

**LES NOUVELLES TECHNIQUES DE CONSTRUCTION ET D'ENTRETIEN
DES ROUTES ; CRITERES DE CHOIX ET POINTS SENSIBLES**

***O. ESSEKELLI – Chef de Service Chaussées / DT – DRCR
A. MANAL – Ingénieur au CERIT / LPEE***

I - Introduction

Il va sans dire que les travaux de construction ou de maintenance des routes génèrent des coûts d'investissement très importants. En parallèle, les enveloppes budgétaires attribuées à ces opérations sont très limitées.

Cette situation de déséquilibre entre les besoins du développement routier et les contraintes budgétaires ne cesse de s'amplifier, surtout avec la conjoncture économique actuelle caractérisée par la rareté des moyens et la hausse continue des prix des matériaux conventionnels utilisés dans les chantiers routiers. Ainsi, une orientation vers l'optimisation des coûts des différentes composantes d'un projet routier s'impose.

Dans cette optique, et dans un perpétuel souci de réaliser des infrastructures routières performantes et économiques, la DRCR s'investit depuis plusieurs années dans la promotion et le développement des nouvelles techniques routières.

Ce processus d'innovation est devenu irréversible pour les raisons fondamentales suivantes :

- La nécessité, pour le gestionnaire de la route, de rechercher des solutions toujours plus économiques en raison des difficultés croissantes pour l'obtention des financements ;
- La croissance du trafic et notamment du trafic poids lourds ;
- Les exigences, de plus en plus accrues, des usagers en matière de sécurité et de confort ;

Dans ce sens, la DRCR a élaboré un programme basé sur l'utilisation de nouvelles techniques de maintenance, notamment :

- Les techniques de retraitement en place des chaussées ;
- Les techniques à froid (grave-émulsion, enrobés coulés à froid, enrobés à froid.....) ;
- Les enrobés à base de bitume modifié.
- Les techniques à base de ciment.

Après un démarrage relativement prometteur, les nouvelles techniques ont été victimes d'une marginalisation incontestable. Cette marginalisation est due :

- à une compétitivité économique, peu évidente, avec les techniques classiques ;
- à un manque de maîtrise du savoir-faire ou mauvaise vulgarisation ;
- à une réticence au niveau des directions territoriales par crainte d'échec de la technique ;
- au non-respect du créneau d'utilisation.

Cette récession a eu pour effet de compromettre les objectifs technico-économiques escomptés de l'introduction de ces nouvelles techniques et de participer au recul de l'expérience qu'il faudrait en capitaliser.

La présente communication a pour objet de présenter les différentes techniques nouvelles bitumineuses pour la construction et l'entretien des chaussées, ainsi que la présentation des critères de choix et des points sensibles de chaque technique.

Tout d'abord, il y a lieu de noter que l'adoption d'une technique nouvelle n'est pas le fruit du hasard. En effet la technique nouvelle est souvent le résultat d'une évolution d'une technique classique, évolution qui a pour objectif de répondre à un besoin spécifique lié à un type donné de structure de chaussée et à des conditions particulières d'exploitation.

Au Maroc, une grande partie du linéaire routier présente actuellement une épaisseur granulaire non traitée importante ou une structure bitumineuse importante, et ceci est dû aux campagnes de renforcement successives réalisées depuis les années 70. Il est à noter également que le trafic a connu une évolution importante en volume et en agressivité sur un grand nombre d'itinéraires, les sollicitations sont devenues tellement importantes que les techniques classiques ne permettent plus d'assurer à l'utilisateur le niveau de service exigé pendant une durée acceptable, durée qui doit d'ailleurs être de plus en plus longue pour les itinéraires les plus circulés afin de minimiser la gêne à l'utilisateur engendrée par les travaux d'entretien.

II - Pourquoi l'introduction des nouvelles techniques ?

L'introduction des nouvelles techniques routières a été dictée par des raisons d'ordre technique, économique et environnemental.

II-1- Raisons d'ordre technique

L'utilisation systématique des techniques classiques à base de grave non traitée pose actuellement de sérieux problèmes sur les routes empruntées par un trafic relativement élevé (1500 à 3000 v/j). En effet, l'exécution des travaux sous circulation ne permet pas d'obtenir un bon uni de la chaussée et entraîne des dégradations précoces de la chaussée.

Par ailleurs, pour les routes montagneuses où le problème de déviation provisoire est sérieusement posé, l'utilisation des GNT pour le renforcement de la chaussée existante est à proscrire, en raison des difficultés de leur mise en œuvre sous circulation (réalisation en pleine largeur) et le risque de ségrégation compte tenu des fortes pentes. En outre, les GNT sont très vulnérables vis-à-vis de l'eau, d'autant plus si la région est fortement arrosée.

Par ailleurs, les techniques de rechargement aux enrobés pour le renforcement des chaussées ont montré leurs limites, notamment au niveau :

- des routes fortement faïencées qui présentent un risque imminent de remontée de fissures à travers la future couche de surface,
- des sections urbaines où se pose le problème des bordures
- des ouvrages d'art où le respect des gabarits est très contraignant.

Il est donc nécessaire d'adapter les techniques aux spécificités du réseau routier.

II-2- Raisons d'ordre économique

Certaines régions du Maroc connaissent une pénurie de matériaux nobles répondant aux spécifications exigées par les marchés. Au niveau de ces régions, le transport se fait sur

de longues distances, ce qui surenchérit les coûts des travaux et prolonge les délais des travaux.

L'utilisation des nouvelles techniques permettrait de réduire le coût de transport en adoptant des épaisseurs moindres et en valorisant les matériaux résiduels de la chaussée.

II-3- Raisons d'ordre environnemental

Les techniques classiques utilisant les graves non traitées ne peuvent s'appliquer sans émission de poussière. Elles contribuent donc à la pollution de l'atmosphère par la poussière dégagée au niveau des carrières (extraction et élaboration) et sur les chantiers (mise en œuvre).

De même, l'exploitation des carrières a de grandes incidences sur l'environnement :

- les effets sur l'atmosphère (poussières, bruits, vibration)
- les effets sur les eaux (souterraines et superficielles)
- les effets sur le paysage
- les effets sur le milieu écologique (flore et faune)

III- Actions pour l'introduction des nouvelles techniques

Plusieurs actions ont été menées, en coordination avec la profession, pour l'introduction de ces nouvelles techniques. En fait, il ne s'agit pas de techniques purement nouvelles, mais des techniques qui ont donné leurs preuves dans d'autres pays et qui ont été transférées au Maroc moyennant quelques adaptations en matière de spécifications.

Parmi ces actions, on peut citer :

III-1- Formation

Avant l'introduction de ces techniques, les différents intervenants ont procédé à la formation de leur personnel par la participation à des stages à l'étranger, à des séminaires et des journées techniques au niveau national et international (congrès nationaux, congrès mondiaux de la route).

III-2- Acquisition du matériel

Certaines entreprises ont accompagné l'administration dans sa démarche d'innovation, en procédant à l'acquisition du matériel nécessaire de fabrication et de mise en œuvre.

III-3- Expérimentation

Plusieurs chantiers expérimentaux à base de nouvelles techniques ont été lancés (grave émulsion, enrobés coulés à froid, grave-ciment, enrobés minces, ...). Les chantiers ont permis au personnel des entreprises, du laboratoire et de l'administration de suivre les différentes phases de réalisation et de vivre les problèmes spécifiques à ces techniques.

III-4- Suivi du comportement des chantiers expérimentaux

A fin de connaître le comportement des chantiers expérimentaux, la DRCR a confié le suivi au CNER qui a mis en place une équipe multidisciplinaire chargée du suivi visuel et à l'aide d'appareils à grand rendement.

III-5- Elaboration de documents normatifs

Le suivi des chantiers expérimentaux a permis d'élaborer des documents normatifs qui ont servi par la suite à l'amélioration des performances des techniques utilisées. Parmi ces documents on peut citer :

Directive pour la réalisation des assises de chaussées en Grave-Emulsion

Elle définit les différentes caractéristiques, ainsi que les études de laboratoire, les conditions de mise en œuvre et les contrôles à réaliser pour les techniques à base de la Grave-Emulsion

Directive pour la réalisation des assises de chaussées en graves traitées au ciment

Cette directive regroupe

- Les définitions, spécifications et caractéristiques des constituants d'une grave traitée au ciment ;
- Les essais et études à établir pour assurer une conception et une réalisation rigoureuse ;
- Les modalités de fabrication, de mise en œuvre et de contrôle d'exécution d'une grave traitée au ciment.

Recommandation pour la réalisation des enrobés coulés à froid

Elle définit le domaine d'application des ECF, la nature et la qualité des matériaux ainsi que le mode d'exécution des ECF.

Guide pour le retraitement des chaussées en place

Ce guide comprend une présentation des différents techniques de retraitement en place des chaussées existantes, et traite à ce titre :

- de la classification des retraitements en place à froid des anciennes chaussées,
- des études préalables nécessaires y compris la manière d'aborder le dimensionnement,
- des matériels tels qu'ils existent sur le marché,
- des contrôles de qualité d'exécution des travaux.

IV - Les différentes techniques nouvelles

Ces techniques concernent toutes les gammes de trafic. Pour les trafics faibles et moyens les techniques bitumineuses les plus utilisées sont :

- **Le retraitement in situ à l'émulsion.**
- **Et la réalisation d'une assise en grave émulsion.**

Pour les chaussées à fort trafic, compte tenu de l'augmentation en volume et en agressivité de ce dernier, les objectifs recherchés pour la structure bitumineuse sont les suivants :

- **une bonne résistance à la fatigue.**

- **Un effet structurant important (module élevé)**
- **Et une bonne résistance à l'orniérage.**

Il est à noter que les produits bitumineux classiques en grave bitume et enrobé bitumineux type CPC ne répondent plus à ces objectifs. les techniques nouvelles adoptées sont les suivantes :

- Les retraitements in situ à l'émulsion des matériaux bitumineux existants. Ce retraitement in situ se fait soit à froid et c'est le cas le plus courant, soit à chaud et c'est le principe de la thermo régénération ou du thermo recyclage.
- L'adoption d'enrobé bitumineux très résistants à la fatigue et à l'orniérage et ces le cas des techniques à base de bitumes durs (ou bitumes spéciaux) comme les enrobés à modules élevés (**EME**) utilisés en assises de chaussées ou à base de bitumes modifiés comme les bétons bitumineux très minces (**BBTM**) et les bétons bitumineux à modules élevés (**BBME**).

V- Critères de choix et points sensibles

V-1- La grave émulsion

Elle est adoptée en construction ou en renforcement de chaussée sous trafic faible et moyen (TPL1 à TPL4). Elle présente beaucoup d'avantages dans les environnements géotechniques instables (rif, prérf, sols à forte instabilité volumétrique).

Une directive relative à cette technique existe. Le mélange de la grave 0/10 ou 0/14 avec l'émulsion est fait en centrale. L'émulsion de bitume utilisée est de rupture lente. Le matériau est appliqué à la niveleuse ou au finisseurs. Une période de mûrissement de 15js à un mois est nécessaire avant la mise en place de la couche de surface en enduits superficiels ou en enrobés bitumineux.

Cette technique peut être adoptée en travaux d'entretien léger (reprofilage) ou lourd (assise de chaussée de 6 à 12 cm). Une attention très particulière doit être accordée à la teneur en eau d'ajout qui doit être suffisante pour assurer un mouillage suffisant des granulats et assez faible pour ne pas faire chuter les caractéristiques mécaniques des mélanges. Le malaxeur de la centrale doit être suffisamment puissant pour arriver à ces objectifs.

L'expérience montre que la grave émulsion est un matériau difficile à compacter qui nécessite le recours à des compacteurs puissants. L'expérience montre aussi qu'avec des granulats de nature calcaire, il a été parfois difficile d'obtenir des caractéristiques mécaniques suffisantes, dans ce cas il est primordial de revoir la formulation de l'émulsion de bitume notamment au niveau de la nature de l'émulsifiant. L'expérience a montré aussi que le rapport RH/RS n'a pas été atteint dans certains cas, devant cette difficulté il est nécessaire de s'assurer d'abord que ce défaut ne vient pas d'un déficit de propreté des granulats ou du sable, si c'est le cas on peut se contenter d'atteindre des résistances humides de l'ordre de 13 à 16 bars. Notons que la spécification concernant le rapport RH/RS peu faire l'objet d'une dérogation sans grand risque en zone aride ou peu pluvieuse telle que l'axe FIGUIG-ERRACHIDIA-OUARZAZATE-AGADIR ainsi que l'anti-atlas et le SAHARA.

Pendant les opérations de suivi du chantier, il est nécessaire de faire un suivi rigoureux de la qualité de l'émulsion ainsi que la propreté des granulats et du sable.

Pendant la réalisation des travaux, il faut toujours permettre à l'eau de la grave émulsion de s'écouler librement afin de faciliter le mûrissement et d'éviter les surdosages en émulsions qui engendrent souvent des ressuyages et voire du fluage.

V-2- Le retraitement in situ à l'émulsion

Cette technique de retraitement engendre des économies importantes en matière de granulats. La route constitue en effet son propre gisement. Elle peut être réalisée sur un corps de chaussée granulaire (pour les trafics faibles TPL1 à TPL3) ou sur une structure bitumineuse existante épaisse (pour les trafics moyens à élevés TPL4 à TPL6).

Un atelier spécial est utilisé pour la décohesion, l'ajout d'émulsion, le malaxage et le réglage. Le compactage est réalisé avec un matériel classique puissant. Cette technique est réalisée obligatoirement avec une émulsion à rupture lente. Les aspects sensibles sont les suivants :

- Une étude géotechnique précise afin de bien connaître toutes les caractéristiques du support existant. En effet une étude peu précise ou incomplète débouche toujours sur des difficultés de réussir cette technique.
- Une étude de laboratoire avec des matériaux ou des fraisâts représentatifs, Il est primordial que le fraisât sur lequel sera menée l'étude de laboratoire soit celui qui va être produit par la machine de l'entreprise adjudicataire du marché. cette étude doit inclure une étude d'aptitude au compactage PCG et la détermination des caractéristiques Duriez.
- Sur chantier, la maîtrise de la granularité du fraisât, de la teneur en eau et de la qualité du malaxage est essentielle pour la réussite des chantiers. Une période de mûrissement de 15js à un mois est nécessaire avant la mise en place de la couche de surface et ceci doit être pris en compte pendant la phase de programmation des travaux.

L'expérience des chantiers a montré l'importance de la granularité des fraisâts qui doit être proche d'un 0/25, et aussi l'importance de la maîtrise de la teneur en eau totale. Un surdosage en eau permet certes de ménager les dents de la machine de fraisage, mais fait chuter énormément les caractéristiques mécaniques, et nécessite souvent des reprises.

Lors des études de dimensionnement par des modèles de calcul des chaussées, il est nécessaire d'affecter au matériau retraité neuf des caractéristiques intermédiaires entre celles d'une grave bitume et celles d'un béton bitumineux, ce qui donne un module proche de 3500 Mpa à 25°C.

V-3- Les enrobés à modules élevés (EME)

Cette technique à grand pouvoir renfonçant et anti-orniérage est utilisée en construction neuve ou en renforcement en assise de chaussée comme solution alternative à la grave bitume classique au niveau des itinéraires très sollicités par le trafic lourd. Une couche de surface est donc toujours nécessaire. Cette technique devient intéressante et compétitive à partir d'un volume de trafic de 14000 V/j dans les deux sens de circulation et aussi au niveau des voies de contournement des grandes agglomérations qui peuvent présenter des franchissements à forte pente (de l'ordre de 4 à 6%) fortement exposés au rayonnement solaire. Les objectifs recherchés nécessitent le recours à des bitumes purs durs (10/20 ou 20/30 par exemple) ou des bitumes spéciaux.

L'étude de formulation se fait comme pour une grave bitume avec en plus la réalisation des essais suivants :

- Une étude d'aptitude au compactage PCG.
- Une étude de résistance à l'orniérage.
- Et une étude de résistance à la fatigue.

Une étude de formulation rigoureuse est donc nécessaire et il est toujours conseillé de viser les performances d'un EME de type 2.

Il est très important de réussir le compactage afin d'avoir le moins de vides possibles, car ces EME ont tendance à s'oxyder facilement, ce qui risque de diminuer leur souplesse et donc leur résistance à la fatigue. Les moyens de compactage doivent être puissants. En effet les EME de type 1 qui présentent des pourcentages de vides supérieurs à 6% sont à notre avis déconseillés pour un climat chaud et ensoleillé pendant une bonne période de l'année, tel que le climat de notre pays

Pendant la réalisation des travaux, il est nécessaire de bien préparer le support et notamment éliminer par rabotage les matériaux bitumineux existants orniérés.

La réalisation d'une planche d'essais est nécessaire pour vérifier l'obtention des performances de compactage. Les engins de compactage doivent être proches du finisseur pour assurer l'essentiel du compactage de l'enrobé qui a toujours tendance à refroidir rapidement.

Le suivi rigoureux de la qualité du bitume est une garantie de la réussite du chantier.

Un EME ne doit jamais être laissé longtemps sans mise en place d'une couche de surface définitive pour éviter le phénomène de vieillissement accéléré.

L'expérience à grande échelle menée au niveau de la voie de contournement de RABAT – SALE a permis justement de mettre en évidence les problèmes potentiels de compactage. Dans l'ensemble le chantier a été réussi, à part des difficultés d'obtention d'un très bon uni. Ces difficultés sont dues surtout à la forte pente de l'itinéraire et aux performances du finisseur.

V-4- Les bétons bitumineux à modules élevés (BBME)

Les BBME ont un grand pouvoir renforçant et une bonne résistance à l'orniérage. Le bitume utilisé est toujours un bitume Modifié. C'est ce type de bitume qui confère au matériau sa grande souplesse qui lui permet de se déformer de manière élastique sans se fissurer. C'est une technique pour couche de surface. Ils peuvent être utilisés en construction neuve ou en renforcement sous un trafic agressif et lourd. En général, lorsque le trafic dépasse les 14000V/J, le recours à cette technique devient intéressant.

L'étude de formulation se fait de la même manière que pour un enrobé bitumineux classique avec en plus :

- Une étude PCG.
- Une étude à l'orniérage.
- Et une étude à la fatigue.

La réalisation de ces études est obligatoire.

La qualité des granulats étant quasi la même que pour un enrobé classique. La modification de bitume peut se faire par ajout d'élastomère ou de fibres plastiques. Pour ce dernier cas,

l'ajout se fait directement dans le malaxeur de la centrale d'enrobage. Dans tous les cas un suivi rigoureux de la qualité de bitume est nécessaire, notamment au niveau du retour élastique.

L'expérience acquise plaide pour le recours à des bitumes suffisamment durs 20/30 et modifiés.

Pour la réalisation du chantier, les mêmes dispositions énoncées ci-dessus pour les EME sont à respecter afin d'éviter les difficultés de compactage et réussir l'uni. Il faut toujours veiller à avoir une bonne rugosité en surface afin de limiter les phénomènes de glissance par temps pluvieux.

V-6- Les bétons bitumineux très minces (BBTM)

Utilisés pour le renouvellement de la couche de surface des chaussées de routes et autoroutes. Ils peuvent même être utilisés en construction neuve C'est une technique très efficace pour lutter contre la glissance par temps pluvieux Actuellement l'axe autoroutier CASA/RABAT présente une couche de surface de ce type , ce qui a contribué à faire chuter énormément le volume des accidents .

Ils nécessitent l'utilisation d'un bitume Modifié. L'étude de formulation doit intégrer une étude PCG et une étude à l'orniérage.

L'expérience acquise sur les chantiers réalisés a montré l'importance du recours à des formules avec palier de discontinuité et aussi à adopter des bitumes modifiés. Nous conseillons le respect de ces dispositions pour réussir cette technique.

Pendant la réalisation du chantier, un suivi rigoureux de la qualité de bitume, notamment au niveau du retour élastique est nécessaire. Le bon collage de la couche de BBTM à son support et aussi très important.