

CHAUSSÉES TRAITÉES AUX LIANTS HYDROCARBONÉS

J. P. BASTIANESI

Directeur d'exploitation

Entreprise G.T.R

M. ANNAB

Chef du Service Technique Régional
D R E NORD OUEST

M. ALAOUÏ

Chef du Service Chaussée
Division Technique
D R C R

I- HISTORIQUE :

Il faut se souvenir que l'histoire des liants et matériaux hydrocarbonés est fort ancienne pour comprendre l'évolution et la richesse des technologies issues de ces produits.

Bien entendu si l'évolution a été progressive et naturelle au cours des temps reculés, l'acuité des problèmes modernes de circulation et la violence des crises pétrolières ont incité les chercheurs et les professionnels à accélérer fortement le processus de cette évolution par des innovations fréquentes, dont certaines ont abouti à des techniques prometteuses.

Jetons rapidement un regard en arrière afin mesurer le trajet accompli.

Les premières utilisations connues de bitume et asphalte naturel remontent à l'antiquité.

Vers 3000 ans avant J.C. les deux propriétés fondamentales du liant étaient déjà exploitées, étanchéité et adhésivité ; le liant servant à assembler des briques.

Les bitumes naturels de Trinidad sont découverts en 1595.

Il semble que la voie des enrobés ait été ouverte cent ans plus tard par la découverte de la première mine d'asphalte naturel au début du 18^{ème} Siècle et la réalisation accidentelle de "grave asphalte" sur le chemin d'accès à cette mine.

Pourtant il faudra attendre une centaine d'années avant de voir naître le premier enrobé au bitume naturel de trinidad en 1890; pendant ce siècle, diverses nouveautés ont été réalisées dont le revêtement de trottoirs et chaussées en asphalte coulé.

A partir du vingtième siècle d'accélération devient rapide et l'on voit apparaître différentes techniques :

- 1901 -1902 "goudronnage" et "pétrolage" de rues pour lutter contre la poussière
- 1909 premier enrobé à chaud en France
- 1913 naissance de l'émulsion de bitume
- 1918 remplacement progressif du goudron par le bitume
- 1924 mise au point des émulsions Anioniques
- 1937 découverte des émulsions cathioniques
- 1945 - 1950 essor de la technique enrobé à chaud aux Etats Unis.

Toutes ces techniques évoluent sans cesse et constituent aujourd'hui le paysage technologique que nous connaissons.

II - DEFINITION DES TECHNIQUES.

Il faut rappeler que les liants hydrocarbonés sont issus de deux origines différentes :

a) Les goudrons provenant du traitement des charbons roche fossile d'origine végétale, dans cette catégorie entrent les brais.

b) Les bitumes dérivés du traitement du pétrole ou provenant de gisements naturels et d'origine fossile animale; les asphaltes entrent aussi dans cette catégorie.

Les propriétés générales de ces liants sont :

- adhésivité qui se traduit par facilité à coller, à amalgamer

- étanchéité c'est-à-dire non solubilité et non miscibilité à l'eau

- susceptibilité traduit le changement d'état en fonction de la température

- susceptibilité traduit le changement d'état en fonction de la température

- viscoélasticité ou comportement intermédiaire entre solide et liquide conférant le caractère "souple" aux chaussées traitées grâce à ces liants.

A - Les enrobés à chaud.

Ce sont des mélanges réalisés à haute température vers 160° C entre une phase solide constituée d'aggrégats solides dans des proportions bien définies et une phase visqueuse le liant : la proportion de ce liant varie de 3 à 10 % du poids de la phase solide.

Après un temps de malaxage de quelques minutes, la température du mélange obtenu est de l'ordre de 140° C.

La mise en oeuvre a lieu également à chaud aux alentours de 120° C; cette température confère au mélange une grande maniabilité et permet d'obtenir une excellente mise en oeuvre tant du point de vue de l'uni de surface que de celui de la compacité.

Dans cette technique le liant peut être :

- un goudron de différente viscosité.

- un bitume pur de classe 20/30 à 80/100 ou tout bitume modifié par additif.

- un mélange bitume goudron.
- un mélange bitume brai.
- un mélange bitume caoutchouc.

Le granulat est en général un granulat routier de bonne qualité, reconstitué à partir de plusieurs classes.

La classification généralement admise comprend : - les graves bitumes : granulométries 0/16 à 0/25 et pourcentage de liant 2,5 à 4,5%

- Les bétons bitumineux : granulométries 0/6 à 0/14 et pourcentage de liant 5,5 à 7,5% eux-mêmes divisés en

enrobés denses % de vide	10
enrobés semi denses % vide de	10 à 15
enrobés ouverts % vide de	15

- les sables enrobés 0/4 ou 0/6 et % de liant de 7 à 10 %.

Si les premières techniques d'enrobés ont utilisé des matériaux naturels tels que des sables asphaltes, très vite les hommes du métier ont compris l'intérêt qu'il y avait pour eux à sélectionner les différents composants et à les mélanger dans les meilleures conditions possibles.

Cette évolution s'est dessinée au fil des Années suite à des expériences heureuses ou malheureuses mais toujours grâce au souci des Ingénieurs d'analyser les phénomènes afin d'enrichir leur connaissance.

Comme nous l'avons évoqué précédemment, le développement des techniques enrobés à chaud a débuté dans les Années 50 aux Etats Unis et s'y est poursuivi jusqu'aux très fameux essais AASHO qui ont consisté, entre 1965 et 1960 à construire plusieurs circuits expérimentaux et à tester en vraie grandeur une quantité impressionnante de matériaux de chaussée.

Les résultats dans le domaine qui nous concerne ont été un ensemble de formules de fuseau et de méthode de dimensionnement qui portent ce nom et qui constituaient la base des premiers enrobés réalisés en France.

Rappelons brièvement les caractéristiques générales des enrobés AASHO fuseaux granulométriques assez larges, plutôt sableux et pourcentage de bitume relativement fort.

Ces spécifications appliquées telles quelles en France dans les Années 60 ont donné de bon résultats jusqu'en 1965, mais à cette époque, sont apparues diverses dégradations et principalement des déformations de fluage et d'orniérage très accentuées dans les zones à faible vitesse (rampe) et dans les zones très ensoleillées.

L'analyse des déformations à montré que les causes de cet orniérage résidaient dans :

- l'utilisation de bitume trop mou (à cette époque on utilisait du 180/220 et du 80/100).

- la qualité médiocre des gravillons : trop de matériaux tendres et de matériaux roulés.

- la proportion trop forte de sable dans les formules

- un pourcentage liant trop élevé.

Cette analyse a amené les Ingénieurs à énoncer de nouvelles normes beaucoup plus rigoureuses;

- 1) Choix de bitume plus dur 60/70 - 40/50.

- 2) Choix de gravillons de haute qualité.

- a) entièrement concassés y compris les sables afin d'augmenter le frottement interne.

- b) de matériaux durs afin de diminuer l'attrition

- 3) Choix de formules dites grenues ou semi grenues dans lesquelles la proportion de sable passant à 2mm a été fortement diminuée.

Les résultats ont été très positifs dans l'ensemble mais encore insuffisant car des phénomènes nouveaux apparaissaient.

En effet, ces formules sont en général peu maniables et nécessitaient une adaptation du matériel.

- 1°) Pour l'élaboration des granulats.

Un très gros effort a dû être fourni par les carriers afin d'adapter leur production aux nouveaux impératifs.

Mise au point d'appareils permettant de concasser des matériaux très abrasifs dans de bonnes conditions (concasseurs giratoires).

Amélioration des installations de criblage
Production accrue de sables fillerisés.

- 2°) Pour l'élaboration des mélanges

L'utilisation de bitumes plus durs nécessite des moyens de chauffage plus performants.

Remplacement des citernes chauffantes à flamme nue par des citernes à huile chaude.

Introduction des systèmes de prédoseurs dans les centrales et possibilité de faire varier de façon continue tous les paramètres des formules.

3°) Pour la mise en oeuvre.

Les moyens de compactage utilisés les premiers temps de l'emploi de ces nouvelles formules étaient trop faibles et par conséquent les compacités obtenues restaient insuffisantes ; de plus les épaisseurs mises en oeuvre à l'époque variaient autour de 4 à 5 cm. De tels enrobés subissaient une attaque de surface donnant lieu au phénomène de pelade.

Afin d'améliorer ce défaut, il a été nécessaire d'intensifier les moyens de compactage, ce qui amena le développement des compacteurs à pneumatiques et plus tard vibrant, et de recommander l'application d'épaisseurs minimales d'au moins 6 cm permettant de diminuer les pertes calorifiques avant le compactage et d'imposer la technique du compactage immédiatement derrière le finisher.

La deuxième grande période d'amélioration date des années 70/80. Nous disons grande période car il est évident que l'évolution est continue et que les améliorations se succèdent.

Un progrès dans la formulation appelle une amélioration de matériel qui à son tour permet une évolution de qualité et ainsi de suite.

La période 70-80 voit se développer trois domaines principaux :

- Prise en compte des problèmes d'environnement
- Amélioration niveau de service et sécurité
- Amélioration de la précision et du confort.

Les problèmes d'environnement.

Si ce dernier a été longtemps négligé, à partir des années 70 il est intégré comme une contrainte à part entière dans l'élaboration du matériel. Cela a permis la mise au point de techniques nouvelles dans la fabrications

La pollution provenant de l'expulsion de fumée chargée de fines, diverses solutions ont été mises au point.

Les premiers dépoussiéreurs statiques, les cyclones, étaient basés sur un processus de variation de vitesse des gaz provoquant des dépôts de matériaux.

Ces systèmes permettent de dépoussiérer les éléments les plus grossiers.

Les dépoussiéreurs humides dont le principe consiste à faire passer le flux d'air chaud dans un nuage d'eau, présentent deux inconvénients majeurs.

1°/ Nécessité de grande quantité d'eau

2°/ Problème de rejet des eaux chargées.

Enfin de dépoussiéreur à sec, mis au point ces dernières années, consiste à faire transiter les gaz chauds à travers une série de filtres synthétiques permettant non seulement de débarasser l'air des particules solides mais aussi de récupérer ces fines et de les réincorporer au processus de fabrication.

Cet exemple illustre parfaitement l'effet positif, le produit fini, induit par la résolution d'une contrainte technique.

L'amélioration du niveau de service est aussi une préoccupation relativement récente, elle est la conséquence des progrès dans deux domaines.

- La mesure de l'uni à grand débit par les appareils analyseurs de profil en long APL couplés à des moyens de traitement informatique permettent d'étudier plusieurs dizaines de Km par jour. Cette rapidité de réponse permet des interventions en cours de réalisation des travaux.

- Les moyens de mise en oeuvre par guidages électroniques fils et plaspeurs ou rayons lasers ou poutres sont principalement dus à l'introduction des circuits hydrauliques pilotés par mini calculateurs.

Au niveau de l'amélioration de la sécurité la grande innovation réside la mise au point de formules présentent une macrorugosité importante (formules dites grenues) assurant un bon écoulement des eaux de surface et réduisant considérablement les phénomènes d'acquaplaning.

Le revers de la médaille pour ces formules réside dans l'augmentation du niveau sonore de tels enrobés. Ceci montre une fois encore l'impossibilité d'améliorer toutes les caractéristiques en même temps et prouve, si nécessaire, l'importance du facteur humain dans la pondération des différentes variables entrant dans la réalisation d'une chaussée.

Enfin l'introduction de plus en plus importante de l'électronique à toutes les phases de la fabrication a permis d'améliorer la qualité des produits par un resserrement des fluctuations des fabrications.

Nous pensons principalement aux tables de pesages électroniques, aux variations de vitesse à courant continu permettant d'adapter les débits de chaque matériaux, aux compteurs électroniques entre différentes variables et aux divers mécanismes d'asservissement.

Ces progrès ont aussi amené une amélioration très sensible du confort des ouvriers, ce qui à terme induit encore un gain de productivité de qualité.

Une machine révolutionnaire a vu le jour au cours de cette décennie qui répond à la plupart des critères évoqués précédemment dans la fabrication des enrobés c'est le Tambour Sécheur Enrobeur (type TSM chez ERMONT).

En effet, dans ce système le séchage des agrégats et leur enrobage sont réalisés dans la même enceinte, il n'y a donc pratiquement pas d'émission de fines dans les fumées.

La brièveté du transit des matériaux chauds et secs permet de réaliser une économie importante de carburant.

B - Les mélanges a froid

Bien avant les contraintes des diverses crises pétrolières, les techniciens ont cherché à s'affranchir des sujétions liées à la viscosité des liants bitumes et goudrons et aux dépenses résultant de leur chauffage.

La première idée qui vient à l'esprit à abouti à des mélanges liant + solvant et a donné naissance aux bitumes fluidifiés mais les solvants étant souvent plus nobles que le liant lui-même, cette solution s'est heurtée à l'augmentation des prix pétroliers.

La deuxième manière d'aborder le problème consiste à réaliser une émulsion de bitume dans l'eau. Pour cela, il est nécessaire de créer une solution aux propriétés chimiques très précises avant dispersion du bitume.

Les émulsions d'abord anioniques sont ensuite devenues presque exclusivement cationiques.

Tous les mélanges à froid, dont nous parlerons, sont à base d'émulsion.

Les enrobés à froid stockables.

A la différence des enrobés à chaud ceux-ci ont une structure très ouverte et sont presque toujours fabriqués à partir d'une ou deux classes granulaires sans filler. En effet, le but recherché est la stockabilité. Or la rupture d'une émulsion est accélérée par la présence de fines.

On utilise pour ces formules des émulsions dites surstabilisées.

L'emploi de ces enrobés est réservé pour les interventions de point à temps de réparation partout où les enrobés chaud ne peuvent être utilisés à cause de la faible quantité ou de l'éloignement d'une centrale de fabrication.

Bien entendu les avantages de ces matériaux, rusticité et disponibilité immédiate s'accompagnent d'inconvénients inhérents au procédé.

Le principal étant la déformabilité et la sensibilité au fluage dans son jeune âge.

Leur caractère ouvert nécessite une fermeture de surface à l'aide d'une couche de scellement.

Les graves émulsions

Comme son nom l'indique c'est le mélange d'une grave (un troy-venant semi concassé en général) avec une émulsion : ce mélange est réalisé à froid.

La naissance de ce procédé date des années 50 et dérive des pénétrations et semi-pénétrations.

Cette technique consistait à mélanger en place un matériau de corps de chaussée après répandage d'une certaine quantité d'émulsion. Après malaxage à la niveleuse de la couche superficielle, un compactage et un enduit venaient terminer l'opération.

Bien vite les techniciens se rendirent compte qu'ils avaient intérêt à sélectionner le matériau et à contrôler le mélange.

La technique actuelle consiste à mélanger en centrale diverses coupures de matériaux nobles; (même qualités que pour les enrobés à chaud) avec une émulsion dite surstabilisée à raison de 4 à 6 % du poids d'agréats. Les granulométries obtenues sont des 0/14 ou des 0/20 comportant de 2 à 6 % de filler. Ces matériaux servent de couche de fondation ou de couche de base mais jamais comme couche de roulement.

Deux aspects particulièrement intéressants de cette technique sont :

1/ L'aptitude au reprofilage et la possibilité de "passer à zéro" permettant d'effectuer des rattrapages de profil et des raccordements.

2/ Le comportement "souple" de la couche de l'absence de mise en traction évitant la remontée des fissures aux couches supérieures.

Les enrobés denses à froid.

Cette technique relativement récente est une synthèse des deux précédentes grave émulsion et enrobé chaud.

Comme un enrobé à chaud il est destiné à réaliser des couches de roulement avec une teneur en filler de 6 à 9 % et une teneur en émulsion voisine de 10 %.

Les fuseaux granulométriques sont ceux des enrobés chauds grenus et semi grenus, réalisés avec des agrégats de qualité comparable.

L'émulsion est à rupture lente afin de ne pas rompre trop rapidement lors du malaxage du mélange qui, ne l'oublions pas, comporte 6 à 8 % de filler. Ce malaxage a lieu en centrale à froid.

La mise en oeuvre nécessite des énergies de compactage très élevées que pratiquement seuls les compacteurs vibrants sont capables de produire.

La compacité initiale reste faible à la mise en circulation et le compactage final s'acquiert après plusieurs mois de trafic.

Les pénétrations et semi-pénétrations.

Nous n'évoquerons ces techniques qu'à titre de curiosité car elles ont pratiquement disparues de la panoplie de l'Ingénieur routier.

L'imprégnation.

C'est un traitement de surface consistant à traiter en place la partie superficielle d'une grave dans un double but.

- réaliser une imperméabilisation de l'interface

- Stabiliser la couche superficielle du matériau avant application d'une couche de roulement et éviter le décompactage de la couche lors de la réalisation du revêtement ou d'éviter la perte de liant dans la couche de base lors de la réalisation d'un revêtement superficiel.

Elle a été très longtemps réalisée avec un bitume fluidifié 0/1 mais tend de plus en plus à être faite à l'émulsion de bitume stabilisé.

C - Les coulis

Ce sont les slurry scal aux Etats-Unis. Certains pays les utilisent en grande quantité à la place des enduits superficiels.

Ce sont des mélanges sable-émulsion très fluides appliqués comme un coulis en épaisseur faible 2 à 6 mm.

Les sables sont en général des sables de concassage moyennement fillerisés 8 à 12 %.

La teneur en émulsion varie de 10 à 14 %

La rupture de l'émulsion est souvent contrôlée par l'addition lors du malaxage d'un produit tensio actif.

Ces revêtements très étanches s'adaptent à toutes catégories de support, particulièrement les supports très ouverts.

Très silencieux, ils sont bien adaptés à la voirie urbaine.

LII - LA TECHNOLOGIE MAROCAINE

A - Inventaire de la Technologie

La Technique des Matériaux traités aux liants hydrocarbonés a été utilisée dans notre pays sous ses différentes formes à savoir:

- Les mélanges à froid : Ils comprennent :

- * Les enrobés à froid
- * Le slurry seal.
- * La grave émulsion.

L'utilisation des enrobés à froid est réservée au Domaine du strict entretien, donc des quantités peu importantes. S'agissant du slurry seal, ce mélange a connu aussi un usage très restreint. On note son utilisation à Meknès et Rabat.

Par ailleurs la grave émulsion, constitue pour notre Pays une Technique nouvelle qui a été expérimentée à Kénitra.

- Les mélanges à chaud : Ils comprennent :

- * Les enrobés à chaud : E.B
- * La grave bitume : GBB

Les composants furent utilisés de manière massive lors des opérations de renforcement rentrant dans le cadre du 3ème et 4ème P.R. financés par des prêts de la BIRD ainsi que par des opérations des grandes envergures à l'échelle nationale telles que l'Autoroute (1ère - 2ème et 3ème tranche).

L'importance des quantités utilisées incita les parties concernées à parfois la qualité. Ainsi, un changement structurel des deux parties concernées a été observée :

B - Changement structurel engendré par cette Technique

2 - Entreprise.

Lors de ces opérations on a vu apparaître des centrales perfectionnées type TSM (à pupitre électronique pour le réglage des dosages).

Cesquelles permettent un auto contrôle et par voie de conséquence une amélioration de la qualité.

Le nombre de chantiers oblige l'entreprise à se doter de centrales, de même que pour les entreprises déjà dotées la nécessité du respect des délais les incite à se doter de centrale répondant aux capacités exigées.

Ceci en ce qui concerne les centrales mais il y a lieu de signaler qu'il en est de même pour les finisseurs et compacteurs adaptés à cette techniques c'est qu'on a vu apparaître sur les chantiers nationaux des finisseurs à palpeur électronique et des compacteurs (G.B.H.).

Cet effort concernant le matériel ne fut pas isolé. En effet l'Entreprise consciente de l'importance de l'investissement qu'elle a consenti pour se doter de ce matériel sophistiqué se préoccupe de la nécessité de disposer de cadre et d'agent qualifié par la conduite et l'entretien de ces engins. Cette prise de conscience (1979) fit que l'on constate une augmentation rapide du nombre d'Ingénieurs embauchés par le privé contrairement à la tendance précédente qui compte tenu de la routine relative à l'exécution des travaux en grave non traitée + ES, avait vu le nombre de techniciens (Ingénieurs et agents) stagner.

2 - Administration.

La Direction des Routes et de la Circulation Routière axa ses efforts vers deux voies :

I - Homogénéisation des spécifications à exiger des EB et GBB par l'utilisation du CSTCN sur l'ensemble du territoire

II - Etablissement d'une procédure de contrôle stricte et homogène dont le cadre est représenté dans la fiche E .

La dotation du CNER en appareils d'auscultation et en Ingénieurs qualifiés devait en outre amener:

a - L'établissement d'un guide de relevé visuel des dégradations sur enrobés en l'occurrence.

b - L'auscultation en continu des Routes Nationales à l'aide de l'APL du Bump et du déflectographe.

La croix lesquels appareils permettent de localiser de manière impartielle les zones à déficience structurelle.

C - Etudes et contrôles

Conformément aux habitudes de la DRCR, le Laboratoire Public d'Essais et d'Etudes a été chargé de l'établissement des rapports d'études de dimensionnement sur les routes inscrites au programme définitif.

Une fois l'étude de faisabilité établie et la consistance du projet connue, la D.R.C.R. a chargé le L.P.E.E. de l'établissement des études géotechniques de renforcement. Les rapports ont par la suite été adressés aux Services extérieurs (Direction Provinciales de l'Equipement D.P.E.) en vue d'un examen permettant de critiquer, compte tenu des spécificités locales, les conclusions de l'étude. Une réunion, tenue au niveau central de la D.R.C.R. devait en fin de parcours arrêter d'un commun accord entre Service Central Service Extérieur (D.P.E) et (L.P.E.E), les dispositions techniques définitives.

Pour ce qui concerne le contrôle des travaux une fiche (Fiche E) uniformisant les méthodes de contrôle a été élaborée et communiquée à l'ensemble des Services Extérieurs lesquels étaient chargés avec les Laboratoires Régionaux du L.P.E.E. de procéder au contrôle de qualité des travaux.

D - Masse des travaux.

Dans ce paragraphe on se propose de donner un aperçu sur la masse et la qualité des travaux du 3ème projet Routier programme général de renforcement.

Les Routes ayant reçues un renforcement en enrobés ou/et en GBB sont d'une longueur de 412,7 Km sur une largeur totale de la 1ère et 2ème tranche de 712 Km, soit environ 57/ du programme du 3ème projet routier les quantités d'enrobé et grave bitume mises en oeuvre ont été (cf : annexe 1).

E B : 425946 Tonnes

GBB : 291.017 Tonnes
et environ 40.110 Tonnes de bitumes purs.

La Fourniture est la mise en oeuvre de ces quantités est évaluée à 152.767.475,00 DH soit 48% du montant total des travaux de 1ère et 2ème tranche du 3ème projet routier.

SECTIONS TRAITEES EN ENROBE
ET/OU EN GRAVE BITUME DANS
LE CADRE DU 3ème PROJET ROUTIER
(1ère ET 2ème TRANCHE)

: ROUTE :	P.N.O :	P.N.E :	LONG :	EPAISSEUR :	QUANTITE	COUT kdh)	LIANT :
:	:	:	:	EB :	GBB :	EB :	GBB :
:	:	:	:	:	:	TOTAL :	kdh :
: 2 :	47,3 :	53,5 :	6,2 :	0,06 :	6379,8 :	0 :	1416316 :
: 2 :	53,5 :	61 :	7,5 :	0,08 :	10290 :	0 :	2284380 :
: 3 :	25,5 :	49 :	23,5 :	0,08 :	32242 :	0 :	7157724 :
: 3 :	49 :	52,3 :	3,3 :	0,05 :	0,1 :	2829,75 :	5428,5 :
: 3 :	52,3 :	55,4 :	3,1 :	0,06 :	3189,9 :	0 :	708157,8 :
: 7 :	12,6 :	14,3 :	1,7 :	0,05 :	0,12 :	1457,75 :	3355,8 :
: 7 :	14,3 :	16,2 :	1,9 :	0,08 :	2606,8 :	0 :	578709,6 :
: 7 :	16,2 :	18,6 :	2,4 :	0,05 :	0,15 :	2058 :	5922 :
: 7 :	32,6 :	36 :	3,4 :	0,08 :	4664,8 :	0 :	1035586 :
: 7 :	75,6 :	79 :	3,4 :	0,1 :	0 :	5593 :	1118600 :
: 7 :	153 :	168 :	15 :	0,05 :	0,1 :	12862,5 :	24675 :
: 13 :	0 :	26 :	26 :	0,05 :	22295 :	0 :	4949490 :
: 13 :	26 :	28,6 :	2,6 :	0,05 :	0,1 :	2229,5 :	4277 :
: 13 :	28,6 :	31,6 :	3 :	0,08 :	4116 :	0 :	913752 :
: 13 :	61,5 :	70,6 :	9,1 :	0,05 :	0,12 :	7803,25 :	17963,4 :
: 13 :	70,6 :	72,1 :	1,5 :	0,05 :	0,12 :	1286,25 :	2961 :
: 13 :	72,1 :	78 :	5,9 :	0,08 :	8094,8 :	0 :	1797046 :
: 32 :	8 :	13,8 :	5,8 :	0,08 :	7957,6 :	0 :	1766587 :
: 32 :	13,8 :	15,9 :	2,1 :	0,05 :	0,1 :	1800,75 :	3454,5 :
: 36 :	44,5 :	47,5 :	3 :	0,08 :	4116 :	0 :	913752 :
: 36 :	47,5 :	60 :	12,5 :	0,05 :	10718,75 :	0 :	2379563 :
: 38 :	37,4 :	43 :	5,6 :	0,08 :	7683,2 :	0 :	1705670 :
: 38 :	43 :	50 :	7 :	0,06 :	7203 :	0 :	1599066 :
: 222 :	5 :	18,3 :	13,3 :	0,05 :	0,1 :	11404,75 :	21878,5 :
: 130 :	19 :	24 :	5 :	0,08 :	6860 :	0 :	1522920 :
: 1 :	236,5 :	239 :	2,5 :	0,1 :	4287,5 :	0 :	951825 :
: 1 :	239 :	242 :	3 :	0,06 :	3087 :	0 :	685314 :
: 1 :	242 :	247 :	5 :	0,1 :	8575 :	0 :	1903650 :
: 1 :	247 :	249 :	2 :	0,06 :	2058 :	0 :	456876 :
: 1 :	249 :	250,3 :	1,3 :	0,1 :	2229,5 :	0 :	494949 :
: 1 :	250,3 :	252,3 :	2 :	0,06 :	2058 :	0 :	456876 :
: 1 :	252,3 :	253,3 :	1 :	0,12 :	2058 :	0 :	456876 :
: 1 :	253,3 :	258 :	4,7 :	0,1 :	8060,5 :	0 :	1789431 :
: 1 :	278 :	280,1 :	2,1 :	0,05 :	0,15 :	1800,75 :	5181,75 :
: 1 :	326,6 :	327 :	0,4 :	0,05 :	343 :	0 :	76146 :
: 1 :	328,8 :	329,3 :	0,5 :	0,05 :	428,75 :	0 :	95182,5 :
: 1 :	331,5 :	333,1 :	1,6 :	0,05 :	1372 :	0 :	304584 :
: 1 :	335 :	335,7 :	0,7 :	0,05 :	600,25 :	0 :	133255,5 :
: 1 :	340 :	340,3 :	0,3 :	0,05 :	257,25 :	0 :	57109,5 :
: 1 :	343,2 :	344,3 :	1,1 :	0,06 :	1131,9 :	0 :	251281,8 :
: 1 :	344,3 :	345 :	0,75 :	0,05 :	0,12 :	643,125 :	1480,5 :
: 1 :	356 :	357,5 :	1,5 :	0,05 :	1286,25 :	0 :	285547,5 :
: 1 :	360 :	363,5 :	3,5 :	0,06 :	3601,5 :	0 :	799533 :
: 1 :	365 :	366 :	1 :	0,06 :	1029 :	0 :	228438 :
: 1 :	395 :	397 :	2 :	0,06 :	2058 :	0 :	456876 :
: 1 :	405 :	410 :	5 :	0,06 :	5145 :	0 :	1142190 :
: 2 :	61 :	65 :	4 :	0,06 :	0,15 :	4116 :	9870 :

:ROUTE:	P.N.O	: P.N.E	: LONG	: EPAISSEUR	QUANTITEE	:COUT kdh)	: LIANT		
:	:	:	:	: EB	: GBB	: EB	: GBB	: TOTAL	: kdh
=====									
: 2	: 65	: 69	: 4	: 0,06	: 0,12:	4116	: 7896	: 2492952	: 1E+06
: 2	: 69	: 82	: 13	: 0,06	: 0,15:	13377	: 32077,5	: 9385194	: 4E+06
: 2	: 100	: 103,3	: 3,3	: 0,06	: 0,15:	3395,7	: 8142,75	: 2382395	: 1E+06
: 2	: 103,3	: 115	: 11,7	: 0,06	: 0,12:	12039,3	: 23095,8	: 7291885	: 3E+06
: 2	: 115,2	: 117	: 1,8	: 0,06	:	1852,2	: 0	: 411188,4	: 188924
: 2	: 117	: 118	: 1	: 0,06	: 0,12:	1029	: 1974	: 623238	: 272748
: 2	: 118	: 120	: 2	: 0,03	:	1029	: 0	: 228438	: 104958
: 2	: 120	: 122,5	: 2,5	: 0,06	: 0,2	2572,5	: 8225	: 2216095	: 961520
: 2	: 122,5	: 127,8	: 5,3	: 0,06	: 0,12:	5453,7	: 10462,2	: 3303161	: 1E+06
: 2	: 127,8	: 129	: 1,2	: 0,03	:	617,4	: 0	: 37062,8	: 62975
: 2	: 129	: 131	: 2	: 0,06	:	2058	: 0	: 456876	: 209916
: 2	: 134	: 134,5	: 0,5	: 0,06	: 0,12:	514,5	: 987	: 311619	: 136374
: 2	: 134,5	: 136	: 1,5	: 0,06	: 0,15:	1543,5	: 3701,25	: 1082907	: 472043
: 2	: 136	: 136,8	: 0,8	: 0,06	:	823,2	: 0	: 182750,4	: 83966
: 2	: 146,8	: 147,7	: 0,9	: 0,06	: 0,12:	926,1	: 1776,6	: 560914,2	: 245473
: 2	: 193	: 197,2	: 4,2	: 0,03	:	2160,9	: 0	: 479719,8	: 220412
: 2	: 199	: 200	: 1	: 0,06	: 0,12:	1029	: 1974	: 623238	: 272748
: 2	: 206,5	: 209,5	: 3	: 0,06	: 0,12:	3087	: 5922	: 1869714	: 818244
: 2	: 210,8	: 212,5	: 1,7	: 0,06	:	1749,3	: 0	: 388344,6	: 178429
: 2	: 214	: 216,5	: 2,5	: 0,08	:	3430	: 0	: 761460	: 349860
: 2	: 216,5	: 220,5	: 4	: 0,03	:	2058	: 0	: 456876	: 209916
: 2	: 220,5	: 223	: 2,5	: 0,08	:	3430	: 0	: 761460	: 349860
: 2	: 223	: 224	: 1	: 0,1	:	1715	: 0	: 380730	: 174930
: 2	: 234	: 234,9	: 0,9	: 0,06	:	926,1	: 0	: 205594,2	: 94462
: 2	: 234,9	: 236,5	: 1,6	: 0,06	: 0,12:	1646,4	: 3158,4	: 997180,8	: 436397
: 2	: 238	: 240	: 2	: 0,06	: 0,12:	2058	: 3948	: 1246476	: 545496
: 2	: 243	: 249	: 6	: 0,12	:	12348	: 0	: 2741256	: 1E+06
: 2	: 249	: 251,5	: 2,5	: 0,06	:	2572,5	: 0	: 571095	: 262395
: 2	: 251,5	: 253,3	: 1,8	: 0,08	:	2469,6	: 0	: 548251,2	: 251899
: 2	: 253,3	: 258,3	: 5	: 0,06	:	5145	: 0	: 1142190	: 524790
: 2	: 258,3	: 259	: 0,7	: 0,12	:	1440,6	: 0	: 319813,2	: 146941
: 2	: 263,5	: 268	: 4,5	: 0,06	: 0,12:	4630,5	: 8883	: 2804571	: 1E+06
: 2	: 268	: 271	: 3	: 0,06	: 0,15:	3087	: 7402,5	: 2165814	: 944087
: 6	: 1	: 9	: 8	: 0,06	:	8232	: 0	: 1827504	: 839664
: 7	: 104	: 118,8	: 14,8	: 0,08	:	20305,6	: 0	: 4507843	: 2E+06
: 7	: 139,5	: 153	: 13,5	:	: 0,12:	0	: 26649	: 5329800	: 2E+06
: 7	: 214,2	: 215	: 0,8	:	: 0,12:	0	: 1579,2	: 315840	: 134232
: 13	: 93	: 96	: 3	: 0,06	:	3087	: 0	: 685314	: 314874
: 13	: 96	: 97,9	: 1,9	: 0,06	:	1955,1	: 0	: 434032,2	: 199420
: 13	: 110,5	: 111	: 0,5	: 0,06	:	514,5	: 0	: 114219	: 52479
: 21	: 7	: 9,4	: 2,4	: 0,06	:	2469,6	: 0	: 548251,2	: 251899
: 21	: 14,5	: 21,5	: 7	: 0,06	:	7203	: 0	: 1599066	: 734706
: 21	: 32	: 33,2	: 1,2	: 0,06	:	1234,8	: 0	: 274125,6	: 125950
: 24	: 1,8	: 6	: 4,2	: 0,06	:	4321,8	: 0	: 959439,6	: 440824
: 24	: 19	: 25	: 6	: 0,06	:	6174	: 0	: 1370628	: 629748
: 24	: 274,5	: 283,8	: 9,3	: 0,06	:	9569,7	: 0	: 2124473	: 976109
: 40	: 46	: 51,2	: 5,2	:	: 0,12:	0	: 10264,8	: 2052960	: 872508
: 40	: 78	: 83,5	: 5,5	:	: 0,12:	0	: 10857	: 2171400	: 922845
: 114	: 6,8	: 11,2	: 4,4	: 0,07	:	5282,2	: 0	: 1172648	: 538784
: 114	: 11,2	: 15,8	: 4,6	: 0,1	:	7889	: 0	: 1751358	: 804678
: 114	: 15,8	: 18,3	: 2,5	: 0,07	:	3001,25	: 0	: 666277,5	: 306128
=====									
:TOTAL:	:	:	:412,7KM:	:	:	:425946	: 291017	: 1,53E+08	: 7E+07
=====									

E - Bilan de la Technologie

A - Spécification et contrôle.

1) Stade avant établissement du C.P.C

Lors de l'élaboration de l'édition définitive du CSTCN (1977) la D.R.C.R., dans un souci d'ensemble des Services Extérieurs, normalisé les spécifications attendues des matériaux constituant les enrobés à chaud et du mélange lui même.

L'établissement de spécifications a été fait en tenant compte de l'expérience Marocaine en matière d'enrobé et plus particulièrement en tenant compte des spécifications des normes françaises, en la matière. Pour ce qui concerne le contrôle il y a lieu de noter qu'à l'occasion des travaux du PGE 3ème PR la D.R.C.R., conscience de l'importance que revêt une uniformisation des méthodes de contrôle, à établir et imposé une fréquence de contrôle a adopté au niveau de tout le marché de renforcement ou construction routières et en particulier pour les travaux de fabrication et de mise en oeuvre des enrobés (Fiche E).

2) Stade actuel

Il ne diffère du stade précédent que par le fait que spécifications, contrôle de fabrication, contrôle de mise en oeuvre, etc... ont été codifiés par le biais des C.P.C. (1982).

B - Bilan de l'exploitation des résultats du Contrôle des travaux du PGR 3ème PR.

Dans ce paragraphe on tentera en procédant à une synthèse des résultats du contrôle fait pour le 3ème P.R, représentatif des travaux exécutés pour le compte de la D.R.C.R., de faire ressortir pour chacune des spécifications les limites auxquelles peuvent prétendre les Entreprises Nationales compte tenu des spécificités aussi bien du matériel, du matériau et que du personnel.

a)- Module de richesse.

La valeur requise aussi bien par le C.P.C. actuel que par la quasi totalité des C.P.S. de travaux était de : 3,45 à 3,9 pour les E.B. et 2 à 2,5 pour les G.B.B. de l'exploitation des résultats au contrôle on constate que :

EB = 3,38 à 3,8 avec une moyenne de 3,6

GBB = une moyenne de 2,6

b)- Dosage en liant.

La valeur requise est souvent dépassée d'environ 4% pour les EB et 16% pour les GBB contre 2% pour les EB et 5% pour les GBB.

c)- Résistance et stabilité.

L'exploitation des résultats fait ressortir que la valeur requise est largement satisfaite, aussi bien pour la valeur RH que pour le marshall toutefois présente des RS CV important.

d)- Compacité.

Mauvaise en générale. Toutefois il y a lieu de noter que la spécification demandée dans la quasi totalité des C.P.S. était trop élevée (100% de la densité LCPC) contre 90 à 95% pour les E.B.

e)- Fluage.

D'une façon générale cette caractéristique est satisfaite.

f)- Epaisseur.

On note une trop importante quantité de résultats non conformes, 30% à 65% des valeurs sont souvent inférieures à l'épaisseur contractuelle.

En complément à cet ensemble d'informations la donnée de la mesure de l'uni sur des renforcements aux enrobés fait ressortir que :

- 89,9% satisfaisant (RI 2500
- 10% moyen (2500 RI 4000)
- 0% mauvais RI 4000

C - Conclusion et Orientation Futures :

De cette analyse relative à la qualité et de la fabrication et de la mise en oeuvre des EB et GBB les principales conclusions et orientations à prendre sont :

a - En règle générale il semble que les spécifications imposées peuvent être atteintes- l'industrie routière Marocaine disposant :

1- de matériaux de qualité suffisante en particulier pour les L.A.

2- de matériels d'élaboration matériaux adéquats (concasseurs - centrales).

3- de matériels de mise en oeuvre satisfaisant (finisseurs - compacteurs).

b - Toutefois les aléas rencontrés tant lors de l'élaboration du matériaux traités qu'à la mise en oeuvre, sont à imputer au système de contrôle.

En effet pour la fabrication et la mise de matériaux élaborés très sensibles aux dosages et à la qualité de la mise en oeuvre, il apparait qu'un contrôle à posteriori, est inefficace car ne permet une action qu'après l'instauration d'un système de contrôle continu (de l'entreprise) combiné avec un contrôle strict de l'Administration, pourrait permettre d'améliorer la qualité de nos E.B. et G.B.B.