

LES ENROBÊS COULÊS A FROID ET LEURS APPLICATIONS

**Mr. A. DAHBI
(BITUMA)**

SOMMAIRE

I/ INTRODUCTION

II/ GENERALITES

III/ DOMAINES D'APPLICATION

IV/ ESSAIS DE LABORATOIRE

V/ EXPERIENCE NATIONALE

- 1- Granulat
- 2- Emulsion de bitume
- 3- Composition du mélange
- 4- Mise en oeuvre

VI/ QUALITE FINALE

I/ INTRODUCTION

Au cours de ces dernières années révolution des enrobés coulés à froid (ECF) a été remarquable. Il est possible aujourd'hui d'affirmer que la philosophie de base de la technique des coulis bitumineux (CB) a radicalement changée. Le CB était considéré comme couche de scellement, alors que l'ECF constitue actuellement une véritable technique de traitement et de rénovation de surface avec un champ d'application très large.

Les derniers progrès aussi bien dans le domaine des formulations et fabrication des émulsions de bitume que dans le perfectionnement de matériel de mise en oeuvre ont favorisé le développement des systèmes avec emploi d'additifs, de bitume modifié et de forte granulométrie. Ceci a permis, d'obtenir des ECF de bonnes texture et d'excellentes qualités mécaniques et permettre leurs application aux chaussées fortement circulées. De plus, il ont rendu les ECF plus appropriés que d'autres techniques utilisées traditionnellement et sur lesquelles ils présentent l'avantage d'une application rapide avec un excellent rapport qualité/prix.

II/ GENERALITES

Les CB sont des produits anciens puisqu'ils existaient aux Etats Unis au début des années 50. Depuis, il se sont développés et sont apparus en Europe à partir de 1963 en Espagne, en France et également en Allemagne. Cette technique à base d'émulsions anioniques exclusivement était utilisée principalement pour imperméabiliser la chaussée et colmater les fissures. Le sable employé était fin, il dépassait rarement 5 mm.

Par la suite, et avec l'augmentation du trafic, la durabilité de ces revêtements sur chaussée fortement circulée, s'est avéré relativement faible et l'application de la technique s'est concentrée sur la voirie urbaine et le réseau à faible trafic.

Vers la fin des années 70, les ECF sont apparus d'abord en Europe, puis aux USA ou ils connaissent actuellement un développement assez fort.

Les ECF se différencient des CB par la nature de l'émulsion employée, (elle est en général cationique et à rupture contrôlée) et par la granulométrie de la composition minéralogique. Les granulats utilisés atteignent couramment 8-10 mm. L'épaisseur des couches et de l'ordre de 10 mm et la quantité appliquée est près de deux fois supérieure à celle des coulis; elle est de l'ordre de 15 à 25 kg/m².

Aujourd'hui, les deux techniques coexistent et sont principalement utilisées en entretien routier pour:

- imperméabiliser la chaussée,
- améliorer les caractéristiques de surface,
- remplir des ornières avant répançage éventuel d'une autre couche de roulement.

Appliqués avec les mêmes types de matériels, les CB et les ECF sont constitués de 5 familles de composants:

- les émulsions
- les granulats
- les additifs
- les fillers
- l'eau

C'est de la combinaison judicieuse de ces différents constituants que dépend la qualité des ECF et la qualité finale des revêtements réalisés. Dans ce qui suit nous décrivons succinctement l'état des connaissances sur ces techniques et leurs constituants ainsi que le développement que connaît cette technique notamment au niveau national.

III/ DOMAINES D'APPLICATIONS

L'ECF est une technique principalement d'entretien des couches de roulement des chaussées. son application apporte à la chaussée imperméabilité et scellement des fissures et réparation des défauts d'un ancien revêtement de la couche de roulement. L'efficacité de l'application dépend fortement de la fluidité du mélange et de sa teneur en liant et filler. La quantité des granulats utilisés dans le mélange est faible surtout si la chaussée à traiter est composée d'un revêtement ouvert.

Pour les applications de scellement, le dosage moyen est de 4 à 7 kg/m² sur les chaussées à couche de roulement fermée. Pour les couches de roulement à revêtement ouvert et perméable, le dosage de 7 à 10 kg/m² est appliqué voir même 10 à 15 kg/m² en cas de revêtement superficiel avec arrachement prononcé.

La sélection des matériaux est le facteur clé de la réussite des ECF. Il a pour objectif d'obtenir:

- un enrobage homogène des granulats,
- une bonne maniabilité du mélange juste après sa fabrication pour faciliter sa mise en oeuvre,
- une rupture contrôlée,
- une cohésion suffisante au jeune âge, c'est à dire quelques minutes après l'application pour pouvoir ouvrir le trafic très rapidement. Ceci est particulièrement important sur les chaussées très circulées ou en agglomération,
- de bonnes performances à long terme, en particulier en matière de rugosité, résistance à la glissance, résistance au désenrobage, au plumage tout en évitant les décollements du support.

IV/ ESSAIS DE LABORATOIRE

Pour effectuer cette sélection, de nombreux essais de laboratoire ont été mis au point. La plupart d'entre eux sont décrits dans le "Design Technical Bulletin" de l'ISSA de 1990. On cite les essais suivants:

- la mesure de la consistance. Elle permet d'adapter les paramètres comme la teneur en eau ou la teneur en additif pour obtenir une bonne maniabilité,
- l'essai de désenrobage à l'eau pour évaluer l'adhérence liant-granulat,
- la comptabilité entre granulat-filler-bitume,
- la résistance à l'usure du revêtement par l'essai Wet Track Abrasion Test (WTAT)
- la cohésion au jeune âge par le "HiIt Cohésion Test". Ce dernier essai relativement récent a été présenté lors du 2ème congrès mondial à Genève en 1987. Il consiste à appliquer juste après l'enrobage- un échantillon du mélange sur un support métallique et après un court temps de cure, la moitié du support est retiré, et la cohésion au jeune âge est mesurée par le temps que met l'échantillon à se caser sous son propre poids. Cet essai permet de sélectionner des couples granulats-émulsion rendant possible une ouverture rapide au trafic.

V/ EXPERIENCE NATIONALE

Section pilote

La technique des coulis bitumineux a été testée au Maroc pour l'entretien de quelques sections du réseau principal et secondaire dans la région Nord Ouest et Centre Sud vers les années 1976-77. Le coulis utilisé était du type classique avec une granulométrie très fine. Il a permis de colmater les fissures et de régénérer la surface et donner une homogénéité aux sections traitées.

L'introduction et le lancement de la technique des ECF a été faite récemment. Plusieurs sections ont fait l'objet de traitement avec cette technique. On peut citer les chemins et routes suivantes:

CT 2642, CT 2546, CT 2521,
la voie de contournement de Rabat
Elargissement de la RP 2
Routes urbaines à Rabat, Casablanca et Témara-Skhirat
plusieurs sections du réseau urbain et prive.

La technique des ECF devait être testée sur une section à très grand trafic et dont un suivi très rigoureux doit se faire par l'administration. C'est dans ce cadre que la DRTP de l'Oriental a confié à notre société la réalisation d'un revêtement en ECF sur la Route Nationale N°2 (RP 27) .

Les travaux de revêtement consistaient en la réalisation de:

- une première couche d'ECF-3 type 0/8: jouant le rôle d'imperméabilisation du support, de colmatage des fissures, de reprofilage éventuel du profil. Elle facilite l'adhérence de la couche susjascente.

- une deuxième couche d'ECF-2 type 0/10 de granulométrie plus grossière par rapport à la première couche pour assurer la rugosité voulue.

1/ Granulats

Une étude détaillée de laboratoire a été entamée, et a concerné les divers matériaux des carrières couvrants le périmètre d'Oujda, dont l'objectif était de définir et fixer les granulats répondants aux spécifications de fabrication des ECF type Bitugrip.

Le tableau N° 1 récapitule les caractéristiques physiques des matériaux testés.

GRANULATS DES CARRIERES D'OUIDA

Tamis (mm)	ECHANTILLONS											Tableau N°4		
	129 S. 0/5	119 S. 0/5	115 S. 0/3	148 S. 0/3	144 S. 0/3	151 S. 0/3	152 G. 3/8	155 G. 3/8	147 G. 3/8	142 G. 5/10	146 G. 6/10	121 G. 6/12	122 G. 6/12	
12.50	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
10.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.30	99.50	86.00	99.40	100.00	90.70	
6.30	100.00	98.10	100.00	100.00	100.00	100.00	86.30	86.20	78.90	8.30	5.90	48.40	8.60	
5.00	99.90	97.70	100.00	99.90	100.00	100.00	55.00	51.00	36.70	1.40	0.70	11.20	1.45	
2.50	81.20	80.20	98.10	96.80	80.70	98.60	3.20	1.20	0.50	0.60	0.30	1.30	0.60	
1.25	56.40	54.60	60.80	69.20	48.30	67.00	0.30	0.40	0.30	0.60	0.20	1.10	0.60	
0.63	40.40	37.10	39.40	52.70	31.30	42.80								
0.32	29.00	26.30	28.10	41.00	22.50	29.00								
0.16	21.30	18.30	20.40	28.80	14.80	21.60								
0.08	16.80	12.40	13.80	17.40	9.60	17.70								
E.S	44	77	64	72	64	59								
HCL	> 82	> 95	> 95	> 75	> 80	> 73								
LHORTHY	0.8	Dehors	> 0,55	> 0,5	0.8	0.5								

2/ Emulsion de bitume

l'émulsion employée pour la fabrication de l'ECF est une émulsion cationique à rupture contrôlée à base de bitume 80/100. Il s'agit d'une émulsion spéciale dont la rupture est contrôlée par l'emploi d'émulsifiants et d'additifs spéciaux fabriqués par notre usine.

3/ Composition du mélange

Les mélanges retenus sont dressés dans les tableaux N° 2 et N° 3.

L'analyse de la compatibilité de chaque mélange à l'émulsion a conduit à la sélection du mélange constitué par les granulats d'une carrière dans la région de la ville d'Oujda. Le granulat est de nature calcaire dont la composition minéralogique est la suivante:

- quartz: 3%
- Calcite: 15%
- Silicates: 82%

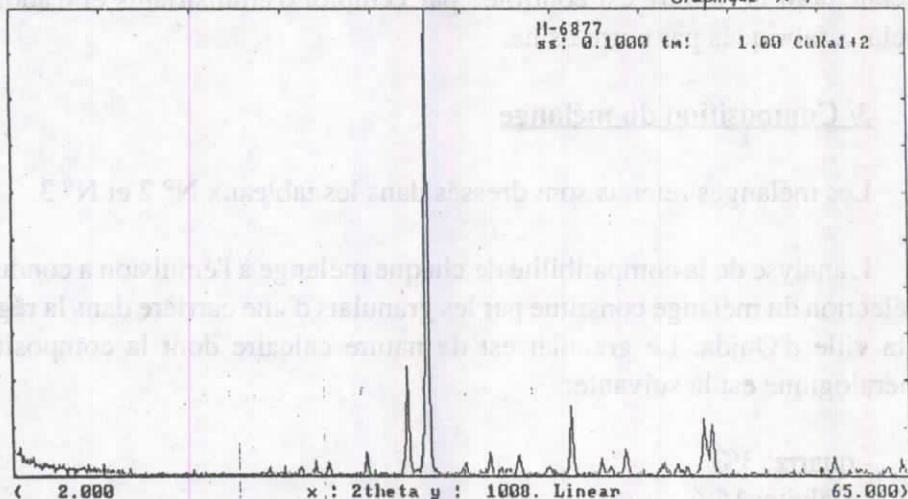
A noter que l'analyse a été réalisée sur la fraction des éléments inférieurs à 0.063 mm par la diffraction des rayons X sur le réseau cristallin (voir illustration de la composition des granulats - graphique n°1).

Les formules retenues pour la fabrication des ECF sont:

Références	ECF - 3	ECF - 2
Sable 0/3	90%	81%
Gravettes 3/8	10%	9%
Gravettes 5/10	-	90% ECF - 3
Emulsion spéciale ECP-S	12.0	10%
Additif type ADP-I	1.5	
Ciment CPJ 35	0.5	

Les graphiques N° 2 et N° 3 suivants montrent les granulométries des deux mélanges minéraux retenues pour la réalisation de l'ECF.

Graphique N°1



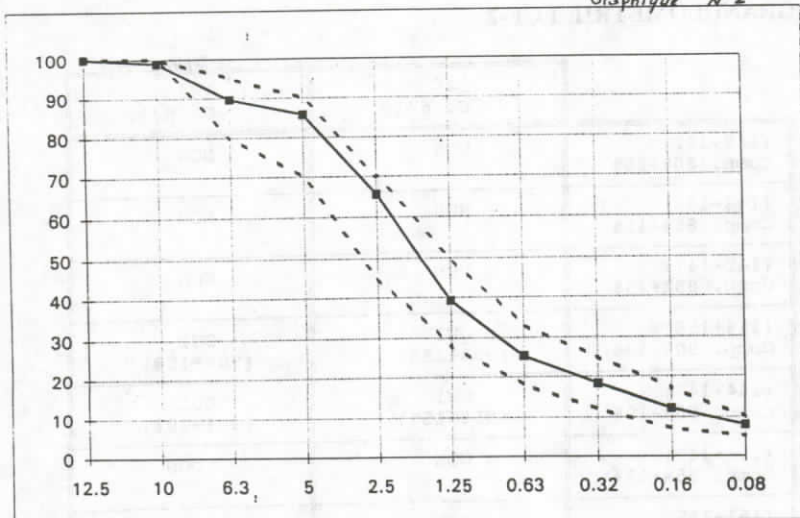
File: ALEHA 0/3_

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Echantillon: composition pour ECF-2, carrière MAGRA - Oujda
90 % composition ECF-2 + 10 % granulat 5/10

tamais (mm)	% passant
12.5	100.0
10	98.8
6.3	89.6
5	85.7
2.5	65.6
1.25	39.2
0.63	25.4
0.32	18.3
0.16	12.1
0.08	7.9

Graphique N°2



Bituma - 93

GRANULOMETRIE ECF-3

Tableau N°2

Sables	Gravettes 3/8		
	152	155	147
(148) S. 0/3	OUI (80%+20%)	OUI (85%+15%)	OUI (85%+15%)
(144) S. 0/3	NON	OUI (90%+10%)	OUI (90%+10%)
(151) S. 0/3	OUI (85%+15%)	OUI (85%+15%)	OUI (85%+15%)
(115) S. 0/3	NON	NON	NON
(119) S. 0/5	NON	NON	NON
(129) S. 0/5	NON	NON	NON

GRANULOMETRIE ECF-2

Tableau N°3

	146 G. 6/10	142 G. 5/10
(148+152) Comp. 80%+20%	NON	NON
(148+155) Comp. 85%+15%	NON	NON
(148+147) Comp. 85%+15%	NON	NON
(144+155) Comp. 90%+10%	OUI (85%+15%)	OUI (90%+10%)
(144+147) Comp. 90%+10%	OUI (85%+15%)	OUI (90%+10%)
(151+147) Comp. 85%+15%	NON	NON
(151+155) Comp. 85%+15%	NON	NON
(151+152) Comp. 85%+15%	NON	NON

Les ECF sont appliqués indépendamment une certaine concentration de suspension concentrée.

de l'écoulement

Le liquide est filtré en continu
dans le même type de filtre
à l'écoulement en continu
à l'écoulement en continu

Le liquide est filtré en continu
dans le même type de filtre
à l'écoulement en continu
à l'écoulement en continu

La filtration et le mélange se font en continu pendant que l'écoulement se poursuit dans le même type de filtre.

Les quantités sont mélangées avec le filtre à l'écoulement et les additifs et versés dans le mélangeur par l'eau et produit à l'écoulement et par l'écoulement de l'écoulement.

Le ECF est appliqué en une ou deux ou plusieurs couches de granulométries différentes.

Les quantités moyennes appliquées sont

1ère couche ECF-0: 12 kg/m²
2ème couche ECF-2: 18 kg/m²

Grâce à la rupture continue d'émulsion, l'ECF répondant prend rapidement sa place sur la charasse. Le mélange commence à durcir dès sa première minute. La circulation est fixée 30 à 50 min après l'application d'ECF.

4/ Mise en oeuvre

Les ECF sont appliqués moyennant une centrale automotrice dont l'équipement comprend:

- du stockage:
 - . granulats et filler en trémies
 - . eau de prémouillage en citerne
 - . émulsion en citerne
 - . additif et dope
- un ensemble alimentation et dosage des constituants
- un malaxeur travaillant en continu
- un traîneau épandeur attelé à l'engin

La fabrication et le répandage se font en continu pendant que l'engin avance jusqu'à épuisement des matériaux dans la trémie et les citernes.

Les granulats sont mélangés avec le filler minéral et les additifs et versés dans le malaxeur après mouillage par l'eau et produits spéciaux et pulvérisation de l'émulsion.

L'ECF est répandu en une ou deux ou plusieurs couches de granulométries différentes.

Les quantités moyennes appliquées sont:

- 1^{ère} couche ECF-3: 12 kg/m²
- 2^{ème} couche ECF-2: 18 kg/m²

Grâce à la rupture contrôlée d'émulsion, l'ECF répandu prend rapidement sa place sur la chaussée, le mélange commence à durcir dès sa première minute. La circulation est ouverte 30 à 50 mn après l'application d'ECF.

VI/ QUALITE FINALE

Les sections traitées et avec un recul de plus d'un an présentent une qualité très satisfaisante:

- . un degré élevé de sécurité au roulement,
- . une réduction de la perméabilité,
- . une bonne esthétique de surface finale,
- . une bonne adhérence,
- . un rejet très faible des gravillons

Un suivi est fait par l'Administration des caractéristiques de surface du revêtement. On note une bonne rugosité et une bonne qualité finale du revêtement.

SOMMAIRE

PRESENTATION DE LA QUESTION	2
------------------------------------	----------

J. QARROUM (Animateur de la question)

I/ ENVIRONNEMENT-DRAINAGE:

Analyse générale du phénomène de glissement de terrain au Nord du Maroc	3
--	----------

Impact sur le réseau routier

HIMMI (CNER)

Géotechnique routière du préif central.	25
--	-----------

HAMAOUÏ (DPTP TAOUNATE)

MRHIZOU (LPEE-FES)

IRIZI (LPEE - FES)

Drainage interne des routes dans la région Nord Ouest	39
--	-----------

ENOURBI (DRTP NORD OUEST)

BENTALEB (DRTP NORD OUEST)

Drainage des plate-formes et des chaussées	63
---	-----------

aéronautiques cas de l'aéroport d'Agadir Al Massira

DIRECTION DES BASES AERIENNES

Quelques aspects du drainage des chaussées.	105
--	------------

A. DEHENU (CRR BELGE)

II/ OUVRAGES D'ARTS:

Evaluation des affouillements au niveau des différents appuis.	137
---	------------

EJJAOUANI (LPEE)

Evaluation des efforts parasites sur les pieux	149
---	------------

EJJAOUANI (LPEE)

Portance des micropieux	161
--------------------------------	------------

EJJAOUANI (LPEE)

Analyse de la stabilité des ponts en maçonnerie. sur la RP 13	175
--	------------

CHARRABI (EHTP)

ACHARHABI (LPEE)

EL KHAL (LPEE)