

9^{ème} CONGRES NATIONAL DE LA ROUTE

Chaussée routière et voirie urbaine ***Les études de retraitement en place à l'émulsion de bitume***

PREAMBULE

L'entretien des chaussées peut nous placer devant deux cas de figures :

- Des structures dégradées ou non, appelées à supporter un trafic pour lequel elles s'avèrent sous dimensionnées; c'est le cas de déficit structurel.
- Des structures ne présentant pas de déficit structurel mais présentant des dégradations dues à la mauvaise qualité des matériaux ou à l'agressivité de leur environnement, (drainage et assainissement).

Traiter le premier cas par apport d'une couche de base et d'une autre de roulement conséquente et le deuxième cas par apport d'une couche nouvelle en guise de base avec une couche de roulement en enrobés comme le stipule les méthodes classiques conduit fortuitement à un gaspillage évident de matériaux et surtout non justifié pour le deuxième cas. Les ressources naturelles en matériaux, l'environnement, l'état des chaussées, des dessertes par le transport des matériaux s'en trouvent en conséquence très affectées.

Ceci justifie le retraitement en place.

L'objectif du retraitement est de revaloriser en place des matériaux fissurés, pollués, ou présentant de fortes déformations affectant la solution de rechargement. Ces matériaux reprennent tout ou partie de leurs performances mécaniques initiales par une restructuration granulaire accompagnée d'une liaison plus ou moins forte selon le liant utilisé.

RAPPEL

Catégorie des chaussées :

Le guide marocain de retraitement en place distingue 3 catégories de chaussées :

Catégorie 1 : Chaussées entièrement souples à couche de base en grave non traitée (minimum 15 cm) avec couche de surface en enduit superficiel ou en enrobés de faible épaisseur (3 à 4 cm). Trafic faible à moyen des classes T 4 –T 3 -et T 2.

Catégorie 2 : Chaussées souples à couche de base en grave non traitée avec couche de surface en enrobés bitumineux d'épaisseur moyenne (5 à 7 cm). Trafic de classe T 2 -T 1

Catégorie 3 : Chaussées à forte épaisseur bitumineuse (épaisseur moyenne supérieure à 8 cm). Classe de trafic : T 2- T 1 – T 0.

Le retraitement concernera selon la catégorie étudiée, soit la couche de grave non traitée (avec la couche de surface d'épaisseur faible), soit la couche de grave non traitée avec la couche de surface bitumineuse d'épaisseur moyenne, soit tout ou partie de la couche bitumineuse des chaussées de la catégorie 3.

A titre de comparaison les classes définies en France sont données en annexe

LES ETUDES DU RETRAITEMENT EN PLACE

Le présent article traite particulièrement le retraitement à l'émulsion de bitume.

Si la réalisation du retraitement surtout avec le matériel compact, telles les recycleuses où toutes les opérations de fraisage, injection de l'émulsion, de l'eau, homogénéisation et étalage, sont intégrées, s'est avérée simple, une fois l'équipe formée, il reste certain que la réussite ou l'échec de cette technique dépend de la qualité de l'étude préalable. Cette étude doit contenir :

- L'état de la chaussée ; nécessité d'un diagnostic de l'existant
- Caractérisation des matériaux en place
- la faisabilité de la solution à proposer.
- La définition du mode de retraitement.
- La formulation : détermination des caractéristiques des matériaux retraités.
- Le dimensionnement et à posteriori,
- Les prévisions du matériel adaptable au mode de retraitement choisi. Ceci pour cerner l'homogénéité et l'efficacité désirées.

Faisabilité du retraitement

Afin de s'assurer de la faisabilité du retraitement de la chaussée, il est impératif d'identifier si les défauts de la chaussée existante sont principalement dus à une mauvaise qualité de celle-ci (épaisseur insuffisante, couches granulaires polluées à l'argile, couches bitumineuses détériorées, etc.) ou à des problèmes venant de la fondation.

Les matériaux discontinus exigeront éventuellement un correcteur granulométrique (matériaux d'apport plus fins). Un ajustement de la vitesse du fraisage est à même de maîtriser dans certaines mesures cet aspect granulaire. Certains auteurs définissent un D max de 63mm comme limite. Par ailleurs, les chaussées dont les matériaux ont des granulats supérieurs à 80 ou 100 mm peuvent nécessiter l'utilisation de machines spéciales pour les défoncer. Cette option est vraiment la formule ultime.

L'existence de réseaux divers à une faible profondeur ($h < 20$ cm) dans la chaussée peut présenter un handicap au retraitement en place surtout dans le cas d'absence de plans de recollement antérieurs. La présence de matériaux non liés avec un indice de plasticité supérieurs à 12 est une limite. Ceux dont l'indice est compris entre 6 et 12 peuvent être retraités moyennant un traitement à la chaux. La faisabilité de cette opération doit être étudiée tenant compte du matériel et du phasage qui doit être adapté.

La maîtrise de ce préalable requiert l'intervention du laboratoire qui opère conformément aux étapes suivantes.

Reconnaissance de la chaussée

La mesure de déflexion et de l'exécution de sondages permettent de visualiser et tronçonner la structure existante. Cette phase permet de dégager donc les sections homogènes. L'homogénéité de ces sections du point de vue épaisseur revêt une condition primordiale dans le sens où l'on doit retraiter les mêmes matériaux et de délimiter la profondeur du retraitement en veillant à dépasser l'interface de la couche concernée par rapport à la couche inférieure.

Certains rapports de formulation ont conclu un dosage de bitume résiduel final inférieur à celui relevé sur sondage. Ceci est une indication que le sondage n'est pas représentatif de la section donnant l'échantillon global présenté à l'étude de formulation ou que l'épaisseur est hétérogène d'où un mélange non homogène des matériaux. Ceci dénote l'importance de la vigilance à observer au niveau des reconnaissances et des prélèvements

NB : Si pour le cas de structures de classe 1 et 2 on peut se limiter à une reconnaissance par sondage, Pour le cas des classes 3 d'épaisseur bitumineuse épaisse, bien que le guide n'insiste pas sur le fraisage pour la raison du stade de l'étude qui a lieu avant l'adjudication du marché, l'opération de fraisage est à notre avis primordiale pour permettre l'obtention de matériaux les plus proches possibles de leur état lors des travaux. Pour cela il est très recommandé d'utiliser des petites fraiseuses dédiées à cela.

Dans tous les cas, la connaissance de la structure existante par un nombre de sondages et un positionnement ciblé est nécessaire au préalable pour pouvoir définir la profondeur du fraisage par section homogène. Ceci conditionnera la proportion des couches dans la constitution du prélèvement quand il s'agit par exemple du retraitement de couches de matériaux différents.

L'utilisation du pénétromètre à cône dynamique (DCP = Dynamic Cône Penetrometer) fréquemment utilisé ailleurs est très pratique. C'est un outil d'une grande simplicité constitué d'une tige d'acier à pointe conique en acier trempé que l'on fait pénétrer dans le revêtement routier à l'aide d'une dame d'un poids normalisé. Mesurée en mm par coup, la profondeur de pénétration donne un point de repère sur la résistance mécanique in situ du matériau dans les

différentes couches de chaussée. Cet instrument permet même par le moyen d'un logiciel qui l'équipe de dresser un diagramme en profondeur des caractéristiques CBR et du module d'élasticité.

Conception du retraitement

Une bonne conception du projet au préalable est un gage de réussite de l'opération. Celle-ci doit contenir et définir d'abord le but recherché (Investissement dans la couche de base par exemple ou opération d'entretien), prévoir la profondeur du retraitement selon qu'on veut supprimer les fissurations sur toute leur profondeur ; intégrer toutes les interfaces décollées....

Au vu des résultats de reconnaissance et des informations recueillies, plusieurs options sont envisageables :

- Abandon de la technique de retraitement si les limites de faisabilité sont mises en évidence.
- Adoption d'une opération structurante ; Cas de défaillance de la fondation et /ou de l'assise avec fortes dégradations et trafic important prévu. L'adjonction de ciment dans ces cas-là, est très souhaitable.
- Adoption d'une opération d'entretien ; Cas de défaillance de l'assise et /ou de roulement.
- Le choix parmi le retraitement à l'émulsion ou l'émulsion avec ciment ou avec la mousse de bitume.
- Dans tous les cas, les interfaces doivent être contenues dans le retraitement.
- Le retraitement en profondeur est une autre option d'ordre économique qui peut être considérée ; à savoir la réduction du cout unitaire/ m²/épaisseur et ce par l'optimisation du matériel en place. Ceci permet, avec un léger surplus d'investissement en profondeur, de rentabiliser sensiblement l'entretien en termes de durée de vie de l'entretien.
- Le support du retraitement doit avoir une portance suffisante pour permettre un compactage satisfaisant de la couche retraitée
- Dans le cas de retraitement d'une couche supérieure à 12 cm, il y a lieu de prévoir des dispositions pour assurer un uni satisfaisant.

PREALABLE A L'ETUDE DE FORMULATION

Il s'agit dans cette phase d'estimer les caractéristiques des matériaux retraités sur la base d'un type de retraitement prédéfini. Ces caractéristiques sont prises comme hypothèse pour un calcul préliminaire de dimensionnement.

Les caractéristiques recherchées pour le retraitement à l'émulsion de bitume sont titre d'exemple pour le CISR (Council for Scientific and Industrial Research) de l'Afrique du sud similaires à celles obtenues avec le bitume mousse. Les

performances ne sont pas uniquement jugées sur la base du test Marshall modifié mais à l'aide de la résistance à la compression diamétrale sur des éprouvettes de 100 et/ou 150mm. Pour d'autres méthodes, la notion des performances en cours et après murissement total du mélange est considérée avec l'évaluation des modules de rigidité.

FORMULATION

Principe

Il s'agit de formuler la composition dans l'objectif est d'atteindre les caractéristiques ayant été prises comme hypothèse pour le calcul de dimensionnement. Dans le cas contraire, il y a lieu de revoir soit la formule soit le calcul. Notons qu'actuellement, seules les caractéristiques de compactibilité à la PCG et les essais Duriez qui sont couramment retenus comme objectifs de la formulation au Maroc.

Echantillonnage

Si la représentativité des prélèvements est requise pour toute étude au laboratoire, pour le retraitement en place, l'échantillonnage représente le paramètre de première influence sur le produit final formulé. Il est vivement recommandé pour une bonne représentativité des prélèvements d'enrobés existant de procéder à un fraisage d'aspect granulaire autant que possible proche de celui prévu à la réalisation

Exemples de problèmes rencontrés au cours des travaux :

- Fraisât grossiers alors que le matériel de laboratoire couramment utilisé admet des éléments de diamètre < 25 ou 30 mm
- Contamination accidentelle du fraisât par la couche sous-jacente non concernée par le retraitement
- Mauvaise représentativité des dosages en bitume résiduel par rapport au tronçon à retraiter concerné (A définir autant que possible avec précision)
Ce qui conduit, lors des contrôles à des dosages après retraitement soit inférieurs soit supérieurs à ceux de la formule.

Analyse des matériaux existants :

Les matériaux de chaque section homogène seront identifiés y compris la qualité résiduelle du bitume en place pour formuler éventuellement l'émulsion régénérant et la correction granulaire. On procède ensuite à la formulation proprement dite en recherchant les performances mécaniques et de compactabilité optimales pour définir les meilleures combinaisons du dosage en liant (Emulsion/Ciment) et en eau de mouillage (Voir en fin de texte le diagramme d'une étude de formulation)

IX Congrès national de la route. Skhirate Juin 2014. Les études de retraitement à l'émulsion

Caractérisation précise des matériaux :

Propreté : Les valeurs IP ou VBM donnent une première indication sur la nécessité ou non de choisir un retraitement combiné à de la chaux ou du ciment, afin de neutraliser l'effet de l'argile. D'ordinaire, ceci ne sera requis que pour les valeurs IP comprises entre 6 et 12 ainsi que pour les matériaux ayant une importante teneur en éléments fins ou de dureté limite. Dans le cas où les matériaux soumis à l'étude de formulation contiennent une proportion importante de GNT, une incorporation de ciment avec l'émulsion peut s'avérer nécessaire. Dans tous les cas, l'utilisation de la chaux ou du ciment doit être confirmée par des essais de laboratoire.

Granulométrie : Selon la granulométrie du fraisât obtenu, un apport éventuel de matériaux correcteurs peut s'avérer nécessaire. Il existe plusieurs références pour établir une bonne composition granulométrique. Par exemple celle tirée des courbes de Talbot.

$Y = 100 \times (d/D)^{0.4}$ dans laquelle :

Y est le passant au tamis d en %

d est la maille du tamis en mm

D est la dimension du plus gros granulat.

Pour le cas de la classe 1 ou la proportion de la GNT est dominante, le fuseau d'une grave émulsion peut servir de guide au moins pour la fraction 0/6mm

Bitume résiduel

Bonne appréciation des dosages en liant résiduel du point de vue homogénéité sur tout le linéaire de la section délimitée est d'abord nécessaire. L'appréciation de sa qualité résiduelle avec au minimum la détermination de la pénétrabilité, de la température bille anneau TBA et du retour élastique éventuellement doit être ensuite caractérisée. La nécessité de l'emploi de l'émulsion régénérante sera justifiée par les critères résiduels mesurés du bitume récupéré. Les caractéristiques requises pour ce bitume récupéré par le guide marocain pour les structures de classe III sont :

- Une teneur en liant récupéré compris entre 3.5 et 5.9
- Une pénétrabilité du bitume récupéré des fraisâts devant être en moyenne de 15 1/10 mm avec une valeur minimale limitée à 10 et ;
- Une température TBA comprise entre 75 et 80°C.

IX Congrès national de la route. Skhirate Juin 2014. Les études de retraitement à l'émulsion

Exécution de la formulation:

Le déroulement de la formulation est le suivant

- Détermination de l'apport en liant (dosage)
- Détermination du dosage en eau de mouillage
- Détermination des dosages des matériaux d'apport pour correction granulaire (éventuellement)
- Détermination des caractéristiques Duriez
 - Résistance à la compression ;
 - Compacité C% ;
 - Rapport Rh/Rs
- Appréciation de la compactabilité à la PCG :

Il est bien entendu obligatoire pour l'essai à la PCG, d'utiliser les machines permettant le départ de l'eau lors du compactage, sans cela, l'énergie déployée n'aura pas l'effet escompté compte tenu de la résistance de l'eau. A ce propos il y a lieu de garder en tête la recommandation pour le chantier de prévoir des exutoires latéraux pour activer la compaction et le murissement.

NB/Comme tout enrobé à froid, le matériau retraité à l'émulsion évolue en murissant par le départ de l'eau de mouillage et celle contenue dans l'émulsion. L'opération de compactage sur chantier a tout intérêt à tarder légèrement mais avant rupture de l'émulsion pour permettre l'évaporation de l'eau mais en même temps être immédiate après étalage pour compacter à la teneur en eau optimale. Ce dilemme peut être maîtrisé par les moyens de compactage en intensité d'énergie déployée et la vitesse de compactage. Cet aspect doit en principe être observé au niveau du compactage à la PCG pour simulation du chantier.

D'après le Guide AIPCR 2003, << la détermination des paramètres d'essai afin d'obtenir le meilleur comportement en cours de compactage des matériaux retraités à l'émulsion est encore un sujet de recherche {(Lesueur, 2000), (Poirier, 2000)}. A l'heure actuelle, il n'y a aucun protocole d'essai permettant d'optimiser la teneur totale en fluide avec la presse à cisaillement giratoire>>.

Détermination des dosages en émulsion.

Il n'y a pas de règle établie et systématique pour la détermination de ce dosage comme c'est le cas des agrégats reconstitués pour enrobés à chaud. On peut

faire des estimations par le principe du module de richesse mais cela reste hypothéqué du fait d'abord des deux états de bitume présent dans le mélange et de l'état aggloméré des fraisats. La procédure adoptée au Maroc est la suivante :

- Détermination de l'optimum Proctor
- Une simulation du module de richesse est adopté sur la base de la granulométrie du fraisât et de la teneur en bitume résiduel. Le module de richesse est alors calculé sur la base du % bitume résiduel total et de surface spécifique calculée.
- Détermination de l'aptitude au compactage par l'essai à la PCG avec 3 dosages minimum d'émulsion correspondant à des modules de richesse de 3.5 à 4.5 environ.
- Sur les mêmes mélanges, on réalise un essai Duriez dont la résistance est déterminée à l'âge de 15jours à sec (R_s) et à 15jours également dont 7 jours à l'eau(R_h). On déduit également la compacité LCPC, le % de vides et le rapport R_h/R_s .
- Comme conclusion, on choisit le dosage donnant les meilleures caractéristiques

D'autres méthodes sont utilisées au Québec, Afrique du sud, ou en Australie .Elles consistent d'abord à la détermination de la teneur en eau optimale Proctor puis :

- La détermination des résistances à la compression diamétrale pour différents dosages de bitume résiduel .un diagramme de résultats à sec et humide est établi ;
- Un autre diagramme est établi en donnant les valeurs du rapport R_h/R_s en fonction des dosages de bitume testés. Un optimum de ce rapport est alors déterminé par la courbe.
- Avec les mêmes dosages, des tests de la compression diamétrale à sec sont ensuite réalisés cette fois ci à 72 heures et à 7 jours d'âge.
De tous ces tests on détermine les meilleurs dosages en émulsion et d'eau de mouillage. Des essais de modules sont par la suite déterminés après murissement sur les matériaux obtenus avec les meilleurs dosages déterminés

Qualité de l'émulsion

Chaque matériau a sa propre quantité spécifique d'émulsion bitumineuse à ajouter pour obtenir la résistance mécanique optimale ou souhaitée. Il en est de même du point de vue nature. L'affinité de l'émulsion aux agrégats (fraisât) est à maîtriser selon que ceux-ci sont acides ou basiques.

Il est possible de faire varier la quantité de bitume entre 30 et 70 %, mais des taux de bitume supérieurs à 60 % ne sont cependant pas recommandés lors du recyclage, car l'émulsion devient alors visqueuse, donc difficilement pompable et nécessite une grande énergie de cisaillement pour bien enrober les matériaux.

Au contact avec les agrégats, il y a séparation du bitume de la phase aqueuse. Les particules de bitume s'agglomèrent de nouveau et constituent un film qui enveloppe la surface des matériaux. C'est la rupture de l'émulsion. L'eau excédentaire libérée est stockée dans l'enrobé avant d'être évacuée. Le temps qui s'écoule entre les deux stades est appelé temps de rupture.

La rupture et le processus consécutif de séchage sont influencés par plusieurs facteurs dont :

- la vitesse à laquelle la roche absorbe l'eau (la roche rugueuse et poreuse diminue le temps de rupture et de prise en absorbant l'eau contenue dans l'émulsion) ;
- la teneur en humidité de l'enrobé avant le mélange influence le temps de rupture ;
- la nature et la qualité de l'émulsion en termes d'ionisation par rapport à la composition minéralogique des matériaux et donc l'intensité de la charge électrique de la roche par rapport à l'intensité de la charge électrique de l'émulsion ;
- L'effet du compactage et la circulation ;
- la température de la roche et la température ambiante. La chaleur est un catalyseur pour les réactions chimiques et favorise une évaporation rapide ; et
- le pourcentage de filler actif et sa nature (c.-à-d. le taux de ciment ou de chaux).

Pour les grands trafics ou en cas de matériaux de qualité limite, on peut combiner l'émulsion bitumineuse avec du ciment. Celui-ci n'améliore pas seulement la force de liaison entre les granulats et donc la résistance mais joue aussi le rôle de catalyseur dans la rupture de l'émulsion en augmentant de manière précoce les performances mécaniques des couches retraitées.

Des analyses faites avec un ajout de 1,5 % de ciment ont montré qu'on augmente sensiblement les résistances sans porter préjudice aux propriétés de résistance à la fatigue de la couche recyclée.

Exemple de formulation

▪ Dosage en émulsion	3 %
▪ Dosage en liant résiduel total	7 %
▪ Compacité Duriez	93.2 %
▪ Rc à 15 j sec (Rs)	64.7 bars
▪ Rc à 8+7 immersion (Rh)	46.7 bars
▪ Rapport Rh/Rs	0.717
▪ Compacité PCG à 100 g	92.4 %

Performances recherchées

Les spécifications retenues à l'heure actuelle par le guide marocain sont les suivantes :

Pour les classes 1 et 2

- Dosage en liant résiduel total (3,5 à 4,5 %)
- Compacité Duriez LCPC (>85 %)
- Résistance à la compression simple à 15 j et 18°C à sec (>30 bars)
- Rapport immersion-compression (après 8 j de cure à sec et 7 j d'immersion) (Rh/Rs : > 0,55)

Pour la classe 3

- | | |
|--------------------------------------|---------------------|
| ▪ D max | : < 25 mm |
| ▪ Dosage en émulsion | : 2 à 4% |
| ▪ Teneur en eau totale | : 4 à 7% |
| ▪ Dosage en liant résiduel total | : 5 à 7 % |
| ▪ Compacité : Duriez LCPC | : 88 à 93% |
| ▪ Résistance à la compression simple | |
| à 14 jr à 18°C | : > 50 bars |
| ▪ Rapport Rh/Rs | : > à 0,65 |
| ▪ Compacité PCG à 100 girations | : > 75 à 80% |
| ▪ Surfaçage à la règle de 3 m | : 0,7 cm en travers |
| | 0,5 cm en long. |

D'après le guide AIPCR 2003<<les valeurs de résistance en compression diamétrale obtenues au Canada-Québec s'étendent de 0,40 à 0,80 MPa. Avec du tout-venant granulaire, de 0,25 à 0,50 MPa,

En ce qui concerne la rigidité, les valeurs de module d'Young obtenues en France (pour une température de l'ordre de 15°C) sur des matériaux retraités

prélevés dans la chaussée après quelques mois se situent dans les intervalles suivants :

- Matériau granulaire non lié stabilisé avec de l'émulsion de bitume :
1500 à 2500MPa,
- Matériau retraité à l'émulsion comprenant 75 à 90% de matériau bitumineux recyclé :
2000 à 3000 MPa,
- matériau retraité à l'émulsion avec plus que 90% de matériau bitumineux recyclés :
3000 à 4000 MPa. >>

VERIFICATION DE LA STRUCTURE RETRAITEE

Paramètres d'entrée pour le dimensionnement

Principe de base :

Les matériaux retraits à froid l'émulsion ont une composition hétérogène. Ils sont composés de fraisats dotés d'une hétérogénéité des fois imprévisible, de bitume vieilli doté quant à lui d'une liaison rigide avec les granulats en place, l'apport du nouveau liant qui est une émulsion regererante ou pas et éventuellement de ciment. L'effet d'enrobage de cet ensemble et de son impact sur l'ancien liant reste encore à mieux cerner. Ajouter à cela les modalités de mise en œuvre et l'efficacité du compactage.

Pour toutes ces raisons, le comportement de ces matériaux peut être qualifié de complexe. Le retraitement à l'émulsion induit en plus une maturation progressive et caractérise donc ces matériaux d'évolutifs à très court terme. Les performances mécaniques prises dans le court terme défavorisent la portance. Ceux à long terme sont très comparables parfois à de la grave bitume pour fondation ou la grave mousse.

Cet aspect est traité d'une manière différente à l'échelle mondiale selon les écoles, tant pour l'aspect dimensionnement que pour les méthodes de contrôle sur chantier.

<< Dans beaucoup de pays, la conception est effectuée sur une base empirique à partir d'abaques. Le guide 1986 de l'AASHTO emploie une méthode de dimensionnement utilisant la notion de nombres structuraux, SN. Les valeurs du coefficient de couche, a_i , applicables aux matériaux retraits ont été déduites du comportement de sections expérimentales :

- Pour des matériaux retraits à l'émulsion de bitume, la gamme va de 0,17 à 0,41 avec une valeur moyenne de 0,29,
- Pour des matériaux retraits à la mousse de bitume, la gamme va de 0,20 à 0,42 avec une valeur moyenne de 0,31. Il est dit qu'une valeur de 0,30 à 0,35

peut être employée pour le retraitement en place à froid, ce qui est à comparer à la valeur de 0,44 proposée pour les mélanges bitumineux à chaud. Ceci représente une réduction de 32 à 21%.

Pour les calculs de dimensionnement avec un modèle élastique multicouche, il est nécessaire d'attribuer à la couche de matériau retraité des valeurs représentatives pour le module d'Young et le coefficient de Poisson. Pour le choix de valeurs du module, se référer au paragraphe précédent (<Performances recherchées) ; pour le coefficient de Poisson, on peut choisir une valeur de l'ordre de 0,35. Le critère de dimensionnement est souvent une valeur limite pour la déformation élastique verticale ϵ_z au niveau du sol support. A titre d'exemple, en France, le critère pour les routes à faible trafic est :

$$\epsilon_z, \text{lim} = 1200 N^{(-0.222)}$$

avec N, nombre cumulé d'essieux standards de 130 kN.>> Guide AIPCR 2003

Pour les prévisions à long terme, une fois la couche retraitée ayant atteint sa maturation c complète, on peut vérifier également les contraintes tangentielles à la base de la couche quand l'assise est en enrobés.

Pour la vérification, on peut modéliser la structure en adoptant à titre indicatif pour les couches retraitées les modules suivants :

- 15000 bars pour la classe I.
- 25000 bars pour la classe II.
- et 30000 bars pour la classe III.

Valeurs proches de ceux obtenus en France.

CONCLUSION

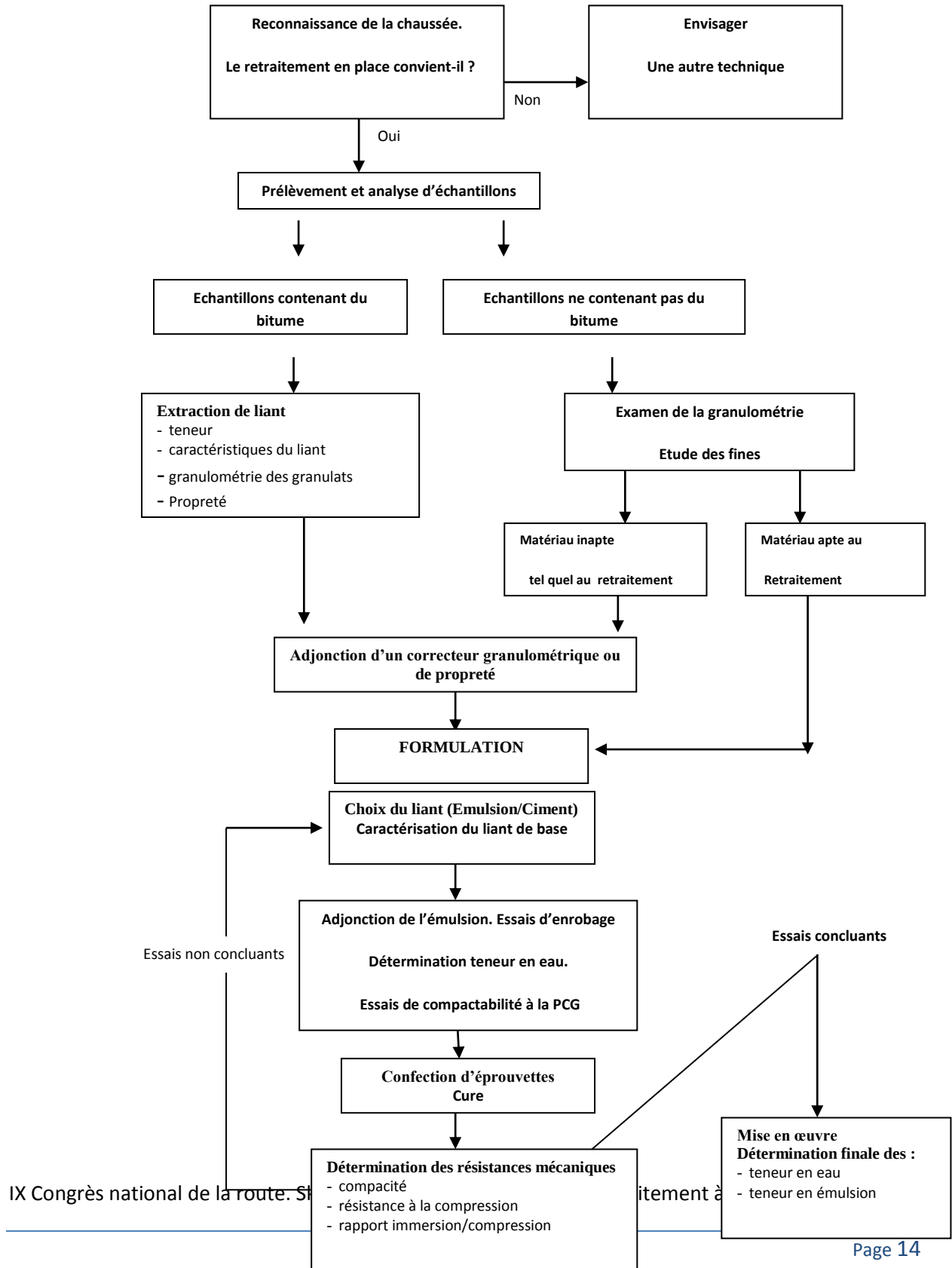
Les études de retraitement en place à l'émulsion de bitume comportent encore beaucoup de données empiriques en cours de recherches .De la conception de l'opération à la réalisation du chantier, beaucoup de variables sont à maîtriser pour garantir la reproductibilité de la formulation sur chantier. La dite formulation doit d'ailleurs être définie en concordance avec les hypothèses des caractéristiques des matériaux retenues pour le calcul de la structure projetée. Ceci met en évidence la nécessité de l'étude de formulation avant d'arrêter la structure et le lancement de l'appel d'offre si l'option de la variante n'est pas envisagée. Les points ci-après sont un résumé d'aspects à considérer pour un déroulement optimal de l'étude. On note sans être restrictif :

- La nécessité d'une reconnaissance précise et sondages représentatifs pour détermination des sections homogènes
- La vérification de la faisabilité de la technique en considérant les paramètres limitatifs de la technique.
- La prise d'échantillon doit se faire par fraisage surtout pour les classes 2 et 3
- Le respect des proportions des couches à retraiter dans la composition des échantillons constitués et destinés à la formulation.
- La maîtrise des caractéristiques des matériaux du point de vue aspect granulométrique et propreté
- La bonne appréciation des caractéristiques du bitume récupéré et la formulation éventuellement de l'émulsion regenerante correspondante
- Maîtrise de la compactabilité à la PCG en assurant la libération de l'eau lors du compactage. Penser à ce niveau à la simulation pour une bonne approche PCG/Chantier.
- En cas d'ajout de ciment, se limiter généralement à un dosage de 1.5%. Au-delà, il est nécessaire d'étudier l'aspect rigidité du matériau.
- Chercher l'optimum souplesse/rigidité donc dosage rationnel de l'émulsion et du ciment et de l'eau d'apport.
- Evaluer la durée du murissement .Chaque combinaison de matériaux, (bitume vieilli, compacité, degré de pollution connaît une évolution de murissement différente. C'est important pour les prévisions du murissement après travaux.
- Penser donc à prévoir et considérer pour le dimensionnement les modules après murissement total pour optimisation des structures.
- Penser à favoriser le retraitement en profondeur, ceci diminue le cout au m²/épaisseur. Le léger surplus du cout s'amortit aisément en induisant par conséquent une meilleure longévité des entretiens futurs.
- Penser à introduire dans nos formulations la méthode Marshall modifié avec murissement et se doter d'instrument pour des essais de prospections à grand rendement

Mostafa RADOUANE

Consultant GCR/ BITUMA

Diagramme de l'étude de formulation



Classification Française

Nature du retraitement	Retraitement à l'émulsion			Retraitement avec un liant hydraulique	Retraitement avec un liant composé
	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV	Classe V
Caractéristiques					
Objectif	Renforcement structurel	Réhabilitation des couches de surface		Renforcement structurel	Renforcement structurel ou correction d'un défaut des couches de surface
Principes	Amélioration des caractéristiques mécaniques et géométriques de la chaussée avec plus ou moins d'ancienne assise et éventuellement régénération du bitume dans la classe II		Recyclage de la couverture bitumineuses avec régénération du bitume	Création d'une nouvelle assise ou d'une nouvelle couche de surface (classe V) - avec ou sans matériaux d'apport - avec ou sans enlèvement des couches de surface	
Liant	3 à 4 cm de couverture bitumineuse + assise traitée ou non	4 à 8 cm de couverture bitumineuse + assise mais au moins 75% de noir&	Uniquement des matériaux bitumineux en intégrant l'interface	Tout ou partie de la couverture bitumineuse Tout ou partie des assises. Eventuellement partie du support	Tout ou partie de la couverture bitumineuse et tout ou partie des assises
Epaisseur de la couche retraitée	10 à 15 cm	5 à 12 cm	5 à 12 cm	20 à 30 cm	10 à 30 cm