 16 pouces de diamètre avec une semelle de 3<sup>3</sup>/<sub>4</sub> pouces de largeur munies de crampons posés en forme de Z sur toute la largeur de la semelle. Les mesures ont été exécutées avec des

défectomètres à cadran dont la précision est au millième de pouce.

Les pneus à crampons ont arraché aux dalles de mélange bitumineux au 85-100 1.06% du poids de celle fabriquée à 300°F et 0.72% de celle à 350°F. Quant aux dalles fabriquées avec le 150-200, la perte en poids est de 2.64% à 300°F et 3.31% à 350°F. La profondeur des ornières est donnée dans le tableau 5 qui fournit un résultat moyen de 8 mesures pour l'intérieur, le milieu et l'extérieur de l'ornière, ainsi que la moyenne générale des 24 mesures. Les écarts types y sont également donnés.

Les résultats indiquent une amélioration de la résistance à l'usure avec l'augmentation de la température de malaxage pour le mélange au 85-100. Cependant, ils indiquent le contraire pour le mélange au 150-200 qui est moins résistant que celui au 85-100.

Toutefois, il faut noter que la dalle au 85-100 fabriquée à 350°F avait une densité relative supérieure à celle à 300°F, soit 2.24 comparativement à 2.21. En plus, l'usure sur celle de 300°F avait fait perdre environ 8% des crampons aux pneus lorsque l'usure sur celle à 350°F a débuté. Quant aux dalles de 150-200, celle à 350°F avait une densité plus élevée et a quand même montré plus d'usure que celle à 300°F. Pour ces dernières, les résultats montrent donc la véritable influence de la température de malaxage sur la résistance à l'usure, tandis que pour celles au 85-100, il est permis d'en douter.

**MINISTÈRE DES TRANSPORTS**  
CENTRE DE DOCUMENTATION  
PLACE HAUTE-VILLE, 24<sup>e</sup> ÉTAGE  
700 EST, BOUL. ST-CYRILLE  
QUÉBEC, QUÉBEC, G1R 5H1

## VI- DISCUSSION GENERALE

Dans la partie III, il a été démontré que la température de malaxage affectait les propriétés rhéologiques des bitumes 85-100 et 150-200.

La pénétration du bitume 85-100 varie de façon presque analogue à ce que Clark (10) a trouvé et vient en contradiction avec Skog et autres (14) qui ont trouvé que la pénétration du bitume récupéré des mélanges bitumineux fabriqués à des hautes températures est supérieure à celle du bitume récupéré des mélanges fabriqués à des températures plus basses; la pénétration diminue avec l'augmentation de la température de malaxage. De plus, la pénétration retenue après étuvage en couche mince (TFOT) correspond environ à celle obtenue après un malaxage à la température 300°F pour le 85-100 et 290°F pour le 150-200.

Les relations trouvées entre les propriétés rhéologiques (pénétration, viscosité et ductilité) illustrent clairement que la malaxage à des températures supérieures à 300°F produit un durcissement non souhaitable du bitume 85-100. Cela correspond à la température de malaxage maximum trouvée par Lottman et autres (12). Pour le bitume 150-200, la relation de la pénétration et de l'enrobement avec la température de malaxage suggère que le malaxage ne devrait pas se faire à une température supérieure à 275°F.

La partie IV a montré que les densités et la force de tension des mélanges bitumineux sont très peu affectées par des températures de malaxage comprises entre 250 et 400°F.

De plus, la résistance à l'usure est influencée par la température de malaxage.

Une température de malaxage élevée donne au bitume une viscosité élevée, ce qui lui permet de retenir les agrégats des mélanges plus solidement. Cependant, une telle température oxyde le bitume et le rend plus dur, moins flexible, plus cassant, ce qui contribue à rendre le mélange plus fragile au choc des crampons.

Par contre, la température de malaxage ne doit pas être trop basse, car alors le mélange se poserait très mal et le gain obtenu par la diminution de l'oxydation serait annulé par une diminution de certaines qualités du revêtement: enrobement insuffisant, densité faible, etc.

Par conséquent, comme le mentionnent Huot et Blanchard (24), il faut "apporter une attention toute particulière afin de minimiser au maximum les effets de la chaleur sur le bitume en présence d'air, lors de la fabrication des mélanges bitumineux".

## VII- Conclusion

La présente étude a porté sur deux types particuliers de bitume provenant d'une même raffinerie du Québec. Les conclusions suivantes concernent ces produits et toute généralisation ou interpolation doit être faite avec circonspection.

- 1° La pénétration du bitume diminue avec l'augmentation de la température de malaxage.
- 2° La viscosité et la teneur en asphaltène du bitume augmente avec la température de malaxage.
- 3° Une augmentation de la température de malaxage diminue la ductilité du 85-100, mais augmente légèrement celle du 150-200.
- 4° La qualité d'enrobement du 85-100 augmente légèrement avec la température de malaxage, mais c'est l'inverse pour le 150-200.
- 5° Le spectre à l'infrarouge du bitume est modifié par le malaxage, mais les températures de malaxage entre 300 et 350 ne l'affectent pas.
- 6° Les densités et la force de tension à  $-5^{\circ}\text{C}$  ( $23^{\circ}\text{F}$ ) des mélanges bitumineux sont très peu affectées par la température de malaxage.
- 7° L'essai d'étuvage en couche mince (TFOT) cause un durcissement analogue au malaxage à  $300^{\circ}\text{F}$  pour le bitume 85-100 et

à 290°F pour le bitume 150-200.

8° Les mélanges bitumineux au 85-100 résistent mieux à l'usure des crampons que ceux au 150-200.

9° La résistance à l'usure du mélange bitumineux semble varier inversement avec la température de malaxage.

Tous ces faits montrent que la température de malaxage est une caractéristique très importante dans la fabrication des mélanges bitumineux et qu'il faut la contrôler étroitement afin que le mélange ait les meilleures propriétés possibles.

REFERENCES

- 1- C.L. Monismith, "Asphalt Paving Mixtures". Institute of Transportation and Traffic Engineering, University of California, Berkeley, California, 1961.
- 2- E.J. Barth, "Asphalt Science and Technology. New York: Gordon and Breach, 1962.
- 3- R. Langlois et P. Larochele, "Influence d'Antioxydants sur un Ciment Asphaltique 85-100", Proc. CTAA, Vol. XV (1970).
- 4- F.N. Hveem, "Effects of Time and Temperature on Hardening of Asphalts", HRB Special Report 54, Washington, (1960).
- 5- R. Bright and E. Reynolds, "Effect of Mixing Temperature on Hardening of Asphaltic Binder in Hot Bituminous Concrete Under Stated Conditions", North Carolina State College, Raleigh, 1961.
- 6- R.N. Traxler, "Pavement Performance and Durability as Affected by Asphalt Properties", Proc. AAPT, Vol. 32 (1963).
- 7- P. Wright and R. Paquette, "Hardening of Asphalt in Hot Bituminous Mixes During the Hauling Process", HRB, Record 132, Washington, (1966).
- 8- R. Bright, et. al., "Early Hardening of Asphalt in Hot Bituminous Paving Mixtures", North Carolina State University, Raleigh, 1966.
- 9- L. Sandvig and A. Kofalt, "Penetration and Viscosity Functions in Bituminous Concrete", Proc. AAPT, Vol. 37 (1968).
- 10- R.G. Clark, discussion on Paul & Welborn, "Studies of the Hardening Properties of Asphaltic Materials", Proc. AAPT, Vol. 21 (1952).
- 11- R.G. Clark, "Practical Results of Asphalt Hardening on Pavement Life", Proc. AAPT, Vol. 27 (1958).
- 12- R. Lottman, et. al., "Change of Asphalt Viscosity During Mixing with Hot Aggregates", Proc. AAPT, Vol. 32 (1963).
- 13- R.N. Traxler, "Changes in Asphalt Cements During Preparation, Laying and Service of Bituminous Pavements", Proc. AAPT, Vol. 36 (1967).
- 14- J. Skog, E. Zube and F.N. Hveem, "Progress Report on the Zaca-Wigmore Experimental Asphalt Test Project", ASTM Special Technical Publication No 277 (1959).

- 15- J.Y. Welborn, "Asphalt Hardening; Fact and Fallacy", Proc. CTAA, Vol. XIV (1969).
- 16- R.F. Coons and P.H. Wright, "An Investigation of the Hardening of Asphalt Recovered from Pavements of Various Ages", Proc. AAPT, Vol. 37 (1968).
- 17- R.H. Gietz and P.R. Lamb, "Age-Hardening of Asphalt Cement and its Relationship to Lateral Cracking of Asphaltic Cement", Proc. AAPT, Vol. 37 (1968).
- 18- R.W. Culley, "Relationships between Hardening of Asphalt Cements and Transverse Cracking of Pavements in Saskatchewan", Proc. AAPT, Vol. 38 (1969).
- 19- R. Langlois, G. Roberge et M. Côté, "Analyse des Mélanges Bitumineux au Québec", Laboratoire Central, Ministère des Transports du Québec (1974).
- 20- C. Langlois, H. Clermont, J.H. Keyser, "Montreal Method for Recovery of Asphalt from Bituminous Mixtures", Proc. CTAA, Vol. VII (1962).
- 21- Campbell and Wright, "Journal of Research of National Bureau of Standards, C. Engineering and Instrumentation", Vol. 68C, No 2, April-June 1964.
- 22- "Proposed Method of Test for Stripping of Bitumen Aggregate Mixtures (Tracer Salt Method)" 1969, Book of ASTM Standards, Part 11.
- 23- J.J. Breen, J.E. Stephens, "Fatigue and Tensile Characteristics of Bituminous Pavements at Low Temperatures", Proc. CTAA, Vol. XI (1966).
- 24- G.-Ls Huot et L.P. Blanchard, "Etude Comparative de la Composition chimique des Bitumes Fabriqués au Québec", Proc. CTAA, Vol. XVIII (1973).

TABLEAU 1

Granulométrie du mélange

<u>Tamis No</u>	<u>% Passant</u>
3/4	100
1/2	97.0
3/8	82.0
4	66.0
8	43.0
16	32.0
30	21.5
50	10.0
100	4.0
200	2.0

TABLEAU 2

Caractéristiques des bitumes

<u>Caractéristiques</u>	<u>85-100</u>	<u>150-200</u>
Pénétration	97	177
Viscosité cinématique à 275°F	272	235
Ductilité à 60°F	108	97
Poids spécifique	1.0072	1.0063
Point Eclair (°F)	608	570
TFOT		
% pénétration retenu	63	49.1
% perte en poids	0.003	0.238
Solubilité dans le trichloroéthylène (%)	99.85	99.89

TABLEAU 3

Résultats des spectres à l'infrarouge

Type de Bitume	Transmittance (%)	
	$\nu = 1690 \text{ cm}^{-1}$	$\nu = 1035 \text{ cm}^{-1}$
<u>85-100</u>		
Original	96.9	95.7
Après malaxage à 300°F	93.3 - 91.5	87.8 - 83.8
Après malaxage à 350°F	92.0 - 92.7	86.3 - 80.0
Après TFOT	94.2	94.4
<u>150-200</u>		
Original	97.2	96.2
Après malaxage à 300°F	92.0 - 91.9	86.0 - 88.7
Après malaxage à 350°F	93.2 - 93.1	82.3 - 86.5
Après TFOT	93.9	95.9

$\nu$  = nombre d'ondes

TABLEAU 4

Résultats des spectres à l'infrarouge

Type de bitume	Transmittance (%)	
	$\nu = 1465 \text{ cm}^{-1}$ (Cl <sub>3</sub> et Cl <sub>2</sub> )	$\nu = 1380 \text{ cm}^{-1}$ (CH <sub>3</sub> )
<u>85-100</u>		
Original	40.2	58.6
Après malaxage à 300°F	35.3	49.4
Après malaxage à 350°F	35.2	51.8

$\nu$  = nombre d'ondes

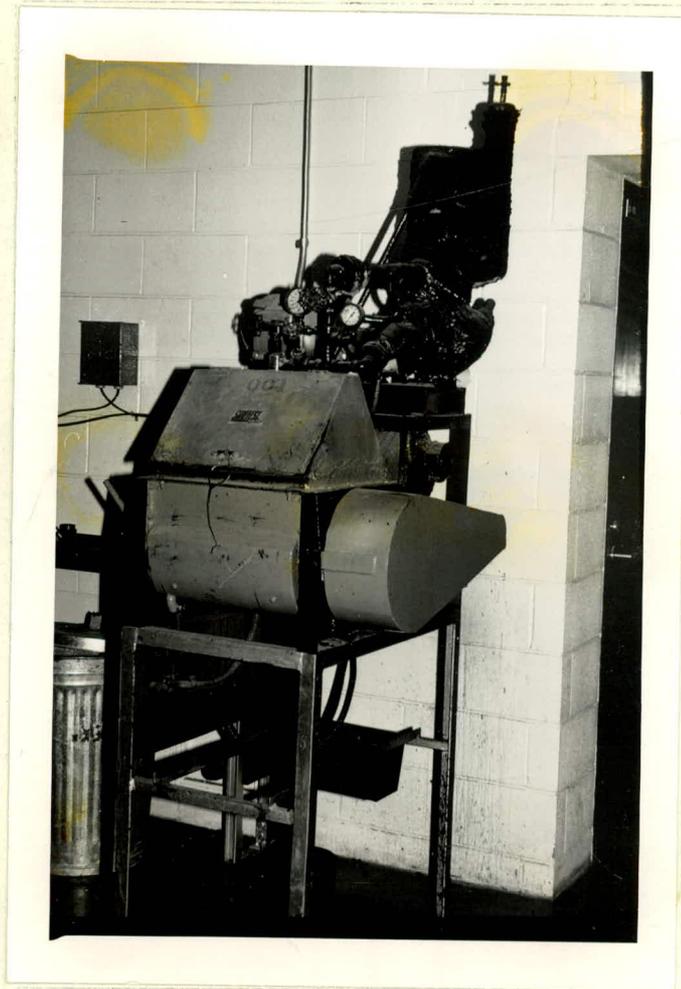
TABLEAU 5

Profondeur des ornières après usure (Pouces)

Endroit de la mesure	Type de mélange			
	85 - 100		150 - 200	
	T = 300°F	T = 350°F	T = 300°F	T = 350°F
Intérieur: $\bar{X}$	0.053	0.050	0.148	0.120
$\sigma$	0.033	0.041	0.043	0.024
Centre: $\bar{X}$	0.030	0.033	0.117	0.081
$\sigma$	0.018	0.022	0.044	0.015
Extérieur: $\bar{X}$	0.065	0.034	0.095	0.055
$\sigma$	0.048	0.026	0.032	0.015
Total: $\bar{X}$	0.050	0.039	0.102	0.085
$\sigma$	0.037	0.030	0.044	0.040

Où  $\bar{X}$  = moyenne

$\sigma$  = écart type



Photos # 1 et # 2: Petit malaxeur à pales jumelées pour fabriquer les mélanges bitumineux en laboratoire

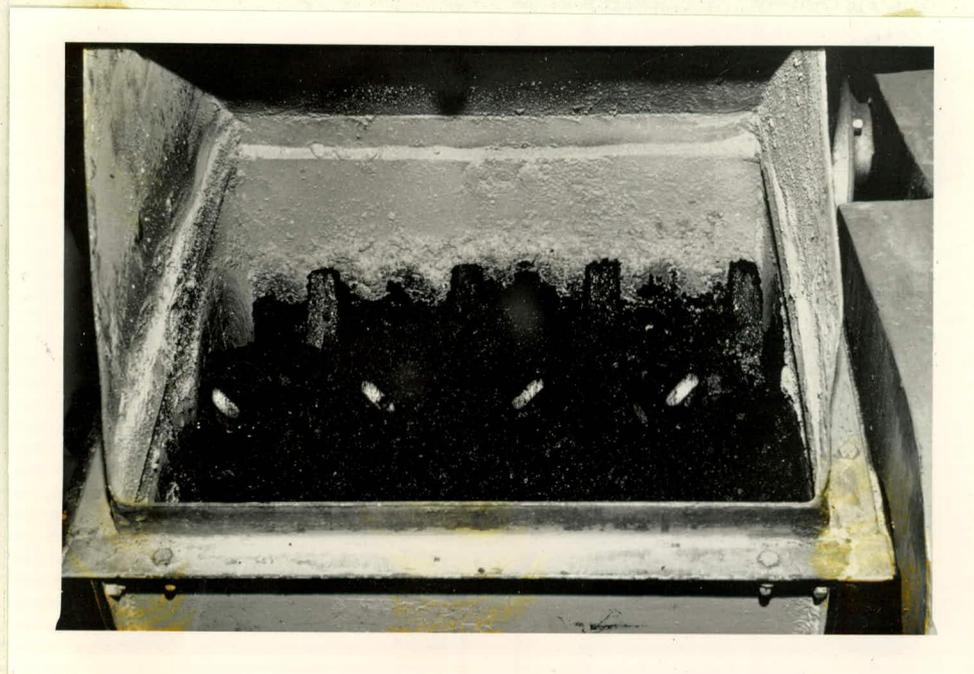


Photo # 3: Appareillage pour la  
fabrication des dalles  
de mélange bitumineux



Photo # 4: Manège installé dans  
une chambre froide pour  
l'exécution des essais  
d'usure

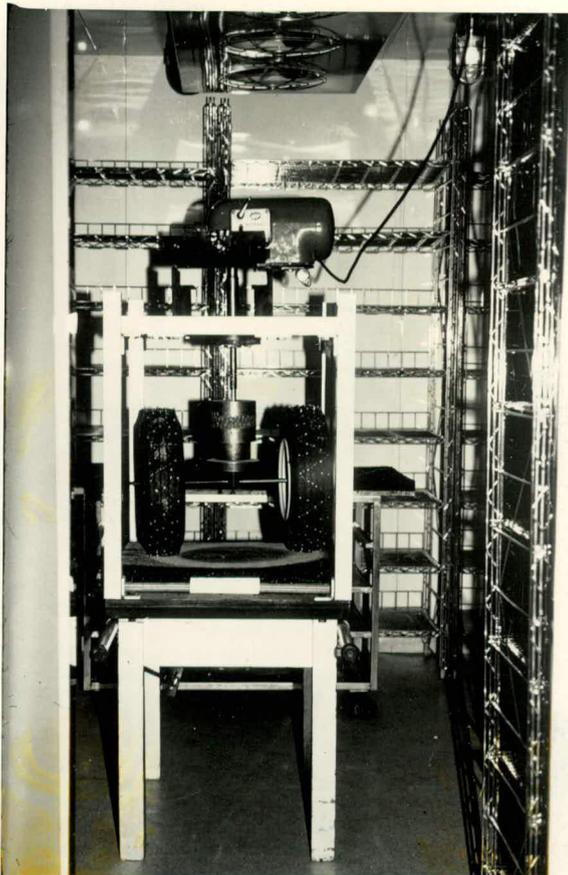


Figure 1

PÉNÉTRATION VS TEMPÉRATURE

bitume 85-100

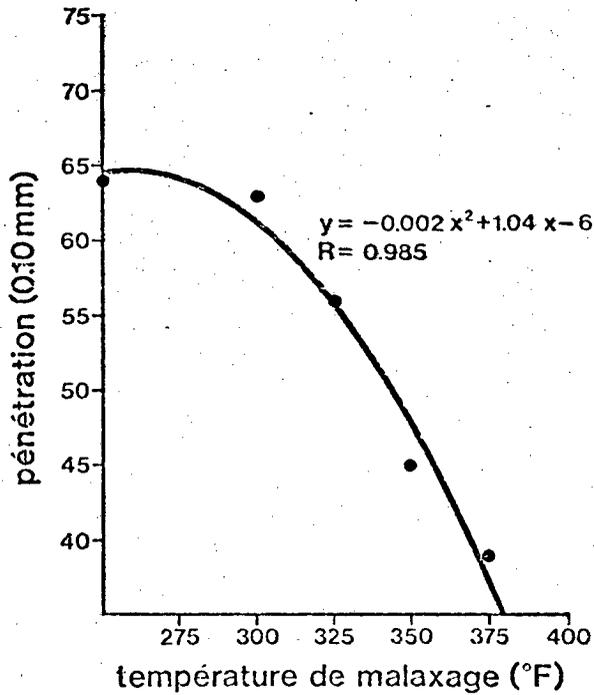


Figure 2

PÉNÉTRATION VS TEMPÉRATURE

bitume 150-200

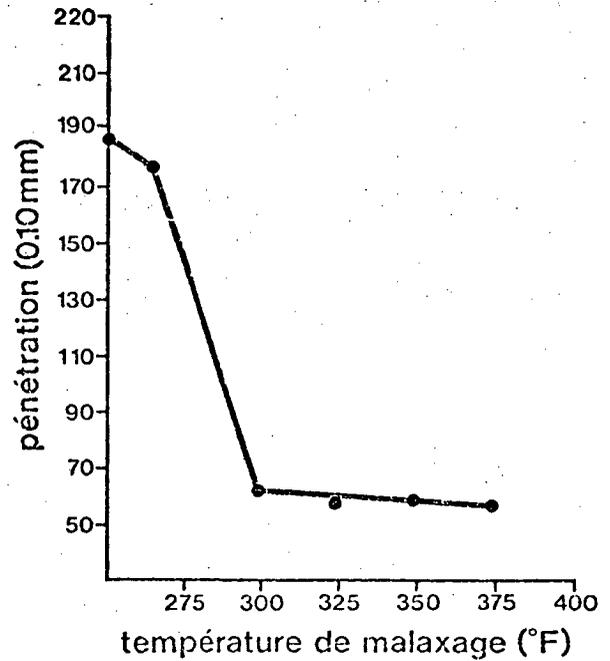


Figure 3

VISCOSITÉ VS TEMPÉRATURE

bitume 85-100

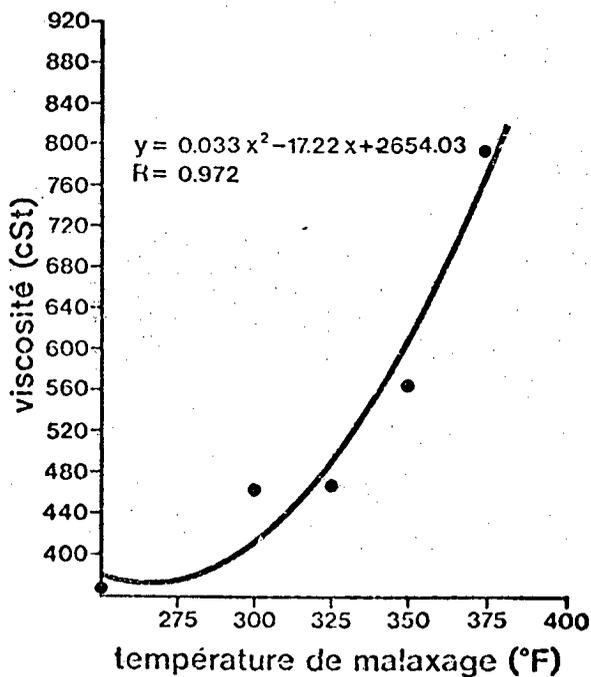


Figure 4

VISCOSITÉ VS TEMPÉRATURE

bitume 150-200

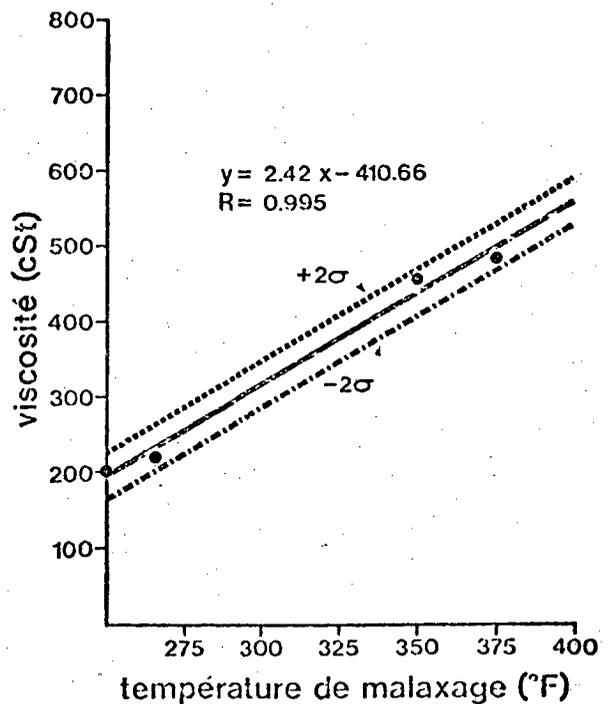


Figure 5

DUCTILITÉ VS TEMPÉRATURE  
bitume 85-100

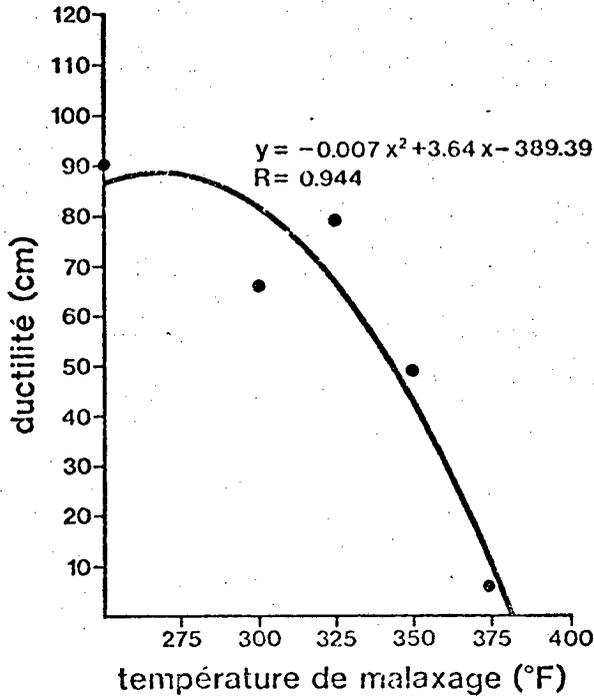


Figure 6

DUCTILITÉ VS TEMPÉRATURE  
bitume 150-200

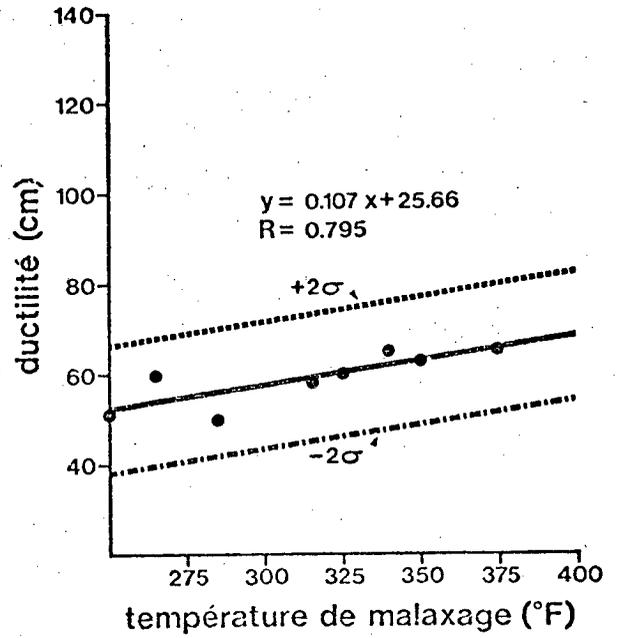


Figure 7

ASPHALTÈNES VS TEMPÉRATURE  
bitume 85-100

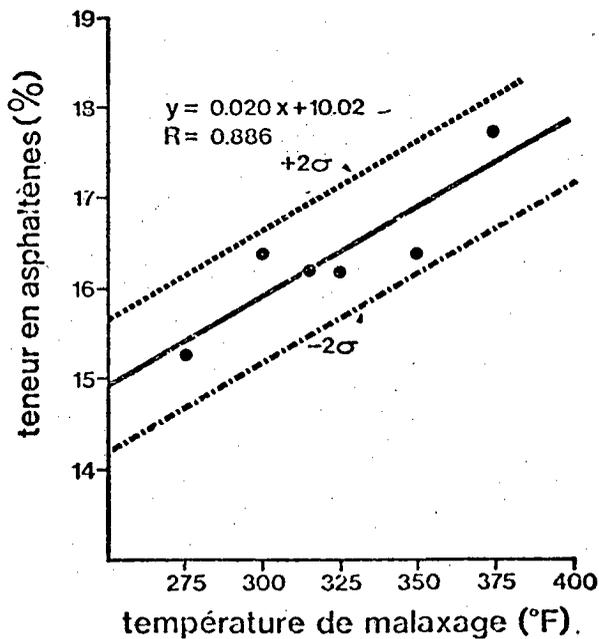


Figure 8

ASPHALTÈNES VS TEMPÉRATURE  
bitume 150-200

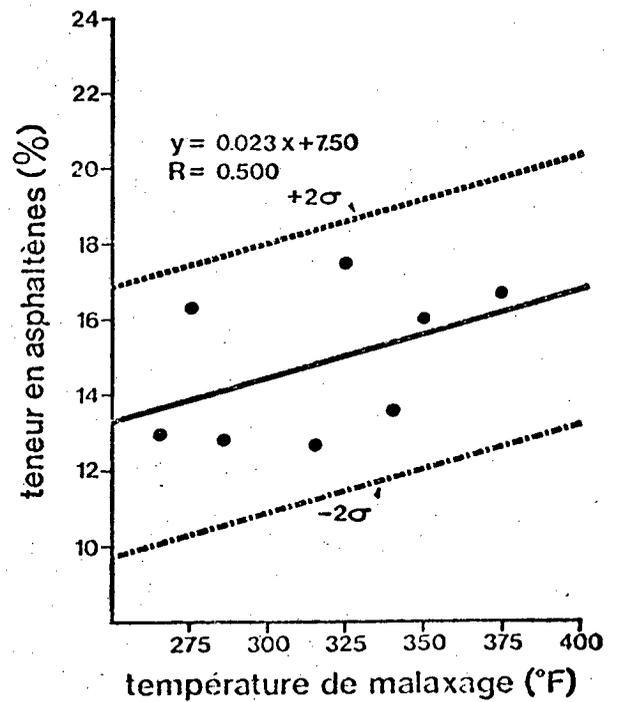


Figure 9

SPECTRE À L'INFRAROUGE DU BITUME 85-100

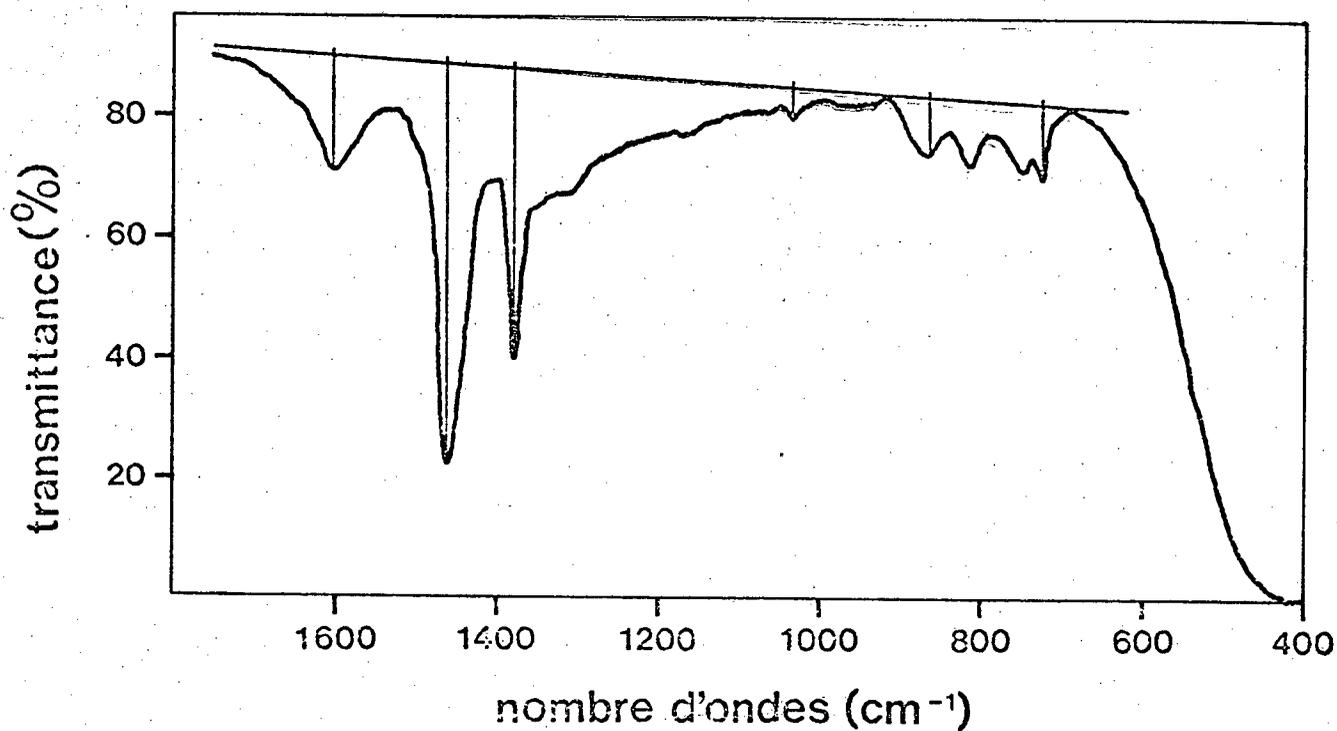


Figure 10

SPECTRE À L'INFRAROUGE DU BITUME 150-200

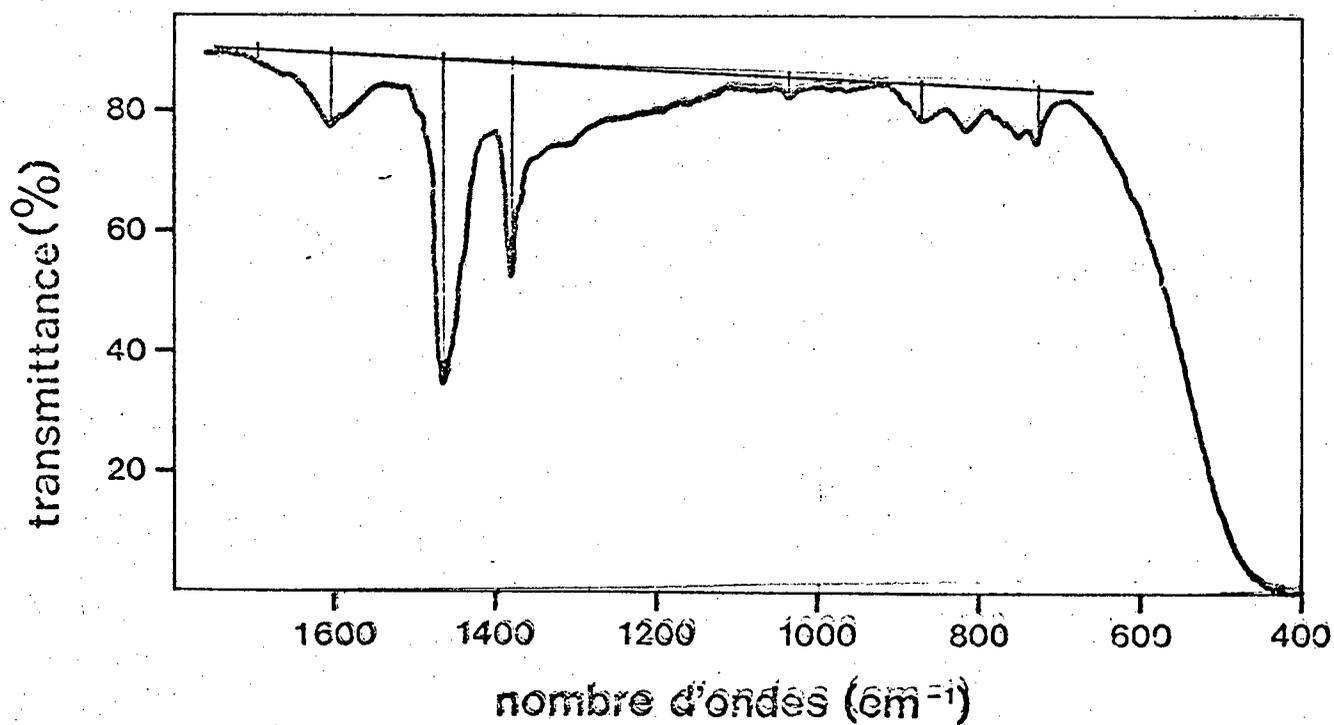


Figure 11

ENROBEMENT VS TEMPÉRATURE  
bitume 85-100

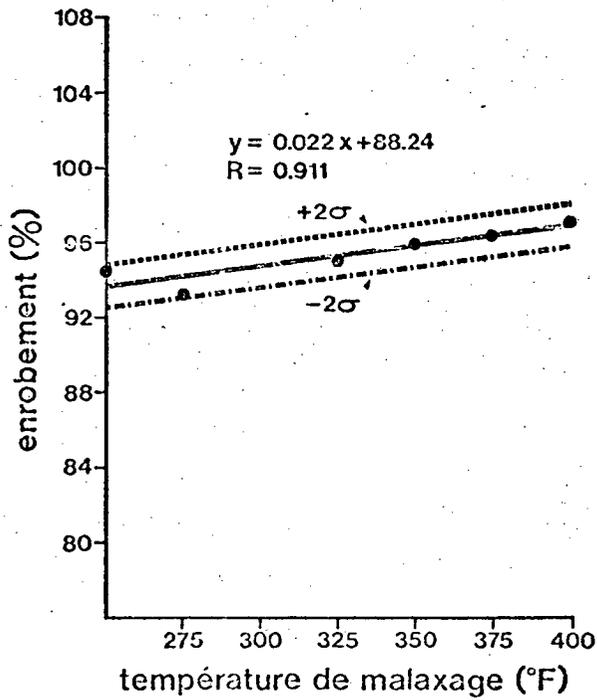


Figure 12

ENROBEMENT VS TEMPÉRATURE  
bitume 150-200

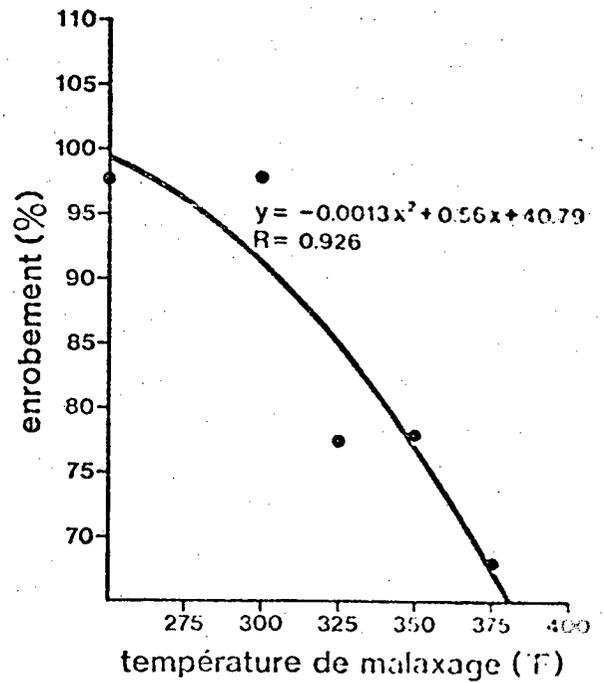


Figure 13

DENSITÉ BRUTE VS TEMPÉRATURE  
bitume 85-100

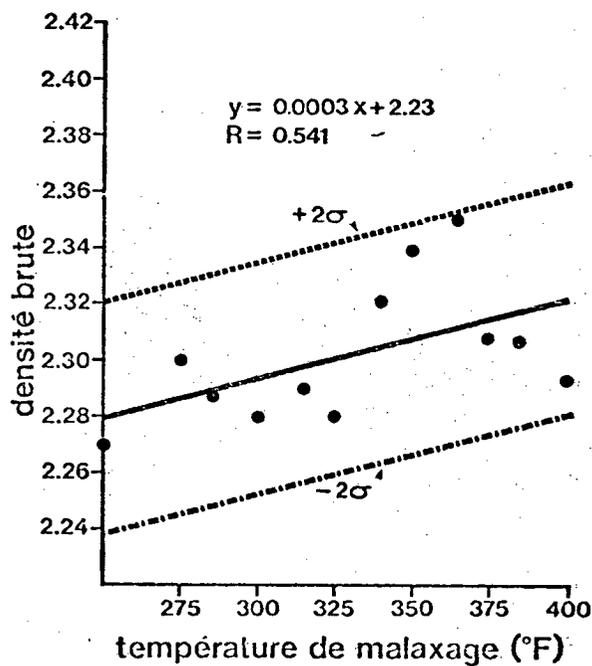


Figure 14

DENSITÉ BRUTE VS TEMPÉRATURE  
bitume 150-200

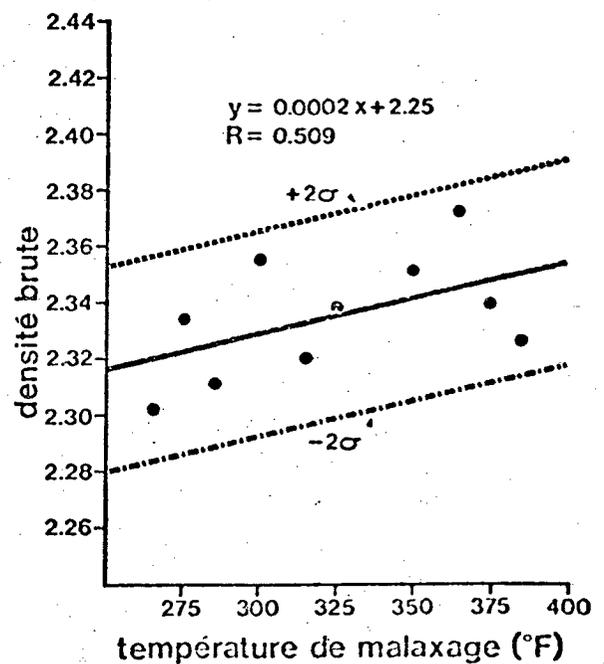


Figure 15

DENSITÉ MAXIMUM VS TEMPÉRATURE  
bitume 85-100

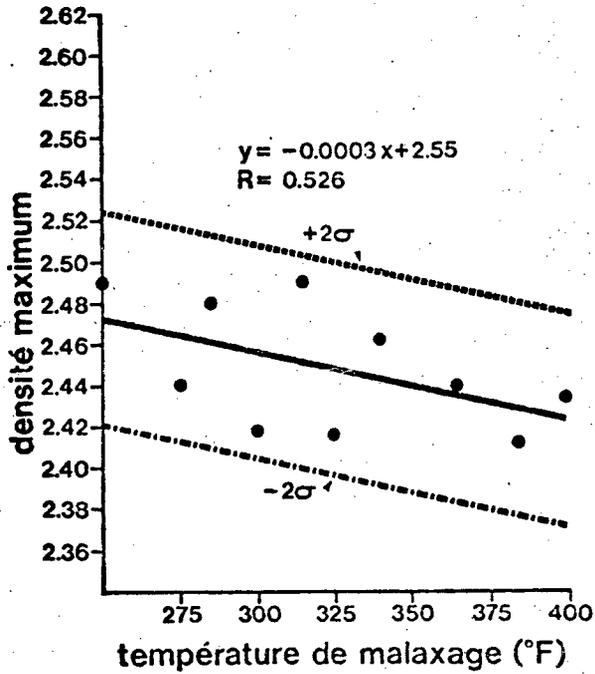


Figure 16

DENSITÉ MAXIMUM VS TEMPÉRATURE  
bitume 150-200

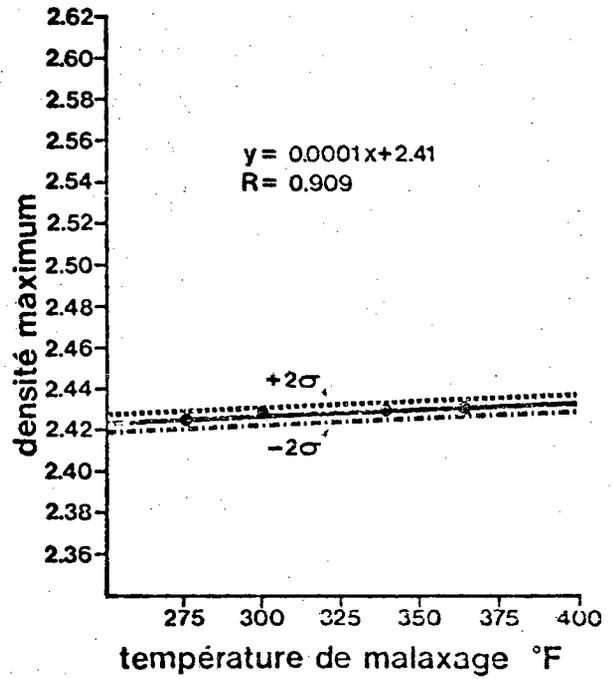


Figure 17

TENSION VS TEMPÉRATURE  
bitume 85-100

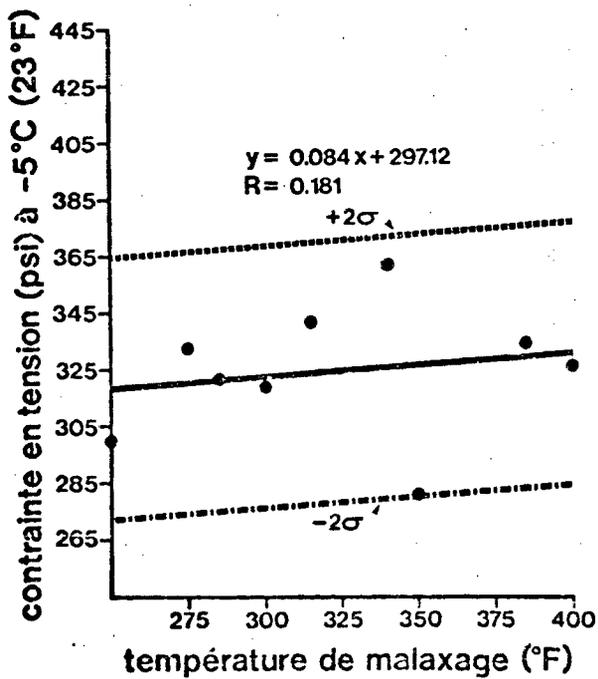
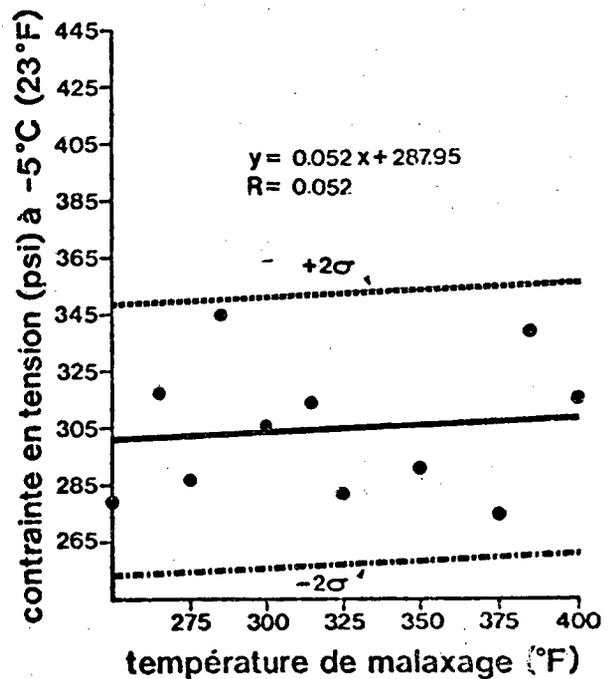


Figure 18

TENSION VS TEMPÉRATURE  
bitume 150-200



MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 102 161