

**PRODUITS DE MARQUAGE
ROUTIER AU MAROC
PEINTURE ET ENDUIT
THERMOPLASTIQUE**

**M. FAHIM
(C.N.E.R)**

INTRODUCTION

La signalisation horizontale routière est une préoccupation aussi bien de l'ingénieur routier que de l'usager de la route qui exige le long de son trajet la présence de bandes de guidage lui permettant d'être averti de l'approche des virages ou des zones où la dépassement est dangereux.

Les Recherches sur les produits de marquage routier viennent pour contribuer à la satisfaction de ces exigences de sécurité qui sont très coûteuses. Les produits de marquage sont classés en quatre grandes catégories auxquelles s'ajoutent les microbilles de verre et les granulats antidérapants:

- les peintures, le plus souvent à un seul composant, normalement appliquées par pistolage;
- les enduits à chaud ou thermoplastiques appliqués à chaud par extrusion ou par projection;
- les enduits à froid, constitués de deux composants à mélanger au moment de l'emploi;
- les bandes préfabriquées qui nécessitent l'utilisation d'un produit de collage.

Au Maroc seule la première catégorie est utilisée, la deuxième catégorie (enduit à chaud) vient d'être utilisée en 1992 à titre d'expérimentation à Rabat puis ailleurs.

Les autres catégories ne sont pas utilisées au Maroc selon les résultats de l'enquête sur le marquage routier réalisé auprès des Directions Régionales et Directions Provinciales des Travaux Publics (DRTP/DPTP) en 1993.

Ainsi, et pour couvrir toutes les catégories de produits de marquage utilisés au Maroc, seront présentés en première partie les résultats de l'enquête et en deuxième partie les résultats de suivi de l'expérimentation de l'enduit.

Première partie: RESULTATS DE L'ENQUETE SUR LES PRODUITS DE MARQUAGE REALISEE AUPRES DES DRTP/DPTP EN 1993.

I-/PRESENTATION DE L'ENQUETE

L'enquête vise la collecte de données nécessaires pour tenter d'évaluer le comportement de marquages réalisés entre 1991 et 1993. Elle s'intéresse aux paramètres qui peuvent influencer le comportement du produits de marquage. Ainsi le questionnaire d'enquête vise une collecte de données sur:

- la section de route et son environnement;
- la réalisation des travaux de marquage,
- le comportement du marquage.

L'échantillon analysé comprend 79 chantiers réalisés pour la plupart entre 1991 et 1993.

L'analyse des résultats fait ressortir les constations développées ci-après.

II/- INVENTAIRE DES PRODUITS DE MARQUAGE

L'inventaire des produits de marquage utilisés pendant ces deux dernières années est basé sur un échantillon de 1449 km, soit 52,4 % de marquages réalisés.

Ainsi les produits de marquages utilisés pendant les deux dernières années et le linéaire correspondant sont illustrés par les figures 1 et 2.

PRODUITS DE MARQUAGES REALISES SUR ENDUITS SUPERFICIELS

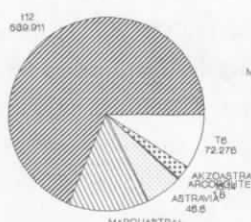


FIG1

PRODUITS DE MARQUAGES REALISES SUR ENROBES BITUMINEUX

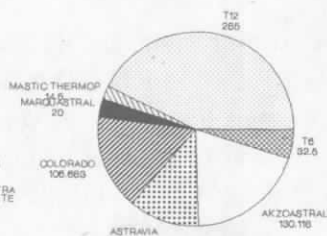


FIG2

La situation relative à l'homologation de ces produits est indiqué dans le tableau n° 1.

HOMOLOGATION Des Produits De MARQUAGE

TABLEAU N° 1

NOM DE PRODUIT	REFERENCE D'HOMOLOGATION		OBSERVATIONS
	EB	ES	
T12	-	-	Non homologué
Mastic thermoplastique	-	-	Non homologué (Phase expérimentation)
Marquastral	RHB-3	RHS-3	homologué
Colorado	-	-	H477 et H305 homologuées en EB
Astravia	RHB1	-	homologué sur EB
Akzoastral	-	-	non homologuée
T6	-	-	homologué sur EB
Arcoroute	RHB-11	RHS-15	homologué

On constate que la peinture T 12, qui est la plus utilisée (44 % sur EB et 68,9 % sur ES), n'a pas été homologuée. A ce sujet le dossier n° 92.154-606 du LPEE Beni-Mellal stipule dans sa conclusion. " En l'absence du certificat d'homologation de la peinture utilisée nous ne pouvons nous prononcer ni sur son identité ni sur sa durabilité". Le même dossier ajoute " les billes de verre présentent des caractéristiques conformes à celles prévues par la directive technique d'homologation des produits de marquage".

L'attention est attirée sur le fait que la conclusion relative aux billes de verre concerne la RP 24 ~la RN 28) à BeniMellal. Elle est donnée ici à titre d'exemple. D'autre part les billes de verre ont pour rôle l'amélioration de la visibilité de nuit (rétroreflexion) et ne condamnent ni la visibilité de jour ni la tenue pour lesquelles seul le produit de marquage est responsable.

III/- TENUE DES MARQUES

Selon les réponses au questionnaire, l'état de la tenue des marques du réseau routier (évalué visuellement), sur lequel des travaux de marquage ont été réalisés ces deux dernières années (1 99 1-1 993) est récapitulé dans le tableau n° 2 ci-dessous, dans lequel sont consignés en fonction du type de revêtement, les répartitions, en linéaire et en %, des états bon, moyen ou mauvais:

TABLEAU N° 2 : Tenue des marques

Etat de tenue	Sur enduits superficiels		Sur enrobés bitumineux		To tal	
	Longueur (km)	(%)	Longueur (km)	(%)	Longueur (km)	(%)
Bon	397,321	27,20	297,2	22,77	694,521	25,11
Moyen	996,04	68,18	1008,08	77,23	2004,12	72,45
Mauvais	67,478	4,62	0	0	67,478	2,44
Totaux	1460,839	100	1305,28	100	2766,119	100

Ces résultats sont illustrés par les figures 3 et 4 ci-après.

Ils mettent en évidence une qualité de tenue des marques globalement moyenne (72,45 %), et un très faible pourcentage des routes marquées dont la tenue est réputée mauvaise, et dont le revêtement est en enduit superficiel. Quant aux sections en enrobé aucune section n'a été jugée de mauvaise tenue .

**TENUE DES PRODUITS DE MARQUAGE
SUR ENDUITS SUPERFICIELS**

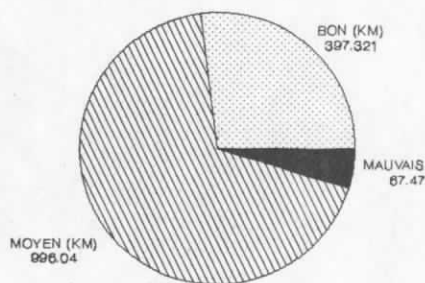


FIG3

**TENUE DES PRODUITS DE MARQUAGE
SUR ENROBES BITUMINEUX**

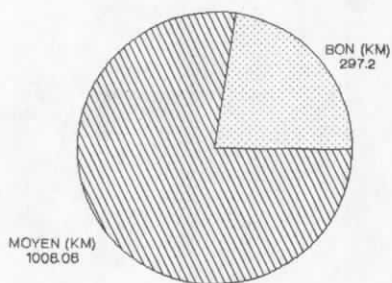


FIG4

IV/ - VISIBILITE DE JOUR

Le tableau n° 3 ci-dessous récapitule les longueurs en kilomètre (km) et en pourcentage (%) des sections de routes marquées qui présentent respectivement un état bon, moyen et mauvais de visibilité de jour appréciée, visuellement par les services extérieurs de la DRCR.

TABLEAU N° 3 : VISIBILITE DE JOUR

Etat de visibilité de jour	Sur enduits superficiels		Sur enrobés bitumineux		To tal	
	Longueur (km)	(%)	Longueur (km)	(%)	Longueur (km)	(%)
Bon	395,071	27,04	397,383	30,44	792,454	28,65
Moyen	971,29	66,49	907,997	69,56	1879,287	67,94
Mauvais	94,478	6,47	0	0	94,478	3,41
Totaux	1460,839	100	1305,38	100	2766,219	100

Les résultats sont illustrés par les figures 5 et 6 ci-après.

68 % du réseau routier marqué est réputé ayant une visibilité de jour moyenne contre 28 % à l'état bon.

VISIBILITE DE JOURS DES PRODUITS DE MARQUAGE SUR ENDUITS SUPERFICIELS

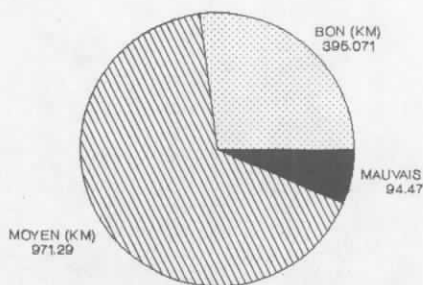


FIG5

VISIBILITE DE JOURS DES PRODUITS DE MARQUAGE SUR ENROBES BITUMINEUX

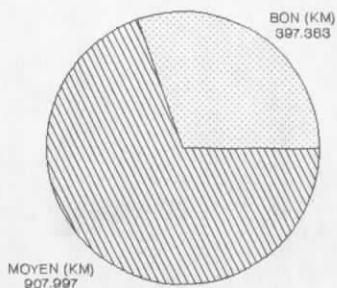


FIG6

V - VISIBILITE DE NUIT

Le tableau n° 4 ci-dessous récapitule les longueurs en kilomètre (km) et en pourcentage (%) des sections de routes marquées qui présentent respectivement un état bon, moyen et mauvais de visibilité de nuit appréciée, visuellement par les services extérieurs de la DRCR.

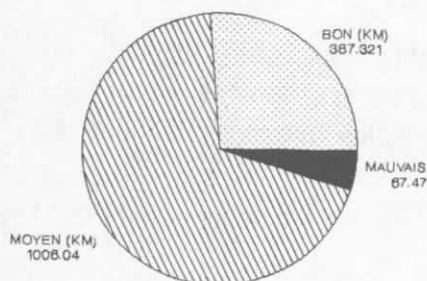
TABLEAU N° 4 : Visibilité de nuit

Etat de visibilité de jour	Sur enduits superficiels		Sur enrobés bitumineux		Total	
	Longueur (km)	(%)	Longueur (km)	(%)	Longueur (km)	(%)
Bon	387,321	26,51	252,718	19,36	640,039	23,14
Moyen	1006,04	68,87	1052,562	80,64	2058,602	74,42
Mauvais	67,478	4,62	0	0	67,478	2,44
Totaux	1460,839	100	1305,28	100	2766,119	100

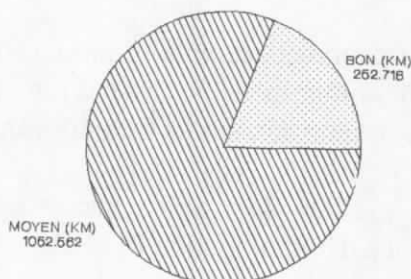
Les résultats sont illustrés par les figures 7 et 8 ci-après.

74 % du réseau routier marqué est réputé ayant une visibilité de nuit moyenne contre 23 % à l'état bon.

VISIBILITE DE NUIT DES PRODUITS DE MARQUAGE SUR ENDUITS SUPERFICIELS



VISIBILITE DE NUIT DES PRODUITS DE MARQUAGE SUR ENROBES BITUMINEUX



VI / - RATIOS

Pour chaque produit de marquage ont été calculés les rapports longueur de l'état / total marqué où le numérateur correspond à la longueur de l'état "bon", "moyen" ou "mauvais" de la tenue, de la visibilité de jour et de la visibilité de nuit.

L'ensemble de ces ratios est récapitulé dans le tableau n° 5 ci-après. L'attention doit être attirée sur le fait qu'il s'agit uniquement d'un constat. Ces données ne permettent pas d'expliquer la situation des états de tenue de visibilité de jour et de visibilité de nuit (bon moyen ou mauvais) car les paramètres qui peuvent influencer le comportement sont nombreux et peuvent être liés:

- aux produits de marquage;
- aux billes de verre (pour la visibilité de nuit);
- à la mise en oeuvre (machine, opérateur, dosage...);
- aux conditions atmosphériques (favorables: tous les travaux ont été réalisés en beau temps);
- à l'état du support de point de vue textures, dégradation, propreté au moment de la mise en oeuvre;
- etc.....

93 % des sections de routes en enduit superficiel marquées avec la peinture T6, sont à l'état mauvais de tenue, de visibilité de jour et de visibilité de nuit. Par contre aucune section en enrobés bitumineux marquée avec la peinture T6 n'est à l'état mauvais; la totalité est à l'état moyen de tenue et de visibilité de nuit et la totalité également à l'état bon de visibilité de jour.

A travers cet exemple on constate qu'un produit qui est adapté à un support en enrobés bitumineux ne l'est pas forcément à un support en enduit superficiel (abstraction faite aux autres facteurs supposés les mêmes en EB ou en ES).

Il y a lieu de signaler que la peinture T6 est homologuée pour l'EB (Référence d'homologation RH B 16).

TABLEAU N° 1
RATIOS ETAT / TOTAL MARQUE

[illegible]

VII/ - CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE

L'enquête lancée par le CNER auprès des DRTP/DPTP a pour objectif une prise de connaissance et une évaluation de l'existant en matière de marquage routier les résultats sont résumés dans le tableau n° I ci-joints. Elle a permis de faire les constatations suivantes:

- les produits de marquage utilisés sont, pour la majorité des sections de routes, des peintures à froid. L'enduit thermoplastique coulé à chaud ne couvrent que 14 km, soit 0,5 % du linéaire marqué.

- au total on compte 8 types de différents produits utilisés dont seuls 4 ont été homologués;

- le produit de marquage le plus utilisé, qui couvre un linéaire de 540 km sur enduit superficiel (ES) et 285 km sur enrobé bitumineux (EB), n'est pas encore homologué (il s'agit de la peinture T12 fabriquée par la société PRODEC);

- certaines peintures homologuées pour un support en EB ont été utilisées sur un support en ES. C'est par exemple le cas de la peinture T6 où 93 % des sections de routes marquées avec ce produit sont à l'état mauvais de tenue, de visibilité de jour et de visibilité de nuit, appréciées visuellement par différentes DPTP;

- tous les travaux de marquage ont été réalisés dans des conditions climatiques favorables (beau temps);

- l'état du réseau routier marqué ces deux dernières années (1991-1993) est réputé moyen de points de vue tenue, visibilité de jour et visibilité de nuit. Les sections de routes à l'état bon constituent 25 à 30 % du réseau marqué. Celles à l'état mauvais ne constituent que 3 % du réseau qui correspondent toutes à un support en enduit superficiel.

Concernant les causes d'échec, les avis des services extérieurs de la DRCR les lient aux deux principaux aspects suivants:

- la conformité du produit au support;
- la mise en oeuvre (propreté du support, matériel d'application, dosage etc...).

Pour le deuxième aspect (la mise en oeuvre) le contrôle des travaux par le laboratoire agréé, ainsi que le refus par l'Administration de tout produit non homologué ou dont l'identification montre qu'il n'est pas conforme au certificat d'homologation permettent d'améliorer la maîtrise de la mise en oeuvre. L'élaboration d'un document de suivi des travaux de marquage sous forme d'un guide et sa mise à la disposition des services concernés contribuera à cerner les causes d'échec liés à la mise en oeuvre. Pour insister les applicateurs à mieux jouer leur rôle, des formules de rabattement doivent être étudiés et insérées dans les CPS des travaux.

Quant à la conformité du produit au support, ceci doit être étudié pendant la phase homologation et c'est cet aspect qui peut faire l'objet de recherches expérimentales futures, dont la consistance dépend entre autre du produit utilisé. Le choix du support sur lequel le marquage aura lieu pour des besoins d'homologation est très important et doit permettre de répondre à la question de conformité du produit au support.

Deuxième partie : **PREMIERS RESULTATS DE SUIVI DE
COMPOTEMENT DE L'EXPERIMENTATION
DE L'ENDUIT THERMOPLASTIQUE**

I/- PRESENTATION DE L'EXPERIMENTATION

Dans le cadre des recherches entamées à la Direction des Routes et de la Circulation routière relatives aux produits de marquage, l'enduit thermoplastique (ROMAC importé de l'Arabie Saoudite et non homologué) a été expérimenté en Janvier 1992 sur la RR 322 (RS 222) à proximité du Oued Yekem du côté Rabat sur une longueur de 1 km. Pour mieux évaluer le comportement de ce produit, une section de référence a été marquée avec une peinture (PRODEC) à proximité de Oued Yekem du côté Casa sur une longueur de 1 km.

Le suivi de comportement des deux marquages réalisés a pour objectif d'évaluer les performances de l'enduit thermoplastique, caractérisé par une durée de séchage très réduite et prometteur d'une longévité plus élevée que celle d'une peinture.

II/- SUIVI DE COMPORTEMENT

La consistance de suivi de comportement est basée sur les critères de qualité de marquage suivants:

- la visibilité de nuit ou rétroreflexion évaluée moyennant des mesures de retroreflexion;
- la résistance à la glissance évaluée au pendule SRT;
- la résistance à l'usure évaluée à l'aide des photos de référence numérotées 2, 4, 6 et 8 établies par le LCPC et le SETRA (France);
- la visibilité de jour évaluée visuellement.

Pour les deux derniers critères aucun problème n'a été constaté aussi bien pour la planche de référence en peinture que pour la planche expérimentale en enduit thermoplastique et ce après plus de 24 mois de service.

II-1/ Rétroreflexion

Les mesures de rétroreflexion ont été effectuées à l'aide du rétroreflectomètre ECOLUX ($E = 3^{\circ}30'$, $\alpha = 4^{\circ}30'$) sur les bandes réalisées en peinture class;que (PRODEC) et celles en enduit thermoplastique.

Les tableaux n° 1 et n°2 ci-dessous récapitulent le nombre de mesures, la moyenne et l'écart type des valeurs du coefficient de rétroreflexion en $MCD/m^2 LX$ qui correspondent à l'état initial, aux âges de 6, 12 et 21 mois, et ce pour chacun des produits de marquage mentionnés ci-dessus et qui font l'objet de Suivi .

RETROREFLEXION BANDES AXIALES

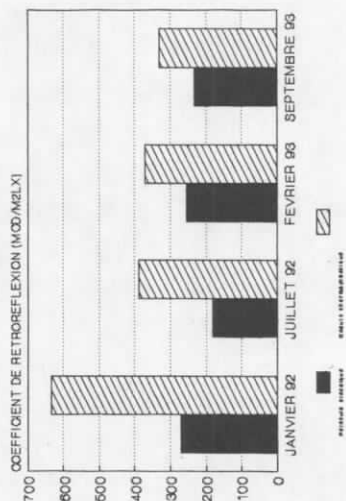


FIG 9

RIVE DROITE RABAT-CASA

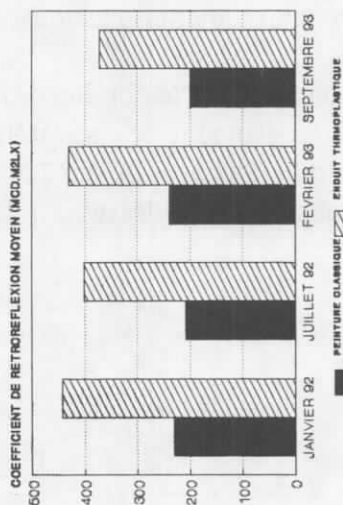


FIG 10

RIVE DROITE CASA-RABAT

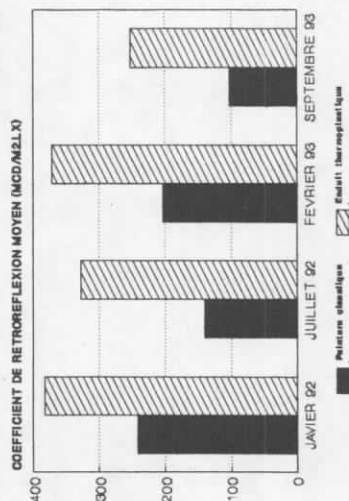


FIG 11

COEFFICIENT SRT MESURE AU PENDULE

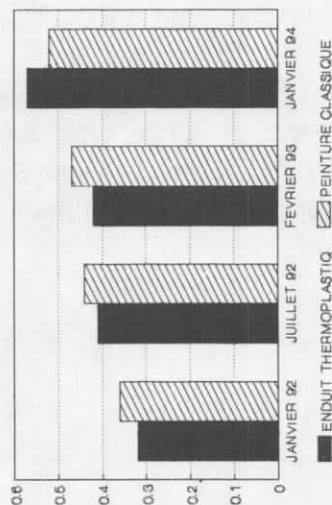


FIG 12

TABLEAU N° 1 : Peinture classique

		Rive droite Rabat-Casa	Axe Casa-Rabat	Rive droite Casa-Rabat
Etat initial Janvier 92	Nombre de mesures	35	21	39
	CR moyen (MCD/m2 LX)	230,35	270,23	241,78
	Ecart type	30,53	15,30	33,36
Juillet 92	Nombre de mesures	24	32	24
	CR moyen (MCD/m2 LX)	208,23	182,45	140,97
	Ecart type	38,22	31,93	34,12
Février 93	Nombre de mesures	44	32	40
	CR moyen (MCD/m2 Lx)	239,49	253,28	202,839
	Ecart type	22,16	10,52	25,26
Septembre93	Nombre de mesures	44	15	44
	CR Moyen (MCD/m2 Lx)	200,33	231,80	102,31
	Ecart-type	69,93	10,75	13,19

TABLEAU N° 2 : Enduit thermoplastique

		Rive droite Rabat-Casa	Axe Casa-Rabat	Rive droite Casa-Rabat
Etat initial (Janvier 92)	Nombre de mesures	90	30	90
	CR moyen (MCD/m2 LX)	442,69	633,35	382,7
	Ecart type	60,29	26,09	76,4
Juillet 92	Nombre de mesures	90	39	90
	C R moyen (MCD/m2 LX)	401,88	387,52	327,66
	Ecart type	59,02	72,46	55,21
Février 93	Nombre de mesures	116	39	39
	CR moyen (MCD/m2 Lx)	429,52	371,00	371,04
	Ecart type	68,65	70,41	70,47
Septembre93	Nombre de mesures	31	7	31
	CR moyen (MCD/m2 Lx)	371,89	330,63	252,42
	Ecart-type	60,80	60,77434	76,38

C R: Coefficient de rétroreflexion

Concernant l'évolution du coefficient de retroréflexion (CR), les histogrammes ci-après laissent penser qu'il y a une diminution du CR après 6 mois d'âge puis une augmentation après les 6 mois qui suivent. On signale qu'il s'agit des valeurs moyennes des coefficients de rétroflexion qui ont été mesurés sur différents points de chaque lot. Les mesures ont été effectuées le long des bandes qui ne présentent pas la même propreté. Ce qui entraîne, en plus des incertitudes des mesures, une certaine dispersion des résultats (soit un coefficient de variation qui varie de 10 à 20%).

D'autre part on signale que les mois de Janvier et Février correspondent à une période de pluie où les bandes sont plus propres que pour le mois de Juillet où il y a absence de pluie.

En outre il a été constaté que bien que les bandes en enduit thermoplastique présentent l'inconvénient de salissure, elles répondent toujours aux spécifications marocaines ($CR > 150 \text{ MCD/m}^2 \text{ Lx}$).

II-2/ - Résistance au glissement

La résistance au glissement est évaluée moyennant le coefficient de frottement dit coefficient SRT mis au point par le TRRL (Transport of Road research Laboratory). Les résultats de mesure de ce coefficient sont récapitulés dans le tableau N°3 - ci dessous.

A rappeler que l'annexe à l'arrêté d'homologation des produits de marquages de chaussée stipule que la valeur minimale exigible au coefficient SRT, pour toute nature de produit, sera 0,35 (spécifications provisoires).

Tableau N°3: COEFFICIENT DE FROTTEMENT SRT

		PEINTURE CLASSIQUE		ENDUIT THERMOPLASTIQUE	
		Support	Peinture	Support	Enduit
ETAT INITIAL Janvier 92	N	20	20	20	20
	M	0,60	0,36	0,53	0,32
	E	0,05	0,05	0,06	0,03
Juillet 92	N	20	20	20	20
	M	0,66	0,44	0,64	0,41
	E	0,05	0,04	0,08	0,02
Février 93	N	20	20	20	20
	M	0,69	0,47	0,63	0,42
	E	0,07	0,03	0,09	0,04
Janvier 94	N	20	20	20	20
	M	0,73	0,52	0,68	0,57
	E	0,01	0,03	0,06	0,05

N: Nomhre de mesures; M: Moyenne; E: Ecart type

Pour les deux produits de marquages (peinture classique et enduit thermoplastique), cette valeur limite du coefficient SRT est toujours respectée depuis la mise en oeuvre jusqu'à la dernière campagne.

III/ - CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE

Après 20 mois de service, et sous un trafic moyen annuel de 6690 véhicules par jour dans les deux sens de circulation de résultats de suivi se résument comme suit:

- pour la visibilité de jour évaluée visuellement et l'état d'usure évalué à l'aide des photos de référence LCPC aucun problème n'a été constaté;

- concernant la visibilité de nuit, la peinture "de référence" et l'enduit thermoplastique répondent toujours aux spécifications marocaines relatives à la rétroreflexion. On note une diminution du coefficient de rétroreflexion des bandes. Cette diminution est plus importante pour les bandes axiales qui sont plus sollicitées que les bandes latérales.

- la résistance au glissement, évaluée au pendules SRT sur les bandes latérales seulement, était initialement à la limite des spécifications marocaines pour la peinture (SRT = 0,36) et légèrement inférieure pour l'enduit thermoplastique (SRT = 0,32) alors que les spécifications exigent un SRT > 0,35. Mais ce coefficient s'est amélioré rapidement dans le temps (2 mois a permis d'atteindre un coefficient SRT = 0,35 exigé par les spécifications). L'évolution de ce coefficient s'explique par l'usure des produits de marque jusqu'à atteindre la valeur du coefficient SRT de la chaussée qui est de l'ordre de 0,7. Mais l'usure en cours n'est pas encore visible à l'oeil nu.

CONCLUSION GENERALE

Cette première ébauche de connaissance de l'existant en matière de marquages met en évidence l'existence de deux classes de produit de marquage:

- les peintures, qui sont les plus couramment utilisés au Maroc sont globalement à l'état moyen de point de vue tenue, visibilité de jour et visibilité de nuit.

- les enduits thermoplastiques nouvellement introduits au Maroc ont montré à travers l'expérimentation sur la RR 332 des performances encourageantes.

D'après les résultats de l'enquête, lancée par le CNER auprès des DRTP/ DPTP, on a pu constater que certaines peintures homologuées sur un support en enrobés bitumineux (EB) ont été utilisées sur un support en enduit superficiel (ES), et comme conséquence 93 % de ces sections sont à l'état mauvais de tenue, de visibilité de jour et de visibilité de nuit, appréciées visuellement par différentes DPTP.

Cela devrait inciter les responsables des projets de marquage routier à exiger de façon systématique les certificats d'homologation tout en vérifiant que le produit s'adapte à la nature du support (au moins au type de revêtement EB ou ES).

Pour des raisons de qualité et de coût, il y a lieu également d'encourager les autres produits de marquage tels que l'enduit thermoplastique, l'enduit à froid et les bandes préfabriquées .

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Les produits de marquage et leur mise en oeuvre. Guide technique réalisé par le SETRA et le LCPC. Novembre 1975.

2- Annexe à l'arrêté d'homologation des produits de marquage de chaussée.

3- Le marquage routier en France ISTED Août 1981.

4- Signalisation routière. Instruction générale Maroc.

5- Mesure de la rugosité d'une surface à l'aide du pendule de frottement P 18 - 575 septembre 1990 France.

6- Rétroreflectomètre Ecolux-Mode Opératoire CNER 1986.

7- Rugosité géométrique des revêtements routiers mesure de la profondeur ausable LCPC 1971.

8- Marquage des chaussées en agglomération. Guide technique LCPC-Mars 1 992.