

Caractéristiques de bitumes utilisés en Algérie

Guy RAMOND

Assistant

Chargé de mission

Section Liants et matériaux routiers

Division Matériaux et structures de chaussées

Laboratoire central des Ponts et Chaussées

Nadir LARADI

Université des Sciences et de la technologie H. Boumédiène

Directeur de l'Institut de Génie civil

Monique PASTOR

Technicien supérieur

Section Comportement physico-chimique des matériaux

Service Physico-chimie des matériaux

Laboratoire central des Ponts et Chaussées

RÉSUMÉ

Un examen sommaire en laboratoire de quelques bitumes utilisés par l'industrie routière algérienne et des constatations de chantier laisse à penser qu'il peut se poser des problèmes liés aux fluctuations des caractéristiques des liants à l'arrivée sur le chantier et à leur qualité intrinsèque.

La simulation, effectuée selon la procédure RTFOT, de l'évolution à l'enrobage d'un bitume 40/50 a montré que le lot testé présentait, selon les critères français basés sur des tests conventionnels et sur des caractéristiques rhéologiques, un vieillissement trop important. L'analyse du liant récupéré dans un enrobé confectionné avec cette catégorie de bitume tend à confirmer cette évolution qui risque d'entraîner des fissures de fatigue thermique.

Par ailleurs, ce bitume se plaçant, avant toute évolution, à la plus basse température de ramollissement et à la plus grande pénétrabilité autorisée, on peut donc craindre que d'autres liants avec un vieillissement équivalent présentent des risques plus importants.

Ce phénomène explique peut-être, au moins partiellement, car la formule de l'enrobé joue un rôle prépondérant, un certain nombre de défauts observés sur chantier.

MOTS CLÉS : 31-52 - Bitume - Liant - Laboratoire - Essai - Vieillessement - Enrobé - Température - Qualité - Chantier - Climat - Algérie - Mesure - Déformation - Fissuration - Fatigue (matér.) - Caractéristiques - Construction routière.

Introduction

L'industrie routière algérienne utilise actuellement deux catégories de bitume 40/50 et 80/100 :

- la première est fabriquée en Algérie même ;
- la seconde est soit fabriquée en Algérie soit importée d'Espagne.

L'analyse en laboratoire de quelques bitumes de catégorie 40/50 et des constatations opérées sur chantier laissent à penser que l'utilisation de ces bitumes peut poser différents problèmes liés aux fluctuations des caractéristiques des liants à l'arrivée sur le chantier et à leur qualité intrinsèque avec des conséquences en matière de formulation et conditions de fabrication et de mise en place des enrobés [1].

Nous évoquerons le premier point, en nous limitant aux caractéristiques usuelles des bitumes, pour, compte tenu du climat algérien, essayer de rapprocher les constatations de chantier de la qualité intrinsèque des liants, tout en étant conscient que la formule, les conditions de fabrication et de mise en place des enrobés jouent le plus grand rôle dans la qualité du revêtement en place.

Considérations météorologiques

Dans la région considérée, une bande d'environ 200 km allant de la côte méditerranéenne vers les hauts plateaux, on peut observer dans l'air :

- des températures maximales de l'ordre de 40 °C,
- des températures minimales de l'ordre de -5 °C, et
- des écarts de température entre le jour et la nuit de 20 °C.

Comme le revêtement noir absorbe les rayons solaires, la température maximale en surface de la route est beaucoup plus élevée que la température de l'air.

Une étude américaine, menée dans le cadre du SHRP (Strategic Highway Research Program) [2, 3], a proposé une estimation de la température maximale en surface d'un enrobé par la formule :

$$T_s - T_a = 0,00618 L^2 + 0,2289 L + 24,4$$

où

- T_a et T_s sont respectivement les températures de l'air et de la surface de l'enrobé, en °C,
- L est la latitude en degrés.

La température minimale T_0 en surface est prise égale à la température minimale de l'air, soit -5 °C.

Si l'on considère que la latitude est de l'ordre de 36 degrés, on aura :

$$T_s - T_a = 24,6$$

La température maximale de surface T_1 est donc d'environ 64,6 °C (à l'intérieur de l'enrobé, la température est légèrement inférieure).

Fluctuation de la qualité des liants

La qualité des approvisionnements sur chantier dépend des caractéristiques des liants à la sortie des raffineries, mais aussi de leur évolution éventuelle au cours des transports et des stockages entre la raffinerie et le dépôt, puis entre le dépôt et le chantier.

Les analyses n'ont porté que sur des liants prélevés en dépôt et sur chantier.

Fluctuation des approvisionnements reçus dans un dépôt

Une série de mesures effectuées en Algérie par l'Organisme de contrôle technique des travaux publics (CTTP), sur des liants de catégorie 40/50 approvisionnés au port d'Alger au cours de la période allant de décembre 1987 à juin 1996 (tableau I), tend à montrer que :

- les températures de ramollissement (T_{BA}) couvrent une plage allant de 64 à 49 °C,
- les pénétrabilités varient de 54 à 21 1/10 mm.

Toutefois, il faut noter que les analyses correspondant aux bitumes prélevés en novembre et décembre 1992 correspondent plus à des 20/30 qu'à des 40/50. Par ailleurs, les résultats obtenus sur les prélèvements de juillet 1992, octobre 1992 et mai 1996 présentent, *a priori*, des anomalies car ils conduisent à de trop faibles susceptibilités thermiques (IP Pfeiffer > 1,1).

L'élimination de ces valeurs conduit à constater, malgré tout, que :

- les températures de ramollissement (T_{BA}) peuvent aller de 62 à 49 °C. Selon les spécifications françaises, cette plage couvre les classes 20/30, 35/50 et 50/70 (fig. 1) ;
- les pénétrabilités peuvent couvrir une plage allant de 55 à 41 1/10 mm ;
- les pénétrabilités et les températures de ramollissement correspondent sensiblement aux spécifications françaises antérieures à 1992 concernant la catégorie 40/50 (fig. 1).

Mais, il faut également observer que les caractéristiques données dans le tableau I ne sont issues que d'analyses étagées sur neuf ans dans un dépôt déterminé. En outre, les fluctuations à long terme qu'elles tendent à décrire sont moins gênantes que des variations à court terme qui ne permettraient pas à l'ingénieur d'adapter la formule des enrobés. Ces deux remarques incitent à interpréter prudemment les résultats de ces mesures.

TABLEAU I
Caractéristiques de bitumes algériens 40/50
(valeurs obtenues au CTTP)

Date	Quantité (t)	T_{BA} (°C)	Pénétrabilité (1/10 mm)
Décembre 1987	2406	56	42
Janvier 1988	2185	59	41
Décembre 1988	2673	52	45
Janvier 1989	1500	53	48
Juillet 1992	2200	63	52
Août 1992	1800	54	47
Septembre 1992	2141	55	52
Octobre 1992	1300	60	42
Octobre 1992	2300	64	45
Novembre 1992	1610	64	30
Décembre 1992	2500	60	21
Janvier 1993	1200	49	47
Mars 1993	1420	62	45
Avril 1993	1200	56	43
Mai 1993	1500	55	45
Août 1993	700	51	49
Septembre 1993	2000	55	50
Octobre 1993	1000	54	47
Novembre 1993	1000	55	48
Mai 1994	2300	59	47
Juin 1994	2600	60	46
Janvier 1995	2500	50	50
Février 1995	2500	57	52
Mai 1996	2500	62	55
Juin 1996	2500	55	55

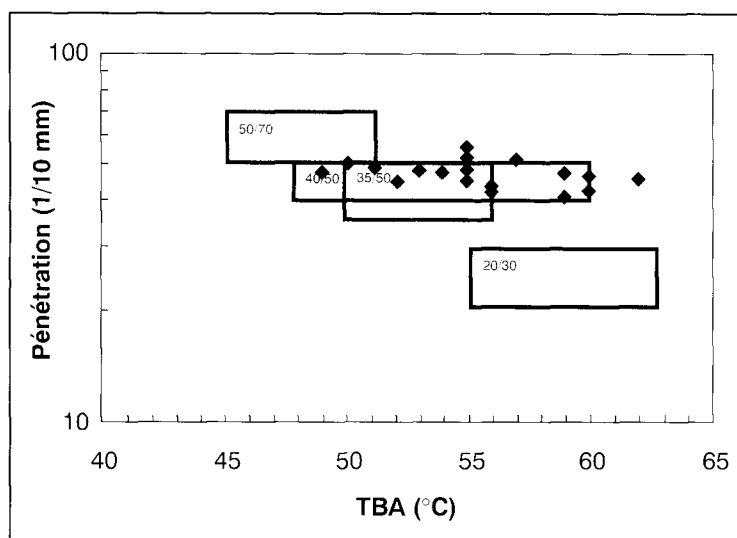


Fig. 1 - Caractéristiques usuelles des liants analysés.

Évolution des approvisionnements sur chantier

Les conditions de transport et de stockage entre le dépôt et le chantier peuvent aussi être une source de fluctuation de la qualité des liants. À titre d'exemple, on peut citer l'évolution d'un bitume entre le dépôt du port d'Alger et les différentes centrales d'enrobage. Les résultats des analyses effectuées par le CTPP sont montrés dans le tableau II.

On peut constater que l'évolution du liant n'est pas négligeable.

TABLEAU II
Évolution des bitumes
entre le dépôt et les différentes centrales

Lieu de prélèvement	T _{BA} (°C)	Pénétrabilité (1/10 mm)
Dépôt du port d'Alger	50	56
Centrale de Draa Ben Kheda	55	47
Centrale de Blida	55,5	48
Centrale de Sour El Ghazlan	55	52
Centrale du jardin d'essai	57	42

Conséquences des variations d'approvisionnement des chantiers [4]

Compte tenu des fluctuations de qualité montrées dans les paragraphes précédents, la prévision du comportement des enrobés et donc leur formulation est complexe et peut conduire à des mécomptes. Les risques sont, par ailleurs, amplifiés par l'évolution des liants à l'enrobage, cette évolution dépendant simultanément de la nature du liant, du type de la centrale et de sa conduite, du matériau minéral et de la formule choisie.

Caractéristiques d'un liant algérien, évolution et risques potentiels

L'évolution potentielle des bitumes lors de l'enrobage est estimée, dans de nombreux pays, au travers de l'essai RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test) effectué selon la norme NF T 66-032 d'août 1992. On considère que l'évolution réelle du liant est généralement légèrement surestimée, ce qui correspond à une hypothèse :

- optimiste en ce qui concerne la résistance aux déformations permanentes, qui exige des consistances élevées,
- pessimiste en ce qui concerne la résistance à la fissuration par fatigue thermique, qui exige de faibles raideurs.

L'évolution potentielle des bitumes à long terme, sur chantier, est estimé par l'essai PAV (Pressure Ageing Vessel).

Caractéristiques usuelles et utilisation de l'abaque de Van der Poel [5, 6]

Examen des caractéristiques usuelles

Les spécifications françaises actuelles [7] sont données dans le tableau III.

TABLEAU III
Spécifications portant sur la classe 35/50

Liant	Avant RFTOT	Après RFTOT
Pénétrabilité (1/10 mm)	35 à 50	-
T _{BA} (°C)	50 à 56	> 52
ΔT _{BA} (°C)	-	< 8
Pénétrabilité résiduelle (%)	-	> 60

Examinons le liant 40/50 prélevé au dépôt d'Alger, précédemment étudié au paragraphe « Évolution des approvisionnements sur chantier », et son évolution potentielle à l'enrobage. Ses caractéristiques usuelles, avant et après RTFOT, sont résumées dans le tableau IV.

Le bitume tel quel se placerait aux limites de la classe 35/50 (cf. tableau III). Sa pénétrabilité résiduelle (62 %) serait acceptable, mais son accroissement de T_{BA} après RTFOT, 9,5 °C, serait excessif, la norme ne tolérant, pour cette catégorie, qu'une augmentation inférieure ou égale à 8 °C afin de limiter les risques de fissuration par fatigue thermique. On peut donc craindre un phénomène de fissuration par fatigue thermique.

TABLEAU IV
Caractéristiques du liant 40/50
prélevé au dépôt d'Alger

Liant	Avant RTFOT	Après RTFOT
Pénétrabilité (1/10 mm)	50	31
T_{BA} (°C)	56	65,5
IP Pfeiffer	0,2	0,95

Caractéristiques performanciellées estimées grâce à l'abaque de Van der Poel

Les valeurs requises par les spécifications américaines [8, 9], essentiellement basées sur la rhéologie, sont données dans le tableau V. Elles définissent les limites d'emploi des liants compte tenu des températures T_0 et T_1 définies au paragraphe « Considérations météorologiques ». Les bornes à T_1 sont destinées à lutter contre l'orniérage et celles à $T_0 + 10$ °C contre la fissuration à basse température.

En France, il existe actuellement, et indépendamment des spécifications, un autre mode de caractérisation des liants faisant partie des « avis techniques ». Également basé sur la rhéologie, il tend également à définir les limites d'emploi des liants compte tenu des températures T_0 et T_1 afin d'éviter, dans la mesure du possible, l'orniérage, la fissuration par retrait empêché à basse température et la fissuration par fatigue thermique. Actuellement, cette méthode est essentiellement utilisée pour caractériser les bitumes modifiés par des polymères pour lesquels il n'existe pas de spécifications et doit être considérée, avec d'autres données, comme une aide à la décision dans le choix d'un liant. Les valeurs requises sont données dans le tableau VI. La borne à T_1 est destinée à lutter contre l'orniérage, celle à $T_0 + 26,2$ °C contre la fissuration à basse température et celle à 40 °C contre la fissuration par fatigue thermique.

TABLEAU V
Spécifications SHRP sur les liants

Fréquence ou temps de charge	IGI(f)/sin $\phi(f)$ (Pa)		G(t) (Pa)	m
	Avant RTFO	Après RTFOT	Après RTFOT + PAV	
1,6 Hz à T_1 60 s à $T_0 + 10$ °C	$> 1.10^3$	$> 2,2.10^3$	$< 1.10^8$	$> 0,3$
Notations $\phi(f)$: angle de phase à la fréquence $f = 1,6$ Hz. $IG^*I(f)$: norme du module à la fréquence $f = 1,6$ Hz. $G(t)$: module en cisaillement au temps de charge $t = 60$ s. m : pente logarithmique ($m = \text{d} \lg G(t) / \text{d} \lg t$) du module $G(t)$ au temps de charge $t = 60$ s.				

TABLEAU VI
Caractérisation des liants
selon la procédure française des avis techniques

Fréquence	Avant RTFOT	
	IGI(f) (Pa)	$\phi(f)$ (°)
7,8 Hz à T_1	$> 1.10^4$	-
7,8 Hz à $T_0 + 26,2$ °C	$< 1,33.10^8$	> 27
7,8 Hz à 40 °C	-	> 45
Notations $\phi(f)$: angle de phase à la fréquence $f = 7,8$ Hz. $IG^*I(f)$: norme du module à la fréquence $f = 7,8$ Hz.		

La caractéristique $\phi(f) = 27$ degrés ne fait pas, à proprement parler, partie des avis techniques. Elle a été ajoutée ici pour tenir compte d'études plus récentes.

Les mesures de $\phi(f)$, $IG^*I(f)$, $G(t)$ et m impliquent de disposer d'appareillages spécialisés. Toutefois, on peut estimer $IGI(f)$, $G(t)$ grâce à l'abaque de Van der Poel. Cette méthode, basée sur une étude statistique de nombreux bitumes, ne nécessite que la connaissance de T_{BA} et l'IP, mais ne permet pas d'estimer avec une précision suffisante $\phi(f)$ et m . Par contre, s'il est possible d'admettre que le sinus de l'angle de phase est proche de 1, dans les conditions de température et de fréquences choisies, $IG^*I(f)$ est un bon estimateur de $IGI(f)/\sin \phi(f)$, du moins pour les bitumes purs.

Il est donc possible d'estimer une partie des grandeurs de la classification selon la norme SHRP et selon les avis techniques.

Appliqué aux températures, fréquences et temps de charge de la classification SHRP, l'abaque permet la construction du tableau VII pour le bitume 40/50 prélevé au port d'Alger.

TABLEAU VII
Comparaison du liant 40/50 algérien
avec les exigences SHRP

Fréquence ou temps de charge	IGI(f)/sin $\phi(f)$ estimé par IGI(f)	
	Avant RTFO	Après RTFOT
1,6 Hz à T_1	$3 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$
60 s à $T_0 + 10^\circ \text{C}$		$2 \cdot 10^6$

TABLEAU VIII
Comparaison du liant 40/50 algérien
avec les caractéristiques demandées
par les avis techniques

Fréquence	Avant RTFO		Après RTFOT	
	IGI(f) (Pa)	$\phi(f)$ (°)		$\phi(f)$ (°)
7,8 Hz à T_1	$1 \cdot 10^4$	-	$4 \cdot 10^4$	-
7,8 Hz à T_0	$7 \cdot 10^6$	Non calculable	$1 \cdot 10^7$	Non calculable
7,8 Hz à 40°C	-	Non calculable	-	Non calculable

La comparaison des tableaux V et VII montre que, pour les valeurs calculables, ce bitume rentrerait dans les spécifications pour les bornes à T_1 concernant l'orniérage. On ne peut pas savoir s'il serait compatible avec les bornes à T_0 faute d'avoir effectué l'essai PAV et, de toutes façons, m ne serait pas calculable ; toutefois, la valeur de $G(t)$ obtenue après RTFOT laisse supposer que l'évolution au PAV ne serait pas rédhibitoire du moins en ce qui concerne $G(t)$ (tableau VIII).

La comparaison des tableaux VI et VIII (partie gauche) montre que, pour les valeurs calculables, ce bitume serait conforme aux exigences des avis techniques. La valeur $\phi(f)$ à 40°C ne peut pas être calculée, ce qui est regrettable car c'est une borne destinée à lutter contre la fissuration par fatigue thermique et nous avons vu au paragraphe « Examen des caractéristiques usuelles » que l'accroissement de T_{BA} au cours du RTFOT impliquait ce type de risque.

Caractéristiques rhéologiques des liants

Examinons tout d'abord la courbe de Black (fig. 2) du bitume 40/50 prélevé au port d'Alger. On voit que ce bitume est très structuré car il présente de nombreuses « vagues » même à relativement basse température. Son évolution à l'enrobage, simulée par le RTFOT ou réelle (fig. 3), ne fera qu'accroître cette structure diminuant par ce fait même les susceptibilités thermique et cinétique.

On peut penser que ces liants sont microscopiquement hétérogènes et contiennent des asphaltènes très interactifs s'associant en agglomérats plus ou moins stables selon la température et peut-être même la fréquence.

Courbes de Black du bitume 40/50

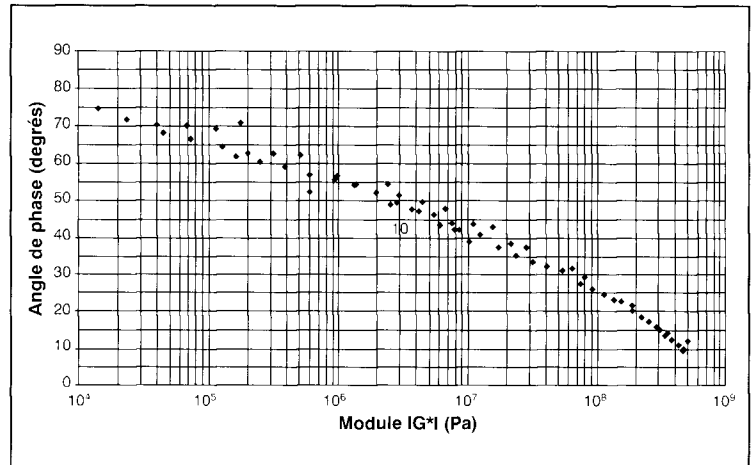


Fig. 2 - Courbe complète du bitume tel quel prélevé au port d'Alger.

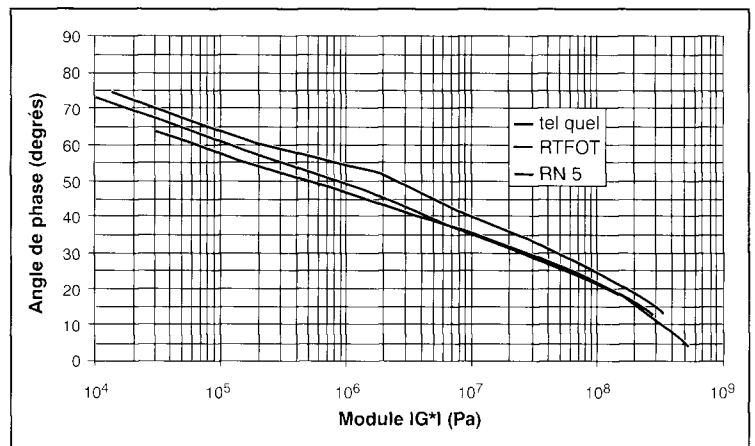


Fig. 3 - Courbes à 7,8 Hz
du bitume tel quel et après évolution simulée ou réelle.

Les variations du module et de l'angle de phase en fonction de la température sont présentées sur les figures 4 et 5. On confirme que l'évolution à l'enrobage :

- rigidifie le liant aux températures de service élevée et diminue la susceptibilité thermique,
- diminue l'angle de phase, augmentant ainsi la contribution élastique au module.

On note aussi que les modules, avant et après RTFOT, à la température maximale T_1 sont respectivement de $2,3 \cdot 10^4$ et de $5 \cdot 10^4$ Pa alors que l'estimation à partir de l'abaque de Van der Poel conduisait à $1 \cdot 10^4$ et $4 \cdot 10^4$ Pa. Cet écart n'a rien d'étonnant compte tenu du caractère approché de l'abaque.

À 7,8 Hz, le liant tel quel atteint un angle de 45° à $21,5^\circ \text{C}$, après RTFOT cette même valeur d'angle n'est atteinte que pour $35,5^\circ \text{C}$. Cela confirme la forte évolution de T_{BA} constatée au paragraphe « Examen des caractéristiques usuelles ».

Isochrones de la norme du module, de l'angle de phase et de l'inverse de la complaisance de perte à 7,8 Hz du bitume 40/50 tel quel et après évolution simulée ou réelle

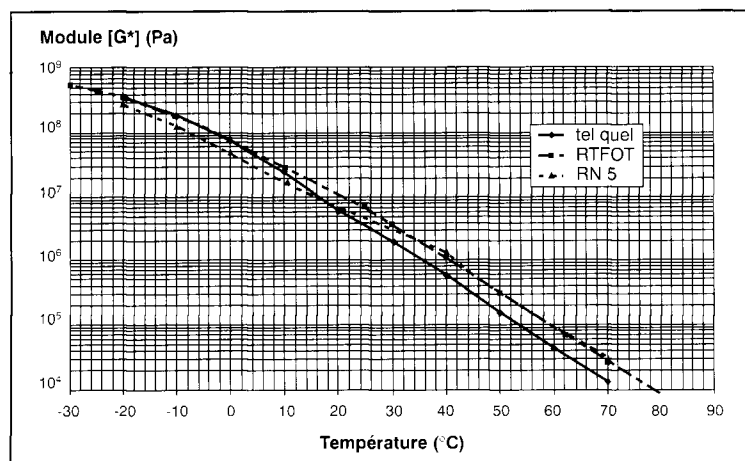


Fig. 4 - Norme du module.

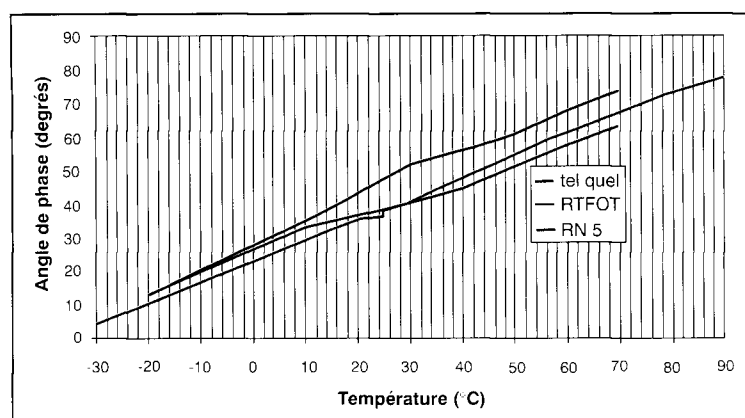


Fig. 5 - Angle de phase.

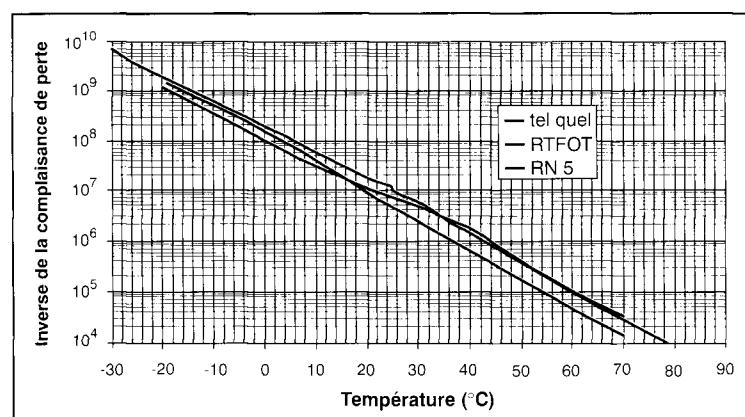


Fig. 6 - Inverse de la complaisance de perte.

Par ailleurs, à la température $T_0 + 26,2$ soit $21,2^\circ\text{C}$ et pour une fréquence de 7.8 Hz, le module du liant tel quel est de $5,5 \cdot 10^6$ Pa pour un angle de 45° environ, alors que le module après RTFOT est proche de $1 \cdot 10^7$ Pa et son angle de phase d'environ 35 degrés. On remarquera que l'abaque prévoyait respectivement $7 \cdot 10^6$ Pa et $1 \cdot 10^7$ Pa.

Les exigences des avis techniques sont donc satisfaites et on ne devrait pas observer de fissuration par retrait empêché à basse température, sous réserve, toutefois, d'une faible évolution ultérieure par vieillissement en place.

Les variations de l'inverse de la complaisance ($1/J''(f) = IGI(f)/\sin \phi(f)$) de perte sont présentées sur la figure 6. Les valeurs de $1/J''(f)$, avant et après RTFOT, à la température maximale T_1 sont respectivement de $2,8 \cdot 10^4$ et de $6 \cdot 10^4$ Pa. Le rapprochement de ces valeurs avec celles de $IGI(f)$ montrent que l'influence du sinus de l'angle de phase est faible.

En résumé, ces résultats confirment que :

- aux températures maximale T_1 et minimale T_0 , le liant 40/50 satisfait aux exigences des avis techniques mais que l'évolution à l'enrobage est forte ;
- aux températures de service élevées, l'influence du sinus de l'angle de phase est faible et donc $IGI(f)$ est un bon estimateur de $IGI(f)/\sin \phi(f)$.

Les valeurs seuils des avis techniques sont atteintes respectivement pour $72,3^\circ\text{C}$ en ce qui concerne le liant tel quel et 70°C dans le cas du bitume après RTFOT.

Conséquences pratiques

Les conséquences pratiques des caractéristiques mesurées sur ces liants sont à examiner sur trois plans d'importance décroissante, compte tenu du climat algérien :

- déformations permanentes,
- fissuration par fatigue thermique [10],
- fissuration à basse température.

La faible valeur de T_{BA} obtenue sur le 40/50 tel quel pourrait faire craindre des risques de déformations permanentes si l'évolution du liant à l'enrobage était faible. Mais son fort accroissement lors du RTFOT laisse à penser que ces risques sont limités, du moins si la formule de l'enrobé est correcte. Les valeurs de module calculées grâce à l'abaque expriment différemment cette même idée qui se trouve confirmée par les essais rhéologiques effectués.

Toutefois, un liant aussi structuré pourrait présenter une sensibilité particulière à l'histoire thermique ; la reprise de structure après l'enrobage n'étant pas instantanée, des déformations pendant les premières heures ne sont pas totalement à exclure.

Par contre, l'augmentation de T_{BA} est plutôt inquiétante du point de vue de la fissuration par fatigue thermique car, en admettant la validité de la simulation RTFOT, le bitume se placerait, avant tout vieillissement *in situ*, dans un intervalle de T_{BA} (64 à 68 °C) où les risques de fissuration ne sont pas négligeables [11] d'autant que l'évolution *in situ* est probablement plus rapide en Algérie qu'en Europe. Il n'est peut être pas inutile de rappeler que, sur les routes du sud de la France, tous les bitumes récupérés ayant une T_{BA} supérieure ou égale à 70 °C ont systématiquement conduit à une fissuration de l'enrobé.

L'examen des résultats concernant le module confirme cette analyse, l'angle de phase n'atteignant 45 degrés à 7,8 Hz, que pour une température de 35,5 °C, ce qui correspond également à une zone à risques potentiels. Cette tendance ne peut, en effet, qu'être aggravée par l'évolution en place, qui est favorisée par :

- un fort ensoleillement et une température élevée,
- un pourcentage de vide élevé.

Dans la région considérée, il ne devrait pas y avoir de fissuration liée aux basses températures, la température minimale étant de -5 °C.

Évolution réelle et conséquence

Le tableau IX résume les caractéristiques usuelles d'un bitume 40/50 récupéré sur la RN 5 à Alger. On peut noter que le liant récupéré après un mois de circulation a des caractéristiques proches de celles estimées par le RTFOT.

La comparaison des tableaux IV et IX montre que les pénétrabilités et les T_{BA} du bitume récupéré sont équivalentes, aux facteurs d'incertitude près.

TABLEAU IX
Caractéristiques du liant récupéré
sur la RN5 à Alger

Liant	Récupéré RN 5
Pénétrabilité (1/10 mm)	29
T_{BA} (°C)	66,5
IP	0,97

Les courbes de Black du bitume 40/50 extrait sont montrées sur la figure 3, où l'on voit que le bitume récupéré est légèrement plus structuré et moins susceptible que le bitume ayant subi le RTFOT.

Les variations du module et de l'angle de phase en fonction de la température sont données sur les figures 4 et 5. À 7,8 Hz, le liant récupéré atteint un angle de 45 degrés pour une température de 40 °C,

ce qui implique des risques de fatigue thermique. Par contre, à la température T_0 +26,2 °C, soit 21,2 °C, son module est d'environ 7.10^6 Pa et son angle de phase d'environ 36 degrés : les risques de fissuration par retrait empêché à basse température sont donc *a priori* faibles.

Les variations de l'inverse de la complaisance complexe sont données sur la figure 6. L'inverse de la complaisance complexe, à la température maximale T_1 est de $6,5.10^4$ Pa, valeur *a priori* suffisante pour limiter l'orniérage.

Les essais rhéologiques confirment que le liant récupéré après un mois de circulation a des caractéristiques très proches de celles estimées par le RTFOT. Les conclusions pratiques évoquées au paragraphe « Conséquences pratiques » restent donc globalement inchangées et l'on peut dire que :

- le liant évolue beaucoup à l'enrobage et cette évolution continuera sur route, surtout si la compacité est faible et la température élevée. La forte évolution constatée fait craindre, à terme, une mauvaise résistance à la fatigue thermique et la naissance de fissures ;
- l'enrobé, si sa formule est correcte, devrait bien résister aux déformations permanentes. Par contre, il pourrait présenter quelques difficultés au cours des premières heures, si la reprise de structure est lente ;
- les risques de fissuration par retrait empêché à basse température sont *a priori* faibles.

En outre, il faut remarquer que le bitume tel quel analysé (prélèvement au port d'Alger) avait, avant tout vieillissement, une T_{BA} de 50 °C. Il est, de ce point de vue, à la limite des classes 35/50 et 50/70 selon les spécifications françaises. On peut donc supposer, sans trop s'engager, qu'il existe sur le marché algérien actuel des liants de T_{BA} plus élevée présentant donc des risques de fatigue thermique bien plus importants.

Constatations *in situ*

Dans les environs d'Alger, de Blida, de Médéa et de Sétif, les chantiers confectionnés, dans le passé, avec ce type de bitume présentent pour la plupart d'importants défauts, en particulier, des arrachements et des fissures.

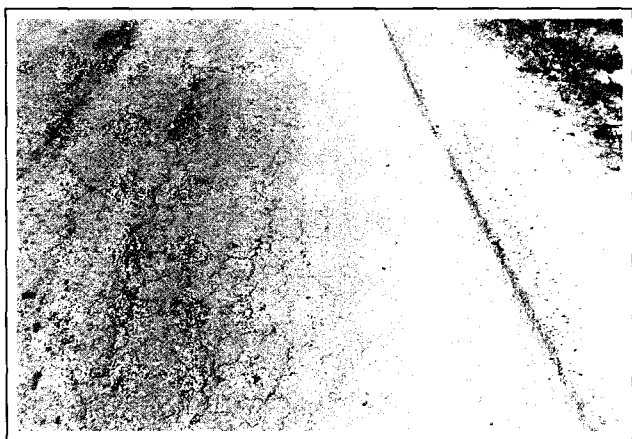
Ces défauts, souvent apparus très rapidement, tendent à accréditer l'hypothèse d'un liant « trop vieillissant » mais il est impossible de conclure définitivement sans autre analyse des enrobés.

Le bilan du comportement des chaussées bitumineuses réalisées dans les villes algériennes citées plus haut et sur les réseaux routiers a montré l'existence de fissures superficielles et d'autres

dégradations (essentiellement des arrachements), comme le montre la figure 7, se développant d'une manière anarchique dans les couches de roulement [12]. Ces fissures intéressent tout ou partie de la couche de roulement, sans que la structure de la chaussée soit mise en cause.

Les différents essais réalisés sur les bitumes récupérés de ces couches ont montré une évolution très rapide des caractéristiques du bitume, ce qui nous amène à formuler l'hypothèse que ces bitumes utilisés en Algérie s'avèrent être très susceptibles au vieillissement.

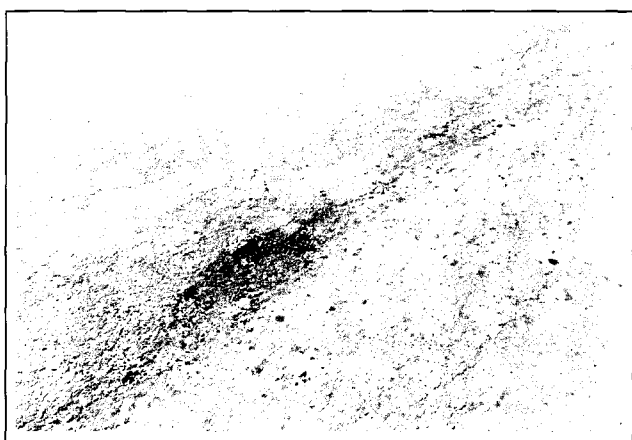
Fig. 7 - Dégradations apparues sur le réseau routier algérien



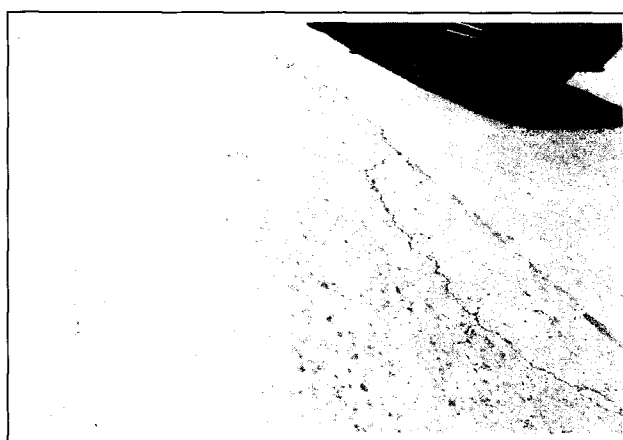
a. Fissures et arrachements.



c. Arrachements.



b. Arrachements.



d. Fissures.

Conclusions

La simulation, effectuée selon la procédure RTFOT, de l'évolution à l'enrobage d'un bitume 40/50 a montré que le lot testé présentait, selon les spécifications françaises, un vieillissement trop fort. L'analyse du liant récupéré dans un enrobé confectionné avec cette catégorie de bitume tend à confirmer cette évolution, qui risque d'entraîner des fissures de fatigue thermique.

Par ailleurs, ce liant se place, avant toute évolution, à la plus basse température de ramollissement et à la plus grande pénétrabilité autorisée. On peut donc craindre que d'autres liants avec un vieillissement équivalent présentent des risques plus importants.

Ce phénomène explique probablement un certain nombre de défauts observés sur chantier.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] LARADI N. (1995), *Formulation rhéologique dans la nouvelle approche du comportement des matériaux traités aux liants hydrocarbonés*, 2e Congrès maghrébin de la Route, Biskra, pp. 93-105.
- [2] *Weather Database for the superpave mix design system* (1994), Strategic Highway Research Program, SHRP A 648A, p. 3.
- [3] *Superior Performing Asphalt Pavement (superpave)* (1994), The product of the SHRP, Asphalt Research Program, SHRP A 410, pp. 16-18.
- [4] LARADI N., HADDADI S., AIT MOKHTAR K. (1996), *Studies of fatigue phenomena of algerians bituminous mixes*, Eurasphalt Eurobitume Congress, Strasbourg, France, pp. 219-230.
- [5] SUCH C., RAMOND G. (1995), Les spécifications SHRP. Une tentative de décryptage, *Revue générale des routes et des aérodrômes*, **730**, pp. 57-59.
- [6] SUCH C., RAMOND G. (1995), Les spécifications SHRP et la Température de ramollissement Bille et Anneau. Perspectives d'évolution des spécifications françaises, *Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, **200**, novembre-décembre, pp. 3-12.
- [7] AFNOR (1992), *Bitumes purs, spécifications*, Norme T 65-001, décembre.
- [8] *Performance Graded Asphalt Binder Specification and Testing* (1994), Asphalt Institute Superpave, série 1, pp. 60-65.
- [9] ANDERSON D.A., CHRISTENSEN D.W., BAHIA H.U. (1991), *Physical properties of asphalt cement and the development of performance related specifications*, Proc., Association of Asphalt Paving Technologists, vol. **60**, pp. 437-475.
- [10] LARADI N., DERMECHE Y. (1997), *Influence de la température sur le module complexe des mélanges bitumineux algériens, Essais mécaniques pour les matériaux bitumineux*, 5e Symposium international RILEM, Lyon, France, mai 1997, pp. 181-188.
- [11] MIGLIORI F., PASTOR M., RAMOND G., SUCH C. (1993), *Étude statistique sommaire de quelques cas de fissuration thermique*, 5th Symposium Eurobitume, Stockholm, Suède, Rapports et résumés, pp. 724-728.
- [12] LARADI N. et al. (1995), *Rapport de recherche N° J 1064/02/95, IGC/USTHB*, MESRS, Alger.

ABSTRACT

The properties of the bitumens used in Algeria

G. RAMOND, N. LARADI, M. PASTOR

A brief laboratory study of some of the bitumens used by the Algerian road construction industry and observations in the field lead to the view that problems may arise from irregularities in the properties of the binders delivered to the worksite and from their intrinsic qualities.

The RTFOT was used to simulate the change that takes place on coating in the case of a 40/50 pen bitumen. The results showed that, with reference to French criteria based on conventional tests and on the basis of rheological criteria, the tested batch underwent excessive ageing. Analysis of the binder recovered from a mix manufactured with the same type of binder confirmed this change which is likely to lead to thermal fatigue cracking.

In addition, as prior to any change the bitumen in question had the lowest permitted softening point and the highest permitted penetration, it is to be feared that greater risks will be associated with other binders subjected to similar ageing.

This phenomenon may explain a number of defects that have been observed in the field, at least partially as the formula of the mixture plays a decisive role.

Caractéristiques de bitumes utilisés en Algérie