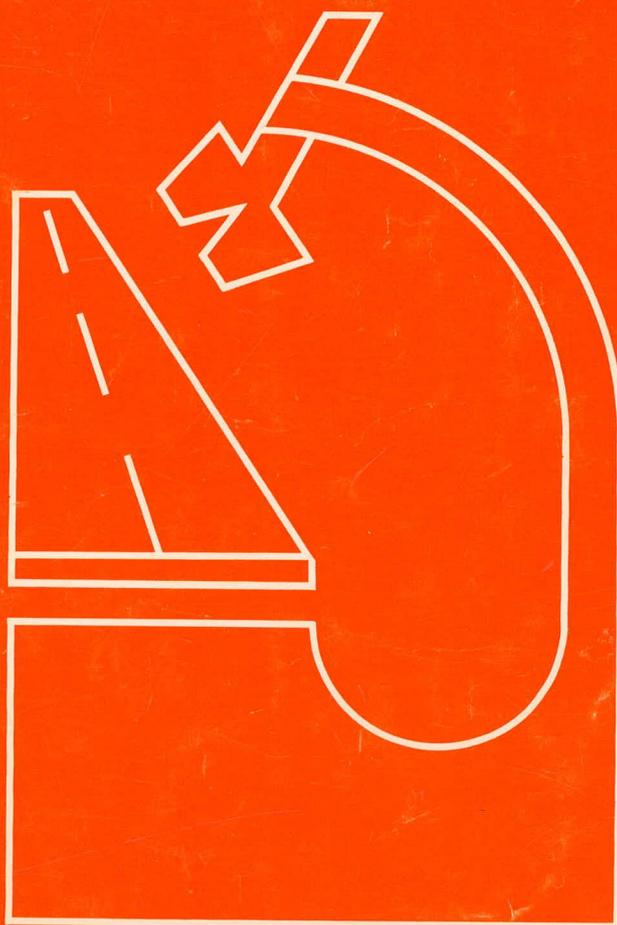


MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e
QUÉBEC (QUÉBEC)
G1K 5Z1

REVÈTEMENTS FLEXIBLES ✓

REVÈTEMENTS BITUMINEUX ✓

Ministère
Centre de



LABORATOIRE CENTRAL

SOLS ET MATÉRIAUX

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



CANQ
TR
GE
SM
140



470 675

RT 72-2

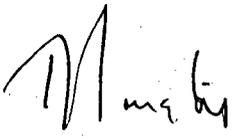
MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
~~200, RUE DORCHESTER SUD, 7e~~
~~QUÉBEC, (QUÉBEC)~~
~~G1H 5Z1~~

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

REVETEMENTS FLEXIBLES ✓

REVETEMENTS BITUMINEUX ✓

Ministère des Transports
Centre de documentation
930, Chemin Ste-Foy
8e étage
Québec (Québec)
G1S 4X9



Préparé par: Richard Langlois, ing., M.Sc.
Laboratoire Central
Ministère des Transports
Complexe Scientifique
2700, rue Einstein
Ste-Foy, Québec
G1P 3W8

Québec, le 21 octobre 1975.

RL/fg

CANQ
TR
GE
SM
140

I- FACTEURS A CONSIDERER POUR FAIRE UN BON DESIGN DE REVETEMENT

Pour obtenir un bon revêtement, il faut que le mélange dont il est fait possède au moins un juste milieu des propriétés suivantes: (pas nécessairement par ordre d'importance)

- 1- Stabilité
- 2- Durabilité
- 3- Flexibilité
- 4- Résistance à la fatigue
- 5- Résistance à la glissance
- 6- Perméabilité faible: imperméabilité
- 7- Résistance à la rupture par tension

- 1- Stabilité: C'est la résistance à la déformation sous une charge.

Elle est fonction de la friction entre les granulats (principal contributeur), de la cohésion et de l'inertie.

Pour une charge appliquée lentement et à une température élevée, la friction des particules d'agrégats dépend de la texture de la surface des particules.

Une bonne stabilité est obtenue avec une teneur en bitume basse et une grande compacité.

- 2- Durabilité: C'est la résistance à l'action des intempéries et à l'abrasion du trafic.

Elle peut être définie aussi comme la capacité de résister aux changements causés par les conditions climatiques (air, soleil, pluie).

Une bonne durabilité est obtenue par une teneur en bitume élevée, une compacité élevée et une granulométrie dense.

- 3- Flexibilité: C'est l'aptitude du revêtement à suivre les variations d'élévation des fondations sans se fissurer.

Une bonne flexibilité est obtenue par une teneur en bitume élevée et une granulométrie ouverte.

- 4- Résistance à la fatigue: C'est l'aptitude du revêtement à subir la répétition des charges sans se fissurer.

Elle est reliée à l'intensité des contraintes ou des déformations de tension induites dans le revêtement. Elle dépend donc des caractéristiques des fondations.

Une bonne résistance est obtenue par une teneur en bitume élevée et une compacité élevée.

- 5- Résistance à la glissance: C'est la propriété qui procure au revêtement suffisamment de friction pour permettre aux véhicules de ralentir ou d'arrêter dans une distance suffisante et de tourner les courbes sans trop déraper.

Elle dépend aussi de conditions autres que les propriétés du mélange, comme la saleté (feuille, poussière), la glace, la neige et l'eau trop abondante.

Une bonne résistance est obtenue par une teneur en bitume assez basse, un agrégat avec une texture de surface rugueuse et dure.

- 6- Imperméabilité: C'est la résistance à faire passer l'air, l'eau et la vapeur d'eau.

Une bonne imperméabilité est obtenue par une teneur en bitume élevée, une granulométrie dense et une compacité élevée.

- 7- Résistance à rupture par tension: C'est la propriété qui permet au revêtement de subir un étirement en tension sans fissuration.

C'est une propriété importante si des charges lourdes circulent sur le revêtement à basse température.

Le plus grand risque de rupture se situe aux environs de -5°C (23°F), car alors il y a la combinaison la plus défavorable de charge vive et de contraction due au froid.

La force de tension peut être de 1000 psi, mais après des charges répétées, elle est ordinairement réduite à 850 psi.

Une bonne résistance est obtenue par une teneur en bitume élevée et une compacité élevée.

En résumé, le design pour certaines conditions spécifiques requière un compromis parmi certaines variables d'un mélange. En effet, selon l'usage que l'on en fait, c'est une des propriétés qu'il faut maximiser pour obtenir le revêtement requis. Le tableau I résume les principales caractéristiques qui influencent les propriétés des revêtements et montre l'importance du compactage tout comme l'annexe A, tirée de la thèse de maîtrise de Horng Lam Srun dirigée par J.-Hode Keyser.

II- METHODES DE DESIGN DES MELANGES BITUMINEUX

Les principales méthodes sont énumérées et bien résumées dans le tableau II. Ce tableau est tiré du volume "Dosage et analyse des mélanges bitumineux" de monsieur J.-Hode Keyser.

III- LIANTS BITUMINEUX

Les liants bitumineux sont de quatre types et sont sommairement décrits dans le tableau III. De plus, le tableau IV présente leurs principaux usages.

IV- TYPES DE REVETEMENTS BITUMINEUX

Le texte suivant, publié dans l'Equipe de juillet-août 1972, décrit brièvement les divers types de revêtements bitumineux.

Plusieurs types de revêtement bitumineux sont utilisés comme surface de roulement sur les routes au Québec. Les principaux sont au nombre de quatre:

- 1- Les mélanges bitumineux ou enrobés bitumineux.
- 2- Les traitements de surface.
- 3- Les bitumacadam.
- 4- Les coulis de scellement.

Ces revêtements sont dits bitumineux, car ils sont constitués d'agrégats et de liants bitumineux. Ces derniers peuvent être de l'un des quatre (4) types indiqués au tableau III.

1- Les mélanges bitumineux

Ces mélanges se divisent en deux groupes: ceux préparés en centrale et ceux fabriqués sur la route.

A) Les mélanges préparés en centrale

Ces mélanges sont dits "à chaud" lorsque les agrégats et les liants bitumineux sont chauffés pour faciliter le malaxage et la pose sur la route. Ils sont dits "à froid" si l'agrégat n'est pas chauffé.

Les mélanges à chaud sont appelés béton bitumineux lorsque le liant employé est un bitume. Les mélanges à chaud peuvent être également fabriqués avec un bitume liquide ou une émulsion de bitume.

Deux sortes de centrales servent à fabriquer les mélanges bitumineux: celles à fournée et celles continues (fig. 1 et 2, Annexe B).

Ces mélanges sont - posés à l'aide d'une épandeuse (paver) spéciale (fig. 3). Ils sont également posés avec des niveleuses ou à la main selon les genres de travaux.

La qualité des mélanges à chaud peut être grandement influencée par la température de malaxage comme l'indique l'annexe C.

B) Les mélanges fabriqués sur la route

Ces mélanges se caractérisent par l'outillage utilisé pour sa fabrication et la pose. Il en existe donc trois sortes:

- a) Ceux fabriqués par une usine automotrice; ils peuvent être faits avec un bitume liquide, une émulsion de bitume ou un bitume moussé (voir figures 4 et 5). Si l'usine fabrique le mélange en andain, l'épandage se fait à la niveleuse.
- b) Ceux fabriqués avec malaxeur pulvérisateur; un bitume liquide ou une émulsion de bitume peut être employé comme liant (voir figures 6 et 7). L'épandage du mélange est fait à la niveleuse.
- c) Ceux fabriqués avec niveleuse; un bitume liquide est surtout employé comme liant bien que dans certains cas on peut utiliser une émulsion (voir figures 8 et 9).

Ces mélanges sont utilisés comme couche de roulement sur des routes secondaires ou comme base stabilisée sur les grandes routes.

La compacité est une propriété très importante pour ces revêtements. Elle est obtenue par l'action des rouleaux à cylindres d'acier et/ou à pneus multiples.

2- Les traitements de surface

Ce revêtement consiste en une application d'agrégat sur une couche de bitume liquide ou d'émulsion de bitume (voir figures 10 et 11). Le traitement est simple ou multiple selon qu'il est constitué de une ou plusieurs couches.

Ce genre de revêtement est utilisé sur les routes secondaires.

3- Les bitumacadam

Ce revêtement consiste en une ou plusieurs couches de pierres concassées qu'un bitume liquide ou une émulsion de bitume lie lorsqu'il est épandu sur les couches de pierres et qu'il les pénètre.

Le bitumacadam est surtout employé comme couche de base. Pour être utilisé comme surface de roulement, un traitement de surface simple ou un coulis de scellement doit le recouvrir.

4- Les coulis de scellement

Ce revêtement est un mélange d'émulsion de bitume, d'agrégat fin et d'eau. Il est fabriqué et épandu par une machine spécialement conçue à cet usage (voir figure 12). Le coulis de scellement est surtout employé dans la province de Québec pour recouvrir les accotements stabilisés. Ce revêtement très fin (1/4 pouce) ne résiste pas longtemps à l'action néfaste des pneus à crampons, aussi n'est-il pas utilisable économiquement sur les routes provinciales. Cependant, à cause de sa facilité de pose et de sa faible épaisseur, c'est un revêtement qui peut s'avérer très avantageux pour les rues résidentielles d'une ville.

Il existe d'autres types de revêtement bitumineux et plusieurs modifications des quatre revêtements décrits précédemment. La province de Québec ne les utilise pas tous, mais si leur utilisation devient avantageuse, elle les emploiera sûrement.

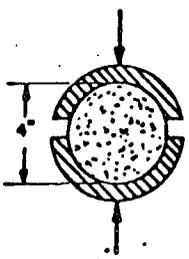
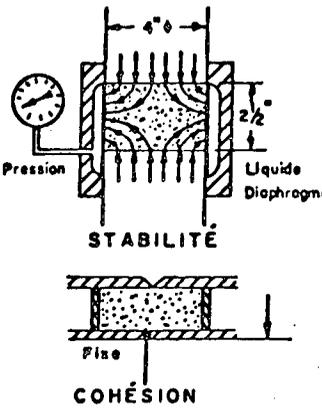
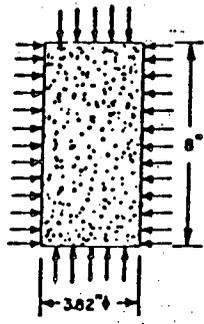
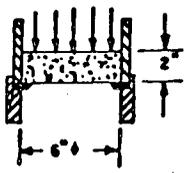
TABLEAU I

CARACTERISTIQUES DESIRABLES POUR OBTENIR LES PROPRIETES OPTIMUM D'UN MELANGE

	<u>Teneur en bitume</u>	<u>Granulométrie</u>	<u>Compacité</u>
Stabilité	Basse	Dense	Elevée
Durabilité	Elevée	Dense	Elevée
Flexibilité	Elevée	Ouverte	—
Résistance à la fatigue	Elevée	Dense	Elevée
Antidérapance	Basse	* Dense ou ouverte	** Elevée
Imperméabilité	Elevée	Dense	Elevée
Force de tension	Elevée	Dense	Elevée

* Les deux ont donné des bons résultats et la texture de la particule et agrégat a plus d'importance.

** C'est pour assurer que les particules ne seront pas arrachées par des forces de traction en surface.

	MARSHALL	HVEEM	TRIAXIALE	HUBBARD-FIELD
Principe	Ecrasement entre deux mâchoires cylindriques	Compression confinée sur échantillon non-rationnel	Compression confinée sur échantillon rationnel	Cisaillement
				
Dimensions de l'échantillon	2½ po x 4 po	2½ po x 4 po	8 po x 3.82 po	Originale: 1 po x 2 po Modifiée: 2 po x 6 po
Critères de base	Stabilité — Déformation — Volume des vides	Stabilité — Cohésion — Gonflement	Stabilité — Vides	Stabilité — Vides
Vides	3-5%	4% minimum	5-10%	2.5%
Densité relative	Apparente	Apparente	Brute (bulk)	Brute (bulk)
Vitesse d'application de la charge	2 po/min	0.05 po/min	0.001 po	2.4 po/min
Compactage approximatif	225° F — 50 à 75 coups de dame par face	250° F, compactage par pétrissage	150° F, charge statique de 2500 lb/po²	Compression 3000 lb/po²
Température de l'essai	140° F	140° F	75° F	140° F
Limitations	Mélange chaud — Bitume à pénétration Agrégat maximal 1 po	Bitume à pénétration et asphalte liquide Agrégat maximal 1 po	Bitume à pénétration et asphalte liquide Agrégat maximal 1 po	Originale: mélange fin Modifiée, agrégat maximal ¾ po
Avantages	Essais possibles sur carottes, peu coûteux — Nombreuses études de corrélation — Application à l'étude de formules de mélanges et au contrôle sur le chantier	Essais possibles sur carottes — Exécution facile — Compactage par pétrissage — Les résultats antérieurs du comportement de la chaussée sont essentiels	Dimensions rationnelles de l'échantillon — Connaissance complète des efforts — Conditions semblables à celles du chantier	Facile à exécuter — Echantillon peu volumineux — Nombreuses études de corrélation
Inconvénients	Analyse qualitative empirique	Appareils coûteux et empiriques — Pas de limite supérieure pour R — Corrélations pour granulométrie fermée seulement	Echantillon volumineux — Expérience nécessaire — Exige plus de temps	Empirique — Variables non contrôlées — Pas de corrélation avec la méthode modifiée

TABEAU III

Les liants bitumineux et leurs conditions
de température d'utilisation lors du malaxage

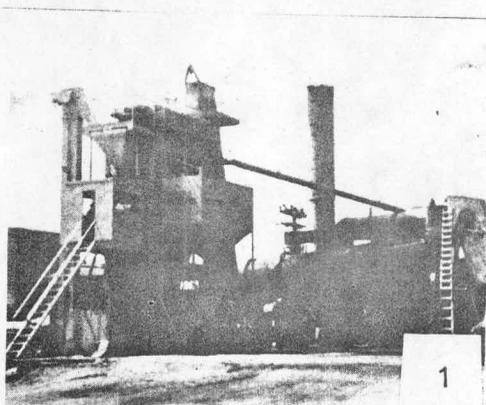
<u>Type de Liant</u>	<u>Température de malaxage</u>	
	<u>Liant</u>	<u>Agrégat</u>
Bitume (ciment asphaltique)	C	C
Bitume moussé (Foam asphalt) (bitume dispersé en mousse par la vapeur d'eau)	C	A
Bitume liquide (Cut back) (bitume dissout dans un solvant)	C - M - A	M - A
Emulsion (bitume dispersé dans l'eau avec agent émulsifiant)	M - A	C - M - A

Où: C = Chaude (plus de 225°F)
M = Moyenne (entre 100°F et 225°F)
A = Ambiante (température de l'air
ambiant ou procuré par
les conditions climati-
ques)

TABLEAU IV - PRINCIPAUX USAGES DES LIANTS BITUMINEUX

GENRE DE REVETEMENT	LIANTS SEMI-SOLIDES				LIANTS LIQUIDES																			
	BITUMES				BITUMES LIQUIDES (CUT-BACK)								EMULSIONS											
	60-70	85-100	120-150	200-300	RC-		RM-	MC-			SC-			ANIONIQUES		CATIONIQUES								
					70	250		800	3000	20	30	70	250	800	3000	70	250	800	3000	RS-1	RS-2	MS-2	SS-1	SS-1h
ENROBES	EN CENTRALE - A CHAUD																							
	BETON BITUMINEUX																							
	EN CENTRALE - A FROID																							
	Avec Agrégat Dense																							
	Pour Réparation immédiate																							
	Pour Réparation future																							
	En PLACE - A FROID																							
	Texture Poreuse																							
	Texture Dense																							
	Coulis de Scellement																							
AUTRES	BITU-MACADAM																							
	Texture Poreuse																							
	Texture Dense																							
	ENDUIT SUPERFICIEL (Trait. Surf)																							
	COUCHE de SCELLEMENT au SABLE																							
	COUCHE D'IMPRESSION (Sur gravier)																							
	Texture Poreuse																							
	Texture Dense																							
	COUCHE D'ACCROCHAGE (Sur Pavage)																							
	COUCHE de RENOUVELLEMENT (En brume)																							
ABAT-POUSSIÈRE																								
EMPLISSAGE de JOINTS																								

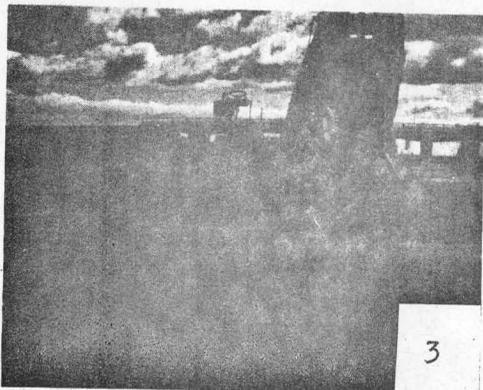
- D'emploi le plus fréquent
- X D'emploi moins fréquent
- l Souvent dilué avec de l'eau



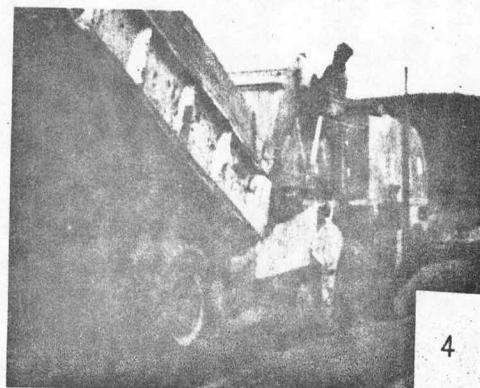
1
Centrale à fournée pour mélange bitumineux à chaud.



2
Centrale continue pour mélange bitumineux à froid.



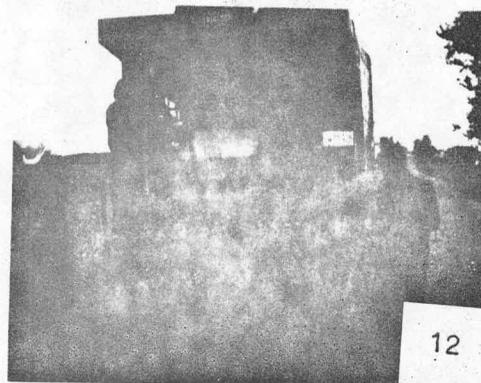
3
Épandeuse (paver) posant un béton bitumineux sur une largeur de 28'.



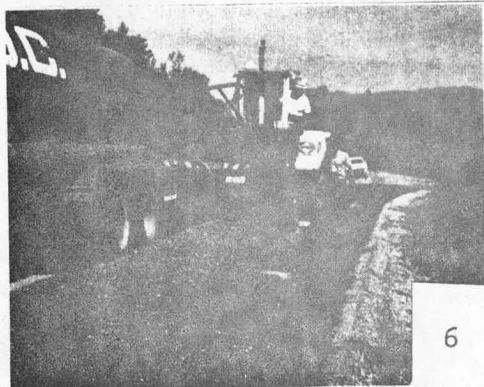
4
Usine automotrice fabriquant et posant un mélange au bitume moussé.



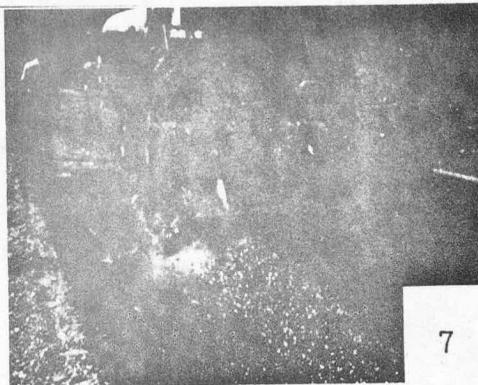
5
Usine fabriquant en andain un mélange à l'émulsion de bitume.



12
Fabrication et pose d'un coulis de scellement.



6

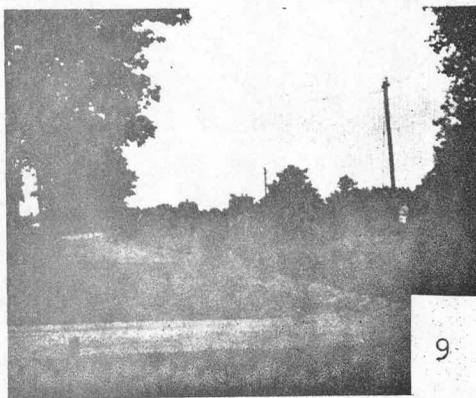


7

Malaxeur pulvérisateur fabriquant un mélange à l'émulsion de bitume.

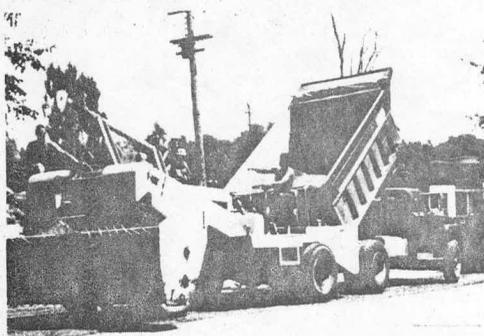


8



9

Fabrication avec niveleuse d'un mélange au bitume liquide.



10



11

Outillage et exécution d'un traitement de surface à l'émulsion.

ANNEXE A

Extrait de la thèse de maîtrise de Horng Lam Srun sur la
compactibilité des mélanges bitumineux conformes aux devis
courants. Cette thèse a été dirigée par J.-Hode Keyser.

IMPORTANCE DE LA COMPACTION

La compacité des couches d'enrobés bitumineux et son évolution au cours du temps jouent un grand rôle dans la tenue sous le trafic de ces couches mêmes et de l'ensemble de la chaussée (figure 1).

En effet:

- La perméabilité de la chaussée dépend de la compacité du mélange bitumineux. Un revêtement perméable permet le passage de l'air et de l'eau, ce qui causera le vieillissement prématuré du mélange et la perte de stabilité des couches de fondations.
- La compacité influence grandement le comportement mécanique de l'enrobé bitumineux, c'est-à-dire la stabilité et la flexibilité.
- Un bon compactage est indispensable si l'on veut que se maintienne aussi longtemps que possible l'uni de surface sur toutes les sections où le trafic "poids lourds" est canalisé (voies étroites, voies urbaines, voies de droite des autoroutes). Le compactage supplémentaire dû au trafic se traduira par l'apparition d'ornières, résultant de la densification de l'enrobé bitumineux sousjacent.

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

FIGURE 1
EFFET DE LA COMPACTION
SUR LA TENUE DES CHAUSSÉES

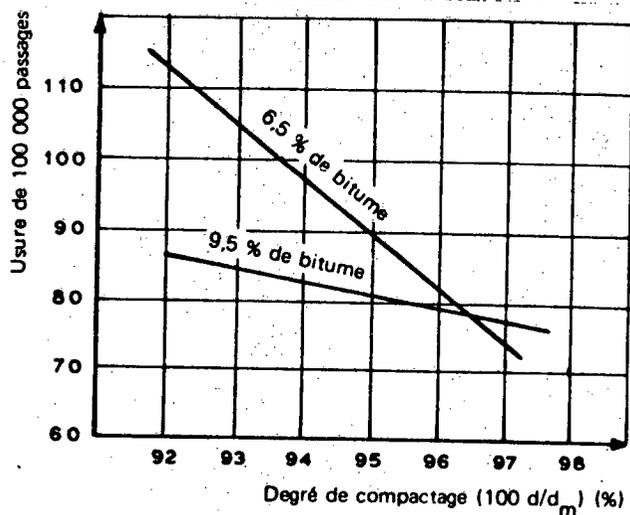


Fig. A - Influence du compactage sur l'usure due aux pneus à crampons (Mode Keyser HRB-HRR - 1972).

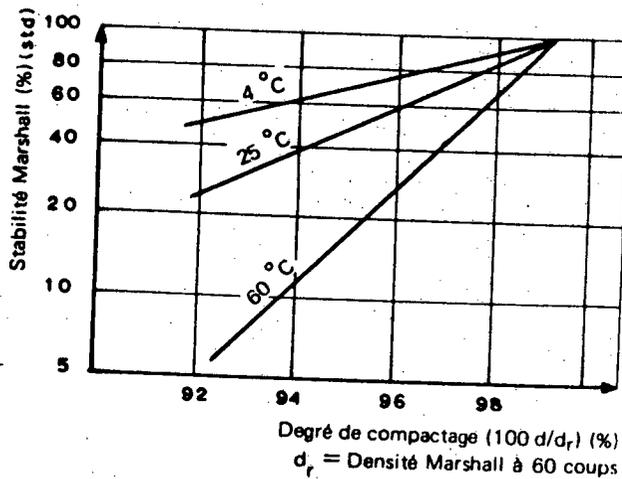


Fig. B - Influence du compactage sur la stabilité (Lefebvre CTAA - 1965).

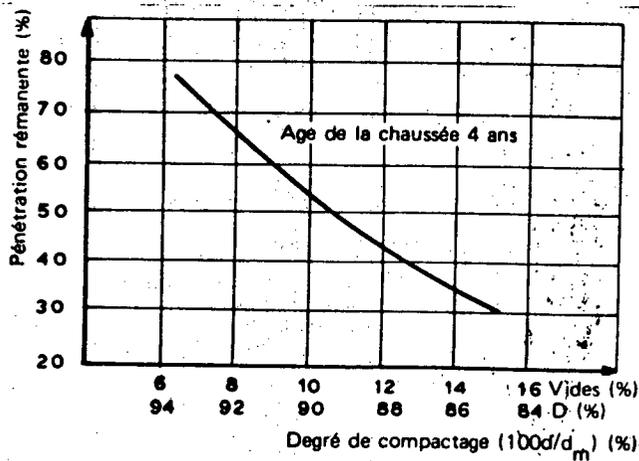
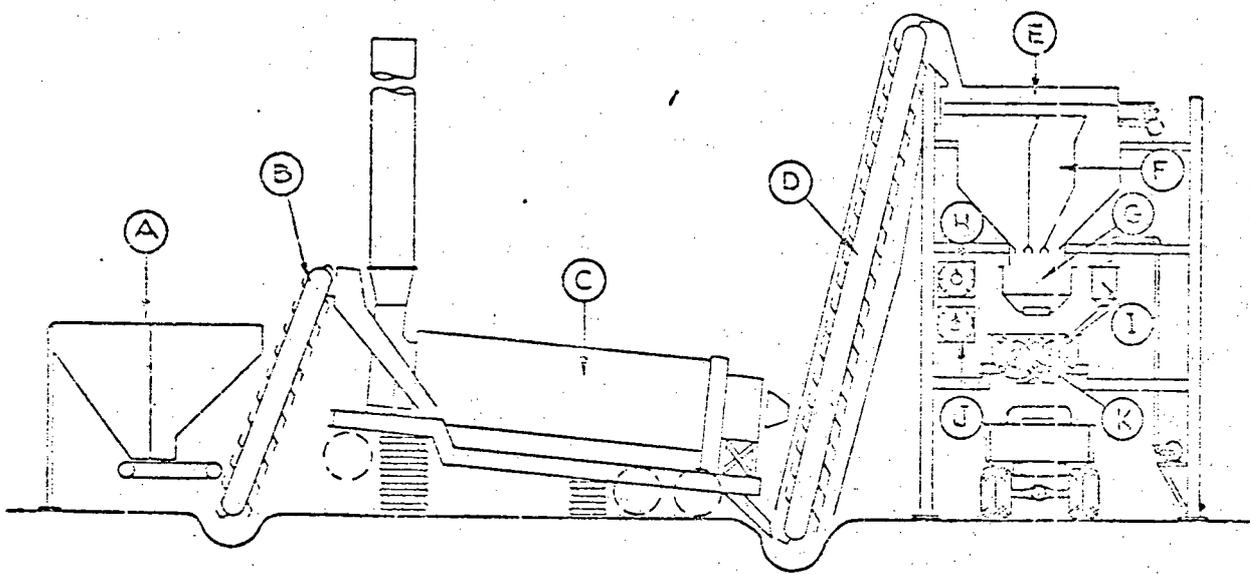


Fig. C - Influence du compactage sur le durcissement (Goode et Owings ASTM-STP 309).

ANNEXE B

Schémas d'usines à fournée et continues

EXPLICATION D'UN POSTE D'ENROBAGE A FOURNEE



A. Bennes froides et convoyeur sans fin qui alimentent continuellement et dans proportions desirées les agregats a

B. L'elevateur a godets a froid qui transporte les agregats au

C. Tambour secheur ou les agregats sont chauffés a la temperature desirée pour enlever l'humidité. Les agregats chauds tombent dans

D. L'elevateur a godet a chaud (entièrement recouvert pour conserver la chaleur et les poussières fines) qui transporte les agregats aux

E. Tamis vibrateurs superposes qui séparent les agregats selon leur dimension et les dirigent dans des

F. Tremies de reserve separees pour l'entreposage des agregats. L'operateur au poste, par un systeme de controles, recuseront une quantité precise d'agregats dans une

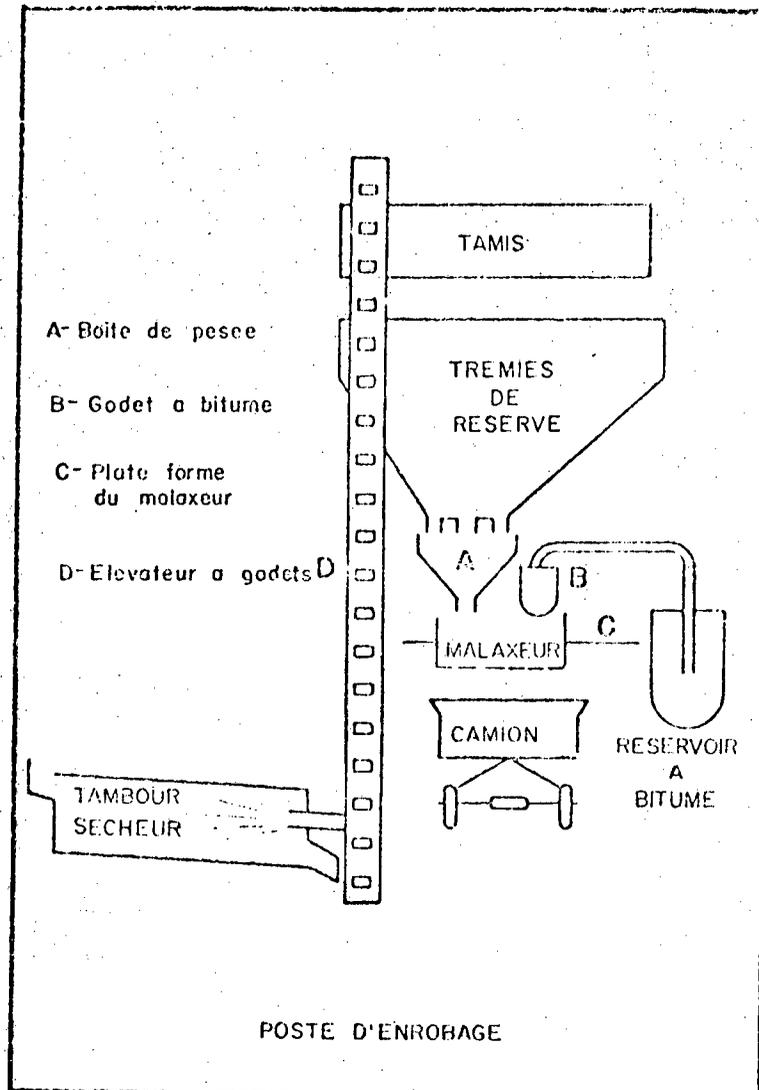
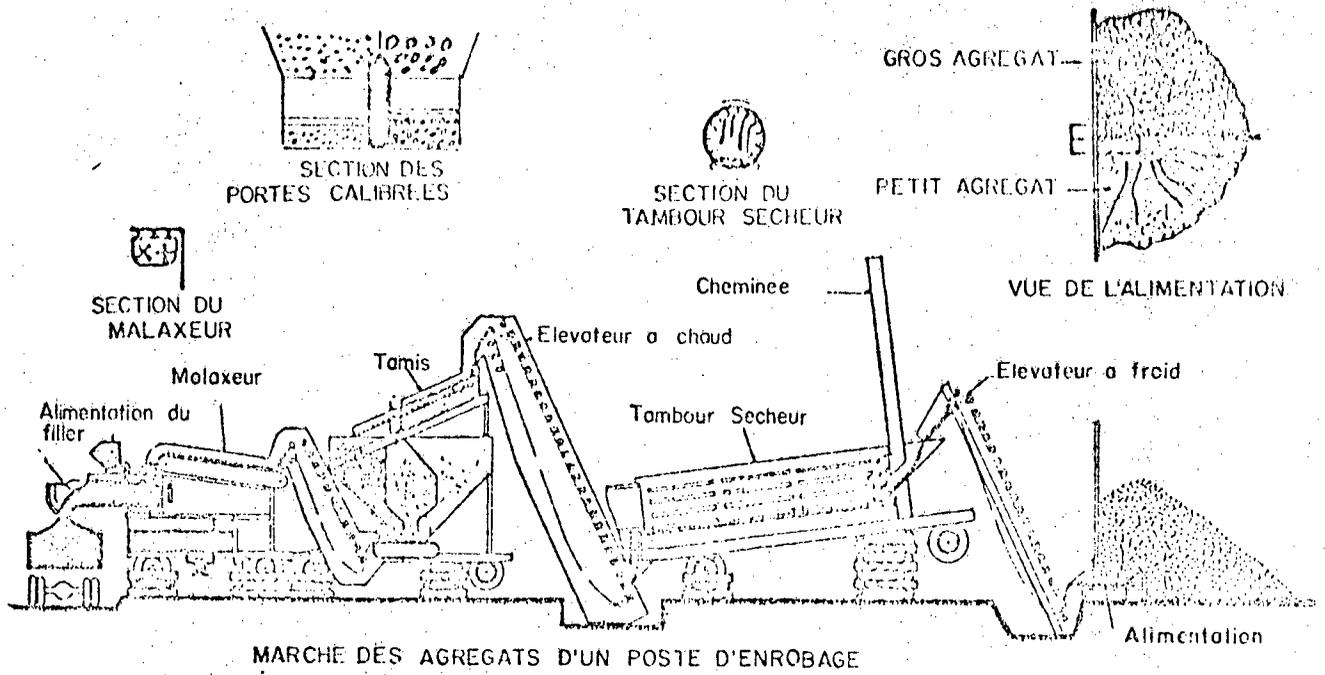
G. Tremie doseuse ou boîte de peseé dans laquelle la quantité d'agregats de tous diametres est proportionnée suivant les poids indiqués par

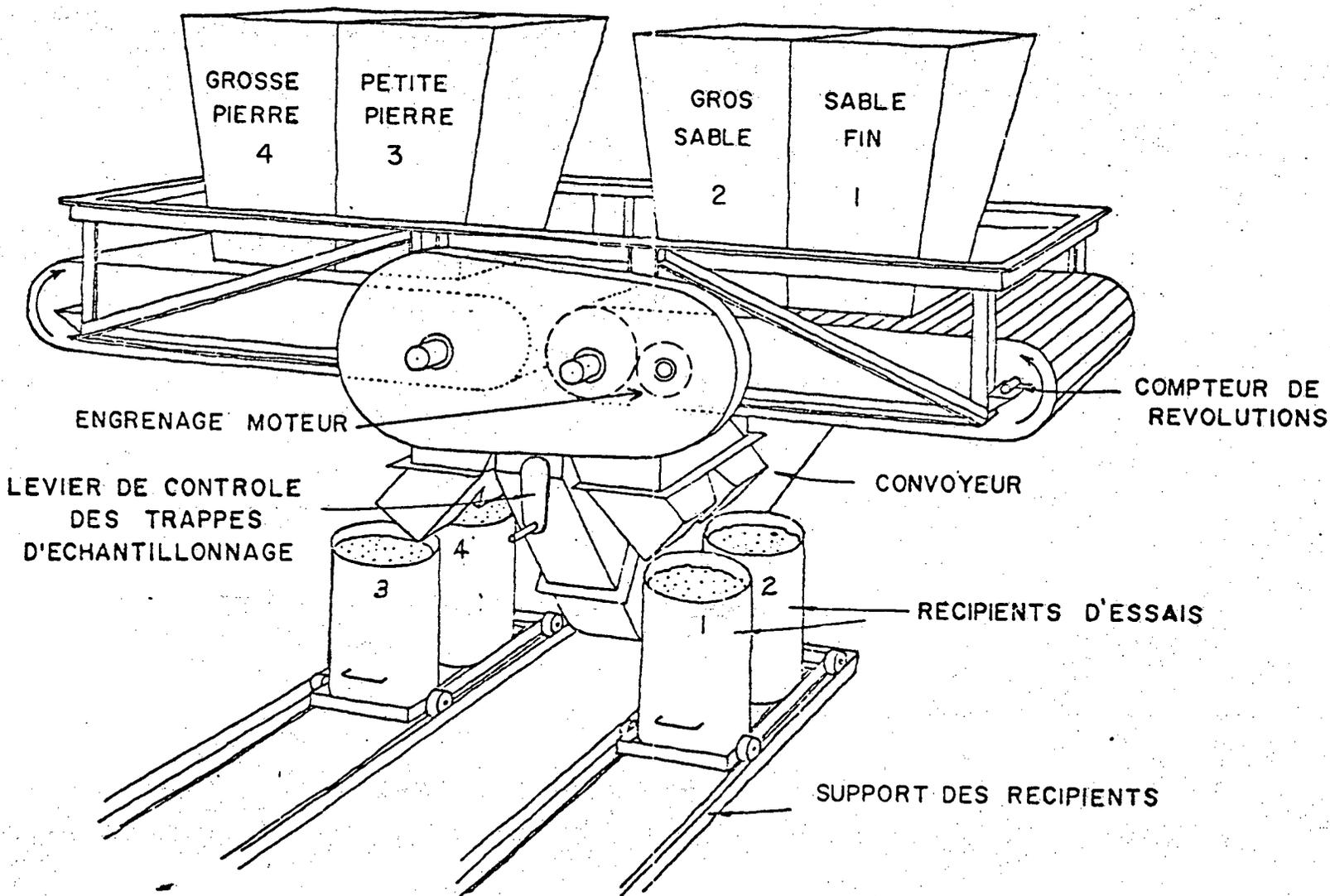
H. La balance a agregats a laquelle la tremie doseuse est suspendue. Au meme moment,

I. Le godet doseur du bitume nous donne la quantité requise par peseé sur la

J. Balance a bitume a laquelle le godet a bitume est suspendu. La tremie doseuse et le godet a bitume deversent leur contenu dans le

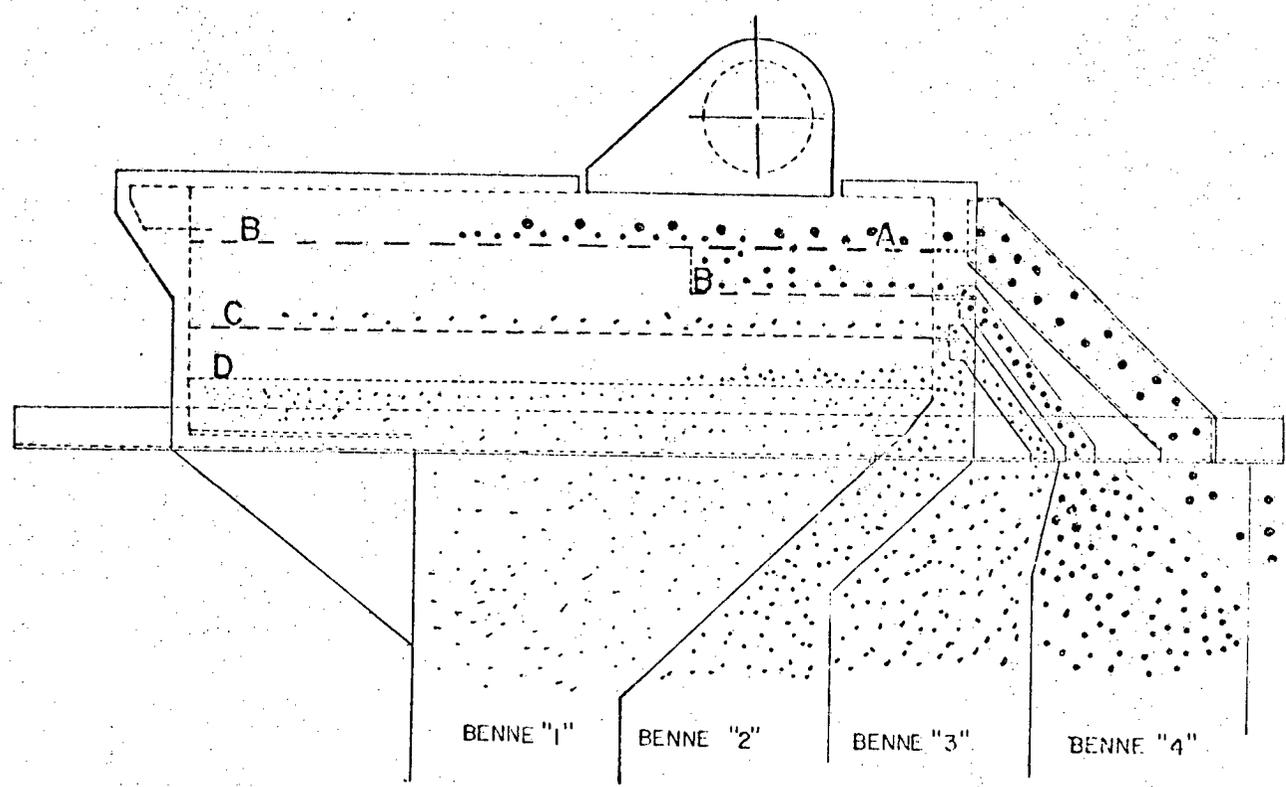
K. Malaxeur qui melange complètement les materiaux.



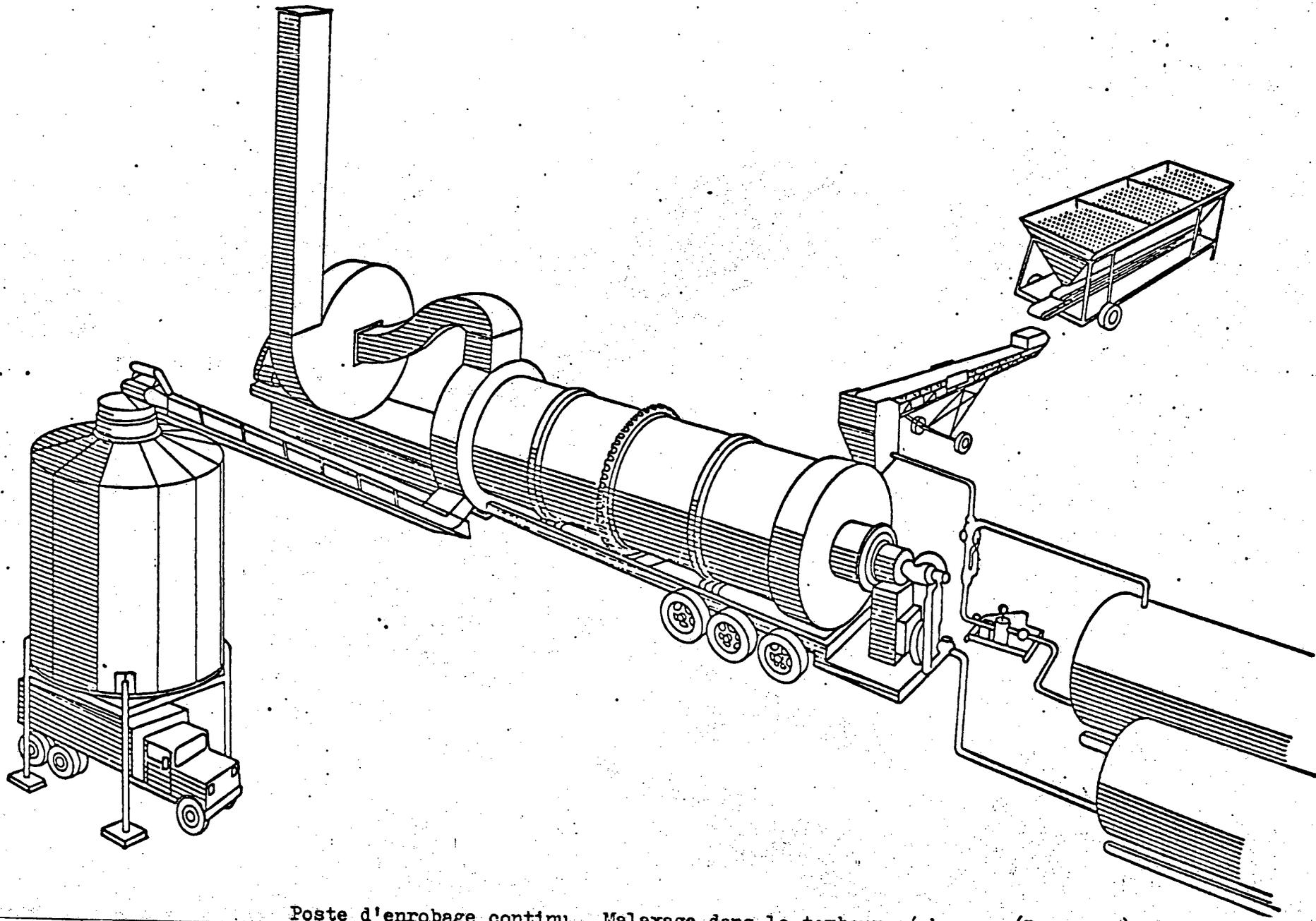


TRAPPES DE CALIBRATION ET D'ECHANTILLONNAGE

AGENCEMENT DES TAMIS



- A.- Tamis de 7/8"
- B.- Tamis de 1/2"
- C.- Tamis de 3/8"
- D.- Tamis de 3/16"

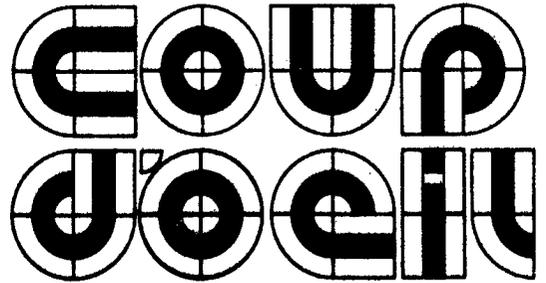
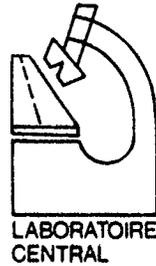


Poste d'enrobage continu. Malaxage dans le tambour sécheur. (Drum Mix)

ANNEXE C

Influence de la température de malaxage sur les propriétés
du bitume et des mélanges bitumineux.

Résumé d'une présentation faite à la CTAA en novembre 1974.



NUMÉRO 1

AVRIL 1975

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE DE MALAXAGE SUR LES PROPRIÉTÉS DU BITUME ET DES MÉLANGES BITUMINEUX

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.

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.

L'étude complète fut présentée par Richard Langlois à l'occasion du 19ième congrès annuel de la Canadian Technical Asphalt Association à Regina Saskatchewan les 4, 5 et 6 novembre 1974. Elle est disponible en s'adressant au Laboratoire Central du Ministère des Transports 2700 rue Einstein Ste-Foy. Ce bulletin n'en présente qu'un bref résumé.

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 livres par fournée.

Les variations en fonction de la température de malaxage des propriétés rhéologiques et de la teneur en asphaltènes sont clairement illustrées.

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.

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. (fig. 1 et 2)
2. La viscosité et la teneur en asphaltène du bitume augmente avec la température de malaxage. (fig. 3, 4, 7, et 8)
3. Une augmentation de la température de malaxage diminue la ductilité du 85-100, mais augmente légèrement celle du 150-200. (fig. 5 et 6)

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.

figure 1

PÉNÉTRATION VS TEMPÉRATURE
bitume 85-100

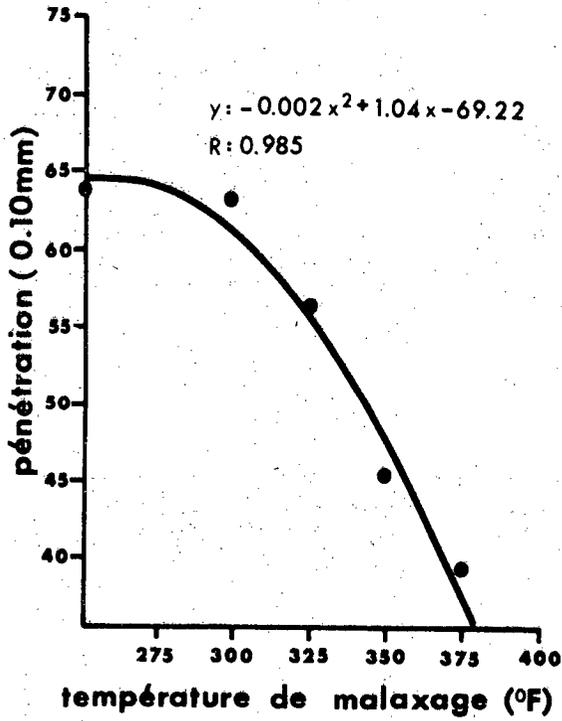


figure 2

PÉNÉTRATION VS TEMPÉRATURE
bitume 150-200

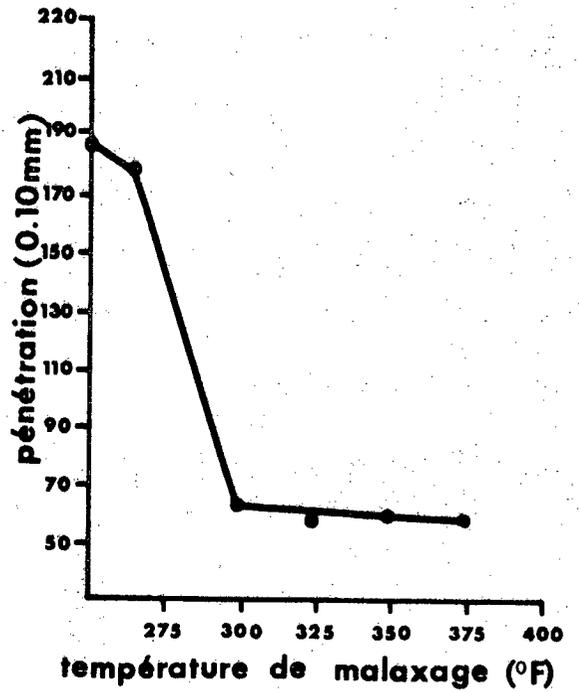


figure 3

VISCOSITÉ VS TEMPÉRATURE
bitume 85-100

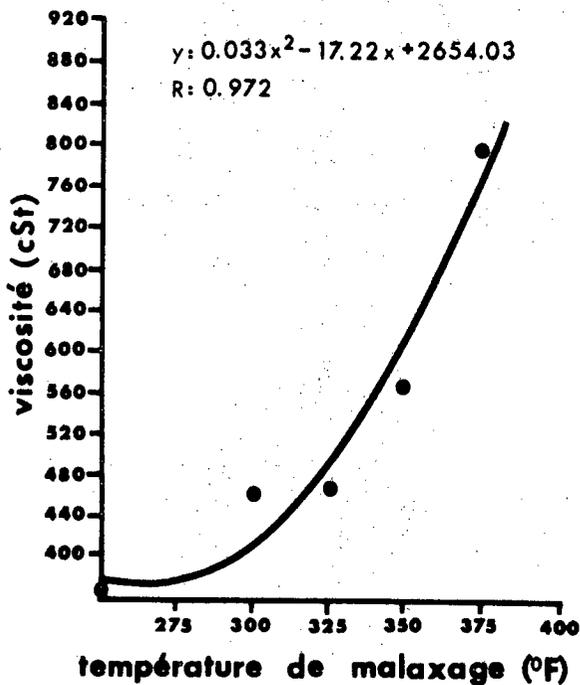


figure 4

VISCOSITÉ VS TEMPÉRATURE
bitume 150-200

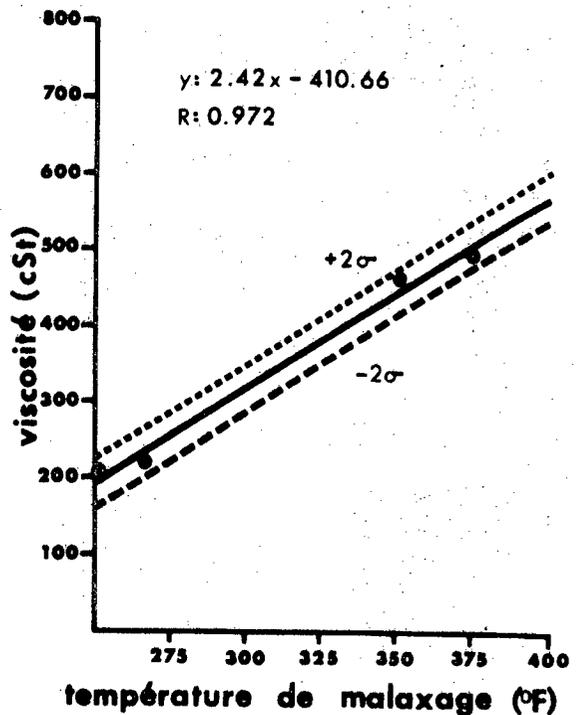


figure 5

DUCTILITÉ VS TEMPÉRATURE
bitume 85 - 100

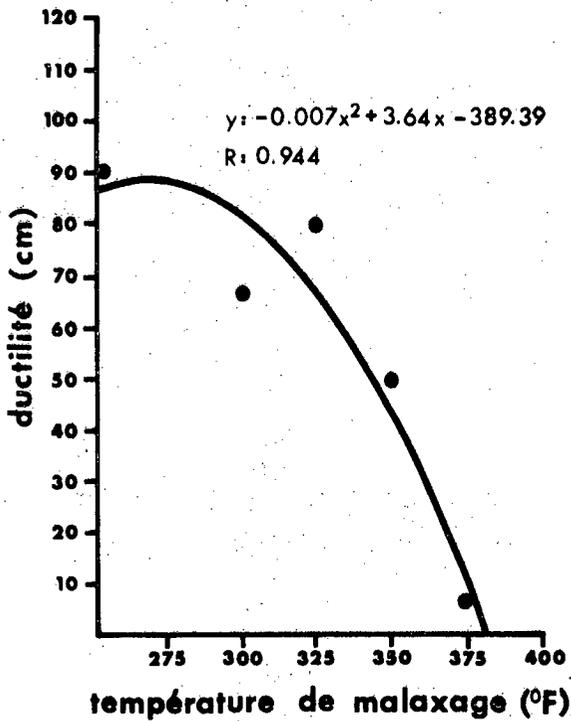


figure 6

DUCTILITÉ VS TEMPÉRATURE
bitume 150 - 200

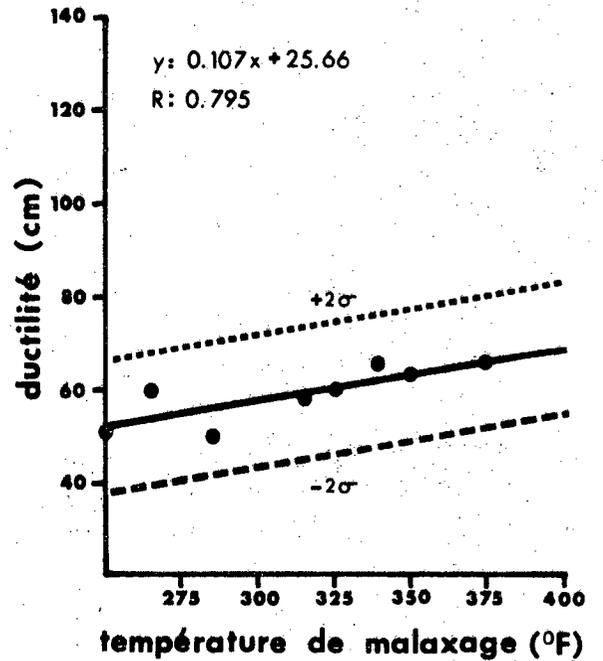


figure 7

ASPHALTÈNES VS TEMPÉRATURE
bitume 85 - 100

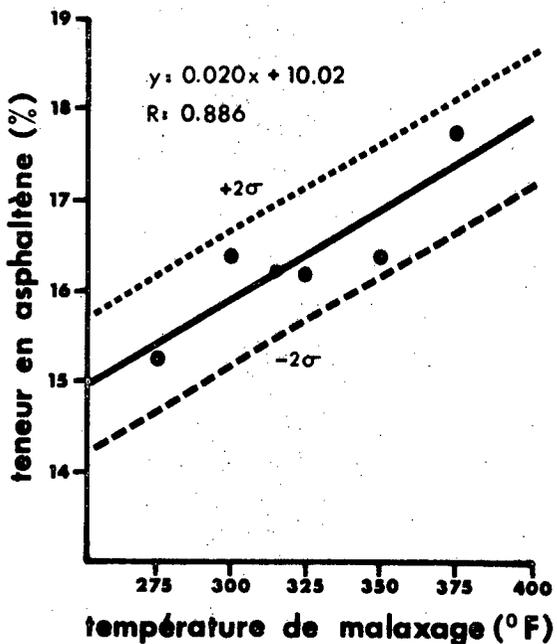
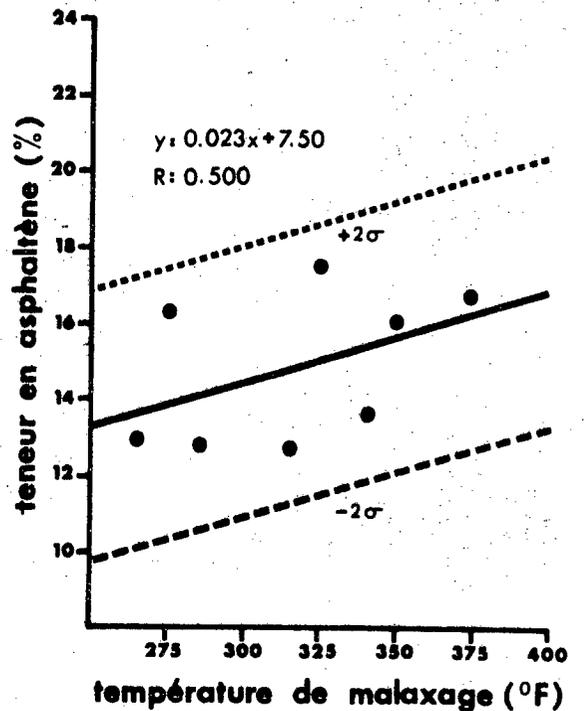


figure 8

ASPHALTÈNES VS TEMPÉRATURE
bitume 150 - 200



MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 102 163