

LE RETRAITEMENT EN PLACE DES CHAUSSEES AU MOYEN DE CIMENT

La longueur du réseau routier communal belge est d'environ 133.000 km, dont la plus grande partie a été réalisée en asphalte. Un nombre important de ces routes sont en mauvais état et doivent impérativement être rénovées. En règle générale, cette rénovation se limite à l'application d'une nouvelle couche de roulement en asphalte.

Dans de multiples cas, la fondation souffre de l'accroissement considérable du trafic ainsi que de l'augmentation des charges d'essieux, sollicitations pour lesquelles ces chaussées n'ont pas été conçues. Les dommages peuvent également être dus à l'hétérogénéité de la fondation suite à l'élargissement de la chaussée initiale. Dans ces cas de figure, une réfection structurelle s'impose.

Une des solutions, garantissant une bonne répartition des contraintes, consiste à recharger la voirie à l'aide d'un revêtement en béton de ciment. Un remplacement intégral, incluant la démolition de la structure jusqu'au fond de coffre, n'est pas toujours la solution la plus adéquate. En effet, la reconstruction de la sous-fondation, de la fondation et du revêtement exige le transport de grandes quantités de matériaux, demande beaucoup de temps et entraîne des désagréments pour les riverains et les usagers de la route. La technique du retraitement en place offre une alternative intéressante et écologique.

**DOSSIER
CIMENT**

30
mars 2003

revêtement de route
béton maigre
retraitement en place



BB/S1B _____



INTRODUCTION

Dans le concept de 'construction durable', un des éléments récurrents consiste à limiter l'utilisation de matériaux naturels épuisables. L'extraction de sable, de gravier et de gravillons ne pourra pas continuer éternellement et c'est pourquoi leur utilisation est aujourd'hui mise en balance avec des solutions alternatives.

Le transport des matériaux et/ou produits finis est un facteur important dans l'analyse du cycle de vie d'un élément de construction.

Un processus de construction permettant d'éviter de longs transports (ou de longs temps de transport selon les embouteillages) est par conséquent bien plus intéressant en matière de coûts environnementaux.

La législation environnementale dans les trois régions (permis d'exploitation, coûts de décharge, transport de terre, assainissement des sols pollués) joue aujourd'hui un rôle crucial dans la conception des terrassements et des ouvrages routiers.

Cette évolution amène le développement (ou le re-développement) de techniques de construction impliquant le retraitement des matériaux présents sur place. Le schéma ci-dessous (*figure 1*) présente les techniques utilisant le ciment et/ou la chaux dans le traitement du sol ou du revêtement en place.

Ces différentes applications ont de manière commune, les avantages suivants :

- utilisation réduite de matériaux;
- transport limité;
- suppression des coûts de déchargement pour les terres évacuées;
- méthode de construction économique;
- techniques de construction écologiques.

Toutefois, il existe des différences importantes entre ces applications. Quand parle-t-on " d'amélioration " des sols et quand utilise-t-on le terme "stabilisation" ? Dans les deux cas le liant est mélangé avec de la terre ou des granulats, présents sur site.

L'AMELIORATION DES SOLS est appliquée aux sols ayant une grande plasticité (limon, argile), afin d'améliorer leurs caractéristiques géotechniques : facilité de mise en œuvre et de compactage, portance et résistance au poinçonnement. Ceci se traduit par une meilleure praticabilité pour le trafic de chantier. Pour améliorer les sols, de faibles doses de liant suffisent généralement (1 à 3 %, le plus souvent de la chaux ou une combinaison chaux/ciment, pour améliorer les sols plastiques).

LA STABILISATION DES SOLS a pour objectif la réalisation de couches de fond de qualité dont les caractéristiques mécaniques ont été considérablement rehaussées, ce qui donne une plus grande portance et une meilleure distribution des charges. En outre, ces couches acquièrent ainsi une meilleure résistance à l'érosion et au gel, augmentant dès lors sensiblement leur durabilité. La stabilisation exige des pourcentages de 4 à 6 % de ciment ou d'une combinaison de ciment avec d'autres liants, tels que la chaux, les

laitiers de haut-fourneau ou l'émulsion de bitume.

LE RETRAITEMENT EN PLACE DES CHAUSSEES est une technique qui consiste à mélanger sur place la fondation de gravillon ou de gravier, recouverte ou non d'un revêtement en asphalte, avec du ciment et éventuellement de l'eau. Si nécessaire, des granulats et/ou du sable sont ajoutés afin d'obtenir une granulométrie continue. Le résultat est une fondation liée au ciment avec une très grande portance et une excellente résistance à l'érosion due à l'eau ou au gel. Cette fondation est généralement recouverte d'une ou de deux couches d'asphalte.

De cette façon, la chaussée est renouvelée sur toute son épaisseur, sans véritable transport de matériaux. C'est en d'autres termes la technique de retraitement par excellence pour les routes secondaires. Elle sera davantage explicitée dans ce bulletin.

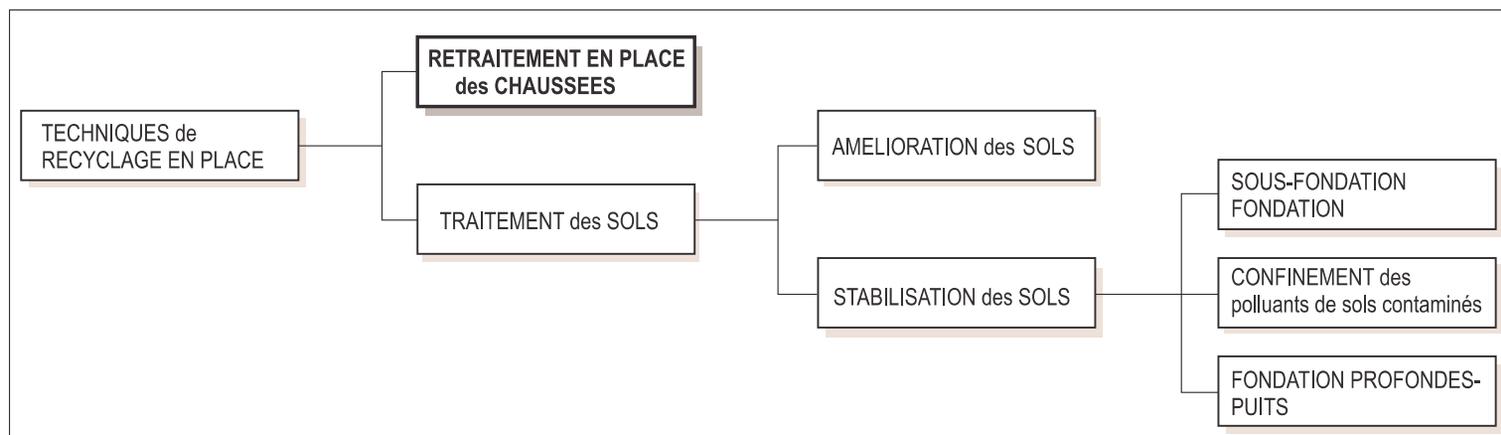
Il convient d'insister sur le rôle important des autres aspects du projet tels que le dimensionnement en fonction de la classe de trafic et le détail de l'évacuation des eaux et du drainage.

HISTORIQUE

Les premières expériences ont été menées dans les années '50 aux Etats-Unis et en France. Depuis 1985, cette technique n'a cessé de gagner en intérêt et aujourd'hui elle démontre toute son efficacité: en France et en Espagne, 1 à 2 millions de m² sont annuellement reconstruits à l'aide du retraitement en place. En dehors des pays mentionnés, cette technique est utilisée partout ailleurs dans le monde et particulièrement en Australie et en Afrique du Sud. Cette évolution importante est due aux trois facteurs suivants:

- une meilleure connaissance des caractéristiques mécaniques des matériaux stabilisés au moyen de ciment ainsi que du comportement de routes semi-rigides;
- une utilisation de nouvelles machines plus puissantes avec une plus grande profondeur de travail, de meilleures capacités de mélange et de plus hauts rendements, ce qui permet une meilleure finition et un coût moindre;
- l'impulsion principale est sans conteste la bonne adéquation entre d'une part les avantages environnementaux de cette technique par rapport au renouvellement classique de la chaussée et d'autre part le souci croissant pour un meilleur respect du milieu.

Fig. 1 - Techniques de construction avec réutilisation de matériaux en place



LE LIANT

Le ciment permet d'obtenir d'une part un développement rapide de la résistance du matériau retraité et d'autre part une grande profondeur (> 30 cm) de retraitement du revêtement. C'est par conséquent le liant préférentiel et **le seul qui garantit une augmentation substantielle de la portance sur site ainsi que la résistance à l'érosion et au gel**. Le matériau obtenu est comparable à du béton maigre.

Dans le cas de matériaux plastiques, tels que des sous-sols ou des fondations pollués aux particules d'argile, il faut, comme pour le traitement des sols, d'abord s'occuper de l'amélioration à l'aide de chaux pour ensuite seulement les stabiliser avec du ciment. Il est toutefois possible de réaliser les deux opérations simultanément en utilisant un liant combiné prédosé.

Le retraitement des routes en asphalte peut également se faire à l'aide d'une émulsion de bitume ou d'une mousse de bitume faisant office de liant en combinaison avec du ciment, ce qui donne une fondation "plus souple", évitant ainsi la création de fissures de retrait et leur remontée vers les couches supérieures. Lorsqu'il n'est pas fait usage de ciment, la couche stabilisée offre une portance moins grande et accuse une incapacité à long terme à résister au gel ainsi qu'aux infiltrations d'eau.

Diverses études étrangères réalisées en laboratoire et plusieurs cas pratiques ont démontré qu'une teneur en ciment de 3 % constitue le minimum obligatoire. Une étude allemande portant sur le comportement à long terme a établi entre autre que le

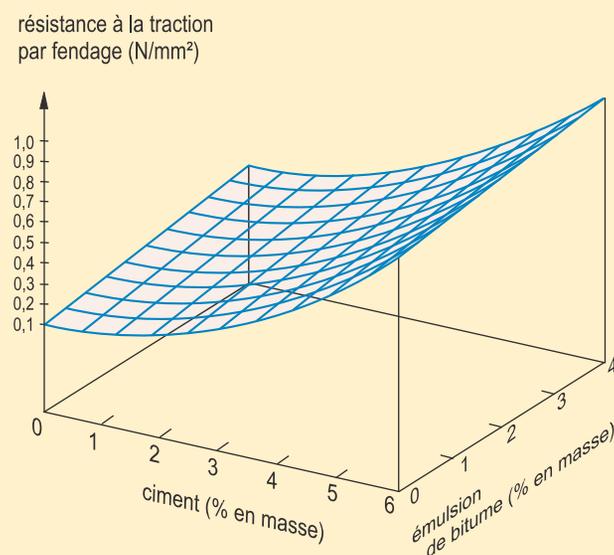
ciment a une influence déterminante sur le développement de la résistance et sur la résistance à la fatigue; cette influence n'étant visible qu'à partir de 4 % (voir figures ci-dessous). Des études néerlandaises et sud-africaines confirment ces résultats pour des combinaisons de ciment et de mousse de bitume.

Pour obtenir une (sous-)fondation durable à long terme sur base d'un retraitement en place combinant ciment et émulsion de bitume ou mousse de bitume, il est recommandé d'utiliser un minimum de 4 % de ciment.

Les cahiers de charges-type imposent une teneur en ciment minimale de 6 %, ce qui correspond à environ 1,2 kg de ciment par cm d'épaisseur et par m². Ce dosage permet de compenser l'hétérogénéité dans la composition du matériau utilisé, les variations dans le mélange et le compactage moins ferme dans la partie inférieure des épaisses couches retraitées. En principe, tous les ciments de la classe de résistance 32,5 et 42,5 peuvent être utilisés.

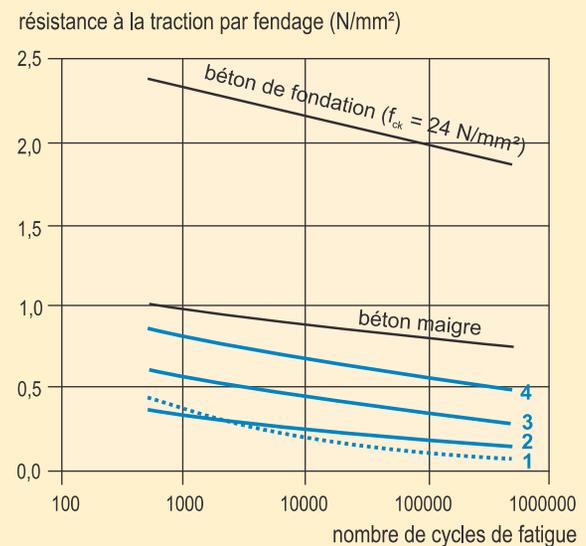
En prenant en compte d'une part les caractéristiques mécaniques souhaitées et d'autre part une ouvrabilité suffisamment longue, les ciments CEM III/A 42,5 N LA et CEM III/B 42,5 N LA s'imposent comme les plus indiqués. Pendant la période d'été, les ciments de haut-fourneau de la classe 32,5 (CEM III/A 32,5 N LA et CEM III/B 32,5 N LA) peuvent également être utilisés.

Fig. 2 - Résistance à la traction par fendage en fonction de la teneur et du type de liant (ciment et émulsion de bitume)



Les caractéristiques mécaniques (résistance à la traction par fendage) s'améliorent rapidement avec un accroissement de la teneur en ciment, alors qu'elles n'évoluent que linéairement avec la teneur en bitume. L'influence prépondérante de la teneur en ciment s'observe également pour la résistance à la compression. Pour des teneurs en bitume élevées (≥ 4 %), une baisse de la résistance est parfois observée.

Fig. 3 - Résistance à la traction par fendage en fonction du nombre de cycles de fatigue



1, 2, 3, 4 : mélanges recyclés

	empierrem. concassé	déchets d'asphalte	émulsion de bitume	ciment
n° 1	80 %	20 %	4 %	0 %
2	80	20	4	2
3	80	20	4	4
4	80	20	4	6

La teneur en ciment joue également un rôle important dans le comportement à la fatigue d'un mélange stabilisé.

ETUDE DE FAISABILITE

Avant toute exécution d'un projet de retraitement en place, il est absolument nécessaire de réaliser une étude de faisabilité, quel que soit le liant utilisé. En effet, dans certains cas, des raisons techniques ou économiques ne permettent pas de justifier le projet de retraitement en place. Cette étude doit également servir à identifier les caractéristiques du matériau stabilisé, en partant des éléments constitutants (les matériaux présents sur chantier, les granulats ajoutés, le ciment, l'eau).

Une étude de faisabilité complète peut comprendre :

- une recherche des archives relatives à la route existante;
- un examen visuel de la voirie;
- un prélèvement d'échantillons;
- une analyse granulométrique;
- un essai rapide de stabilisation;
- une détermination de la courbe Proctor modifiée;
- une série d'essais de résistance à la compression pour déterminer la teneur en ciment nécessaire;
- un essai de résistance à l'altération par immersion.

Ces différentes étapes de l'étude sont détaillées ci-dessous. Certaines sont déjà décrites dans les cahiers de charges-type, à savoir le SB250 pour la Flandre et RW99 pour la Wallonie. Celui de la Région de Bruxelles-Capitale, le TB2000, ne comporte pas de prescription en matière de retraitement en place des chaussées.

Recherche des archives de la route existante

La consultation des plans de construction ('as-built') de la chaussée ainsi que des documents relatifs aux travaux antérieurs, permet de déterminer la structure existante de la chaussée. Il est également possible de récolter des informations auprès des personnes en charge des travaux - personnel du maître d'ouvrage, ingénieurs, contremaîtres - voire même auprès des riverains.

Examen visuel de la chaussée

Un simple examen de l'état du revêtement permet d'identifier certains défauts, tels qu'une fondation insuffisante, un drainage défectueux, une mauvaise stabilité latérale de la route,... Il facilite également la localisation précise et pertinente des lieux de prélèvement des échantillons.

Prélèvement d'échantillons

Pour réaliser un prélèvement d'échantillons représentatifs, les règles suivantes doivent être suivies:

- Les prélèvements (tranchées) doivent être réalisés à un intervalle minimal de 500 m, par demi-chaussée et en quinconce. Des prélèvements complémentaires seront effectués si des modifications de la structure de la chaussée sont observées ou suspectées;
- La tranchée doit permettre de réaliser une étude du profil en travers de la route et sa profondeur doit être au moins égale à l'épaisseur de la couche à traiter;
- Les prélèvements sont d'au moins 100 kg (fraction 0/80 mm) afin de pouvoir faire l'ensemble des essais;
- Les prélèvements doivent être réalisés sous la direction d'un laboratoire agréé.

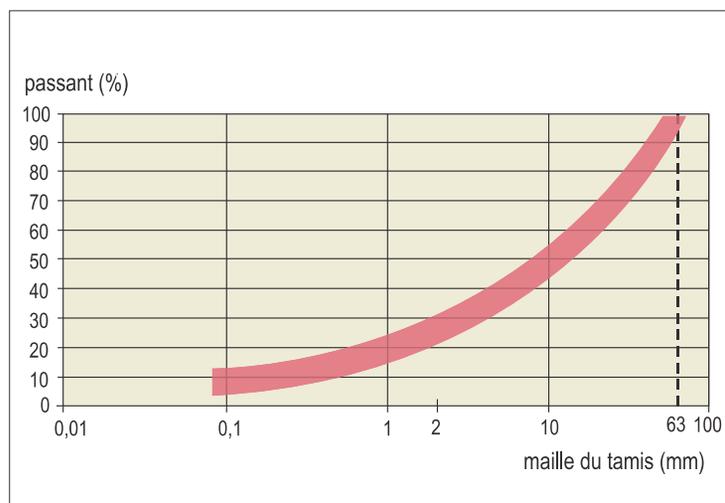


La tranchée d'échantillonnage s'étend sur une demi-chaussée...



... et est au moins aussi profonde que le retraitement envisagé.

Fig. 4 - Fuseau granulométrique autour de la courbe de Talbot



Analyse granulométrique

L'objectif de cette analyse est de s'assurer que le matériau à retraiter présente bien une granulométrie homogène. Elle doit correspondre à la granulométrie théorique, idéale, définie par la courbe de Talbot :

$$y = 100 (d/D)^{0,4}$$

dans laquelle: y = le passant au tamis d en %
 d = la maille du tamis d en mm
 D = la dimension du plus gros granulat en mm (elle correspond à 95 % de passant sur la courbe granulométrique de la fraction 0/80 mm).

Une tolérance de 5 % en plus ou en moins est admise par rapport à la courbe idéale. Le matériau à retraiter doit donc se situer dans le fuseau ainsi créé (fig. 4). Si tel n'est pas le cas, d'autres matériaux doivent être apportés afin d'améliorer la granulométrie. L'analyse granulométrique se fait sur la fraction 0/80 mm du matériau de l'échantillon. Les éléments supérieurs à 80 mm sont, si possible, séparés au moment du prélèvement de l'échantillon. Lorsqu'ils dépassent les 10 %, le retraitement en place s'avère être économiquement moins intéressant en raison de l'usure accélérée des dents de la fraiseuse. Dans ce cas, il est nécessaire de concasser le matériau en place (éléments fins et gros) à l'aide d'une unité de broyage mobile. L'analyse granulométrique peut être réalisée rapidement en ne considérant que les tamis 4 - 12,5 - 20 - 40 mm.

Un essai rapide de stabilisation (courbe Proctor standard)

Il s'agit d'un essai qui vise à vérifier de façon simple et rapide si le mélange de ciment n'est pas gêné par la présence de matériaux organiques ou tout autre élément polluant. Pour ce faire, la fraction de sable 0/4 est séparée du reste du matériau de l'échantillon par tamisage. Cette fraction est ensuite mélangée à 15 % de ciment (classe de résistance 42,5) avec différentes teneurs en eau (par exemple 5, 6, 7, 8 et 9 %). Il est à noter que 15 % de la fraction 0/4 équivaut plus ou moins à 6 % de la fraction totale du matériau. Une éprouvette est fabriquée pour chaque teneur en eau selon la procédure de l'essai Proctor standard. Pour la teneur en eau optimale, la compression doit atteindre une valeur moyenne minimale de 8,0 MPa après 7 jours. Si tel n'est pas le cas, le retraitement en place peut néanmoins être envisagé, à condition d'utiliser des matériaux d'apport.

Détermination de la courbe Proctor modifié

L'essai Proctor modifié (ou renforcé) vise à déterminer la teneur en eau du mélange (sur base de la fraction 0/20) qui permettra un compactage optimal (fig. 5). Dans ce cas, la fraction inerte du mélange sera constituée du matériau présent sur place et d'éventuels matériaux d'apport.

Essai de la résistance à la compression en vue de la détermination de la teneur en ciment

Pour cette série d'essais, les éprouvettes sont fabriquées selon la procédure de l'essai Proctor modifié, avec la teneur en eau optimale déjà définie. Cette fois, c'est la teneur en ciment qui varie entre les différentes éprouvettes.

La résistance à la compression est déterminée à partir d'une série de trois éprouvettes à un âge de 7 jours. Une valeur moyenne minimale de 8 MPa est exigée. Lorsqu'elle n'est pas atteinte, la teneur en ciment doit être augmentée. En fonction de cet accroissement de la teneur en ciment, la teneur en eau doit être légèrement adaptée.

Essai de résistance à l'altération par immersion

Sur base des teneurs en eau et en ciment déterminées précédemment, deux séries de trois éprouvettes sont fabriquées (selon la procédure de l'essai Proctor modifié).

Après 7 jours de conservation, une des deux séries d'éprouvettes est immergée sous l'eau, l'autre est maintenue en atmosphère humide (HR > 95 %).

À l'âge de 14 jours, les deux séries d'éprouvettes sont soumises à l'essai de compression. Le critère pour la résistance à l'altération par immersion se formule comme suit:

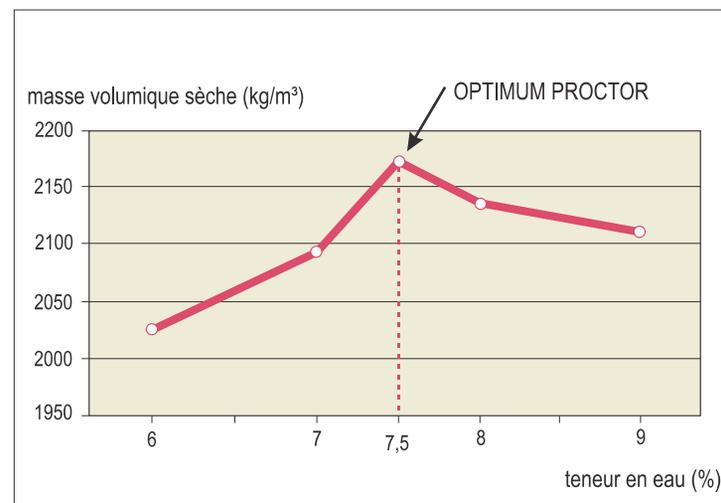
$$100 (f_{c\text{-immergé}} / f_{c\text{-témoin}}) = 70 \%$$

où: $f_{c\text{-immergé}}$ = la valeur moyenne des résistances à la compression simple des éprouvettes immergées.

$f_{c\text{-témoin}}$ = la valeur moyenne des résistances à la compression simple des éprouvettes témoins.

Si cette condition n'est pas vérifiée, la teneur en ciment doit être augmentée jusqu'à atteindre la limite de 70 %.

Fig. 5 - Essai Proctor modifié sur la fraction 0/20 d'un mélange



MATERIEL ET MISE EN ŒUVRE

Introduction

Quelles machines utiliser pour le retraitement en place des chaussées au moyen de ciment ? Il y a d'une part le matériel utilisé spécifiquement pour le mélange in situ de matériaux avec un liant. Il existe d'autre part du matériel destiné à l'épandage du liant et à la préfissuration de la couche stabilisée.

Travaux de préparation

Dans les sites boisés ou pour des chaussées particulièrement sales, il est indiqué de nettoyer la surface à retraiter afin de minimiser la quantité de matière organique dans le mélange.

Comme mentionné ci-dessus, lorsque au moins 10 % des graviers présents sont supérieurs à 80 mm ou si des blocs supérieurs à 125 mm se trouvent parmi le matériau à retraiter, il est nécessaire de concasser le matériau à l'aide d'une unité de broyage mobile. Lorsque l'épaisseur des couches d'asphalte est supérieure à 1/3 de l'épaisseur de la couche à retraiter, il est impératif d'enlever l'excédent.

Des matériaux d'apport (par exemple de la pierre calcaire concassée) sont posés sur la couche à retraiter lorsqu'il faut:

- augmenter l'épaisseur de la couche à retraiter;
- élargir la route;
- améliorer la granulométrie du matériau présent afin de correspondre au fuseau de la courbe de Talbot.

Epandage du liant

L'épandage peut parfois se réaliser 'par sac' sur le sol préalablement quadrillé, chaque carré définissant la surface sur laquelle un sac complet doit être répandu. Cette solution est techniquement acceptable, mais n'est économiquement envisageable que pour des chantiers de petite envergure et de forme irrégulière. Dès lors, la livraison de liants pour le traitement des sols se fait quasi toujours en vrac. Les premières épanduses proposent un dosage simple par unité de temps. La quantité de liant répandu dépend donc de la vitesse d'avancement elle-même fixée par le conducteur de l'épanduse.

Etant donné le manque de précision dans le taux d'épandage de ces machines, elles ne peuvent être utilisées que lorsque l'importance du traitement du sol n'est que secondaire. Elles ne peuvent en aucun cas servir à des travaux de stabilisation. La deuxième génération d'épanduses dispose d'un dosage volumétrique géré par la vitesse d'avancement de l'engin, ce qui permet de définir à l'avance la quantité de liant répandu par unité de surface. Pour les machines les plus modernes, le système de dosage volumétrique est pourvu d'une trémie de pesage, permettant un réglage encore plus précis de la quantité de ciment par m², donnant un mélange aux caractéristiques homogènes correspondant quasi parfaitement aux exigences en matière de résistance et de composition.

En outre, pour améliorer la précision du dosage, les options suivantes sont disponibles sur les épanduses:

- un système de marquage permettant au conducteur de garantir un bon parallélisme des épandages 'bord contre bord', ou mieux encore, avec un chevauchement d'une dizaine de centimètres;
- une largeur d'épandage variable afin d'éviter le chevauchement trop important des bandes lorsque la largeur de la surface à traiter n'est pas un multiple exact de la largeur de l'épanduse;
- une alarme s'enclenchant lorsque la trémie est presque vide;
- un dispositif enregistrant la vitesse d'avancement de la machine et de rotation du tambour de mélange, ainsi que les paramètres d'étalonnages et les quantités de produit répandu. Ceci permet de réduire les contrôles manuels et d'augmenter la fiabilité générale.



Une couche de matériau d'apport a été répandue sur la route existante.

Le dosage par unité de temps n'est pas toujours très précis...



Les machines modernes épandent une quantité constante de liant par m².



Fraisage et mélange en place

C'est grâce à l'amélioration des machines disponibles que le retraitement en place de chaussées a pu se développer au départ de la stabilisation de sol au moyen de ciment. Parmi les engins utilisés pour la stabilisation de sol, seuls les pulvérisateurs mélangeurs (pulvimixers) sont aptes à être employés pour le retraitement en place.

Ces engins à tambour horizontal sont des machines composées essentiellement d'une chambre de mélange et d'un tambour de fragmentation dont l'axe horizontal est perpendiculaire à la direction du déplacement. Ce tambour est actionné hydrauliquement ou mécaniquement. Des vérins hydrauliques l'enfoncent dans le revêtement jusqu'à la profondeur requise. Ce tambour est recouvert par la chambre de mélange. La durée de ce mélange et donc de la présence du matériau dans la chambre, dépend de la vitesse d'avancement.

Ces pulvérisateurs mélangeurs ont évolué au cours des années et sont devenus aujourd'hui des outils de recyclage spécialisés. Ils sont conçus pour retraiter en un passage des revêtements d'une épaisseur atteignant 35 cm. Il s'agit donc de machines ultra puissantes, équipées de pneumatiques ou de chenilles. Elles peuvent peser jusqu'à 30 t, les empêchant ainsi de se soulever lors du fraisage.

Le cœur de ces engins est formé par un tambour rotatif muni d'un nombre important de dents de découpe spéciales, pouvant être rapidement et facilement changées en cas d'usure.

Cette fraise tourne en sens inverse de l'avancement de la machine. Les dents arrachent donc le matériau vers le haut : le matériau est décohésionné et projeté contre une barre ou une plaque, ce qui accentue la fragmentation ou pulvérisation. La position du rotor est ajustable en hauteur.

Durant le mélange et si nécessaire, de l'eau peut être introduite suivant un dosage précis. En comparaison avec les mélangeurs classiques issus du secteur du traitement de sol, les recycleuses fournissent un matériau mélangé fort homogène. Plutôt que de répandre le ciment sous forme de poudre comme décrit plus haut, une pâte liquide (coulis) formée d'eau et de ciment peut être injectée directement dans la chambre de mélange. Ainsi, il est possible d'éviter la formation d'un léger nuage de poussière de ciment, toujours présent lors de l'épandage de ciment sous forme de poudre. La France a développé un autre type d'engin de retraitement: l'ARC700. ARC est l'acronyme de "Atelier de Reconditionnement de Chaussées". Il s'agit en effet d'un atelier intégrant toutes les opérations et pouvant les exécuter en un passage. Un des grands avantages de cette machine est la présence de deux rotors : le malaxage se fait aussi bien transversalement que longitudinalement, ce qui donne un produit fini particulièrement homogène.



Les pulvérisateurs-mélangeurs sont principalement utilisés pour la stabilisation des sols.



Le malaxeur de coulis permet d'éviter les poussières de ciment durant les travaux.



Les recycleuses sont des engins lourds capables de traiter en un passage une forte épaisseur.



'Atelier de Reconditionnement de Chaussées' : le mélange se fait tant transversalement que longitudinalement.

Nivellement et compactage

En vue d'obtenir une surface plane, un nivellement grossier est réalisé immédiatement après le passage de la recycleuse. Le nivellement fin se fait après un certain nombre de passages du rouleau.

La niveleuse peut être remplacée, pour le nivellement grossier, par une finisseuse qui permet une répartition très homogène du matériau mélangé. Le compactage est réalisé par de puissants rouleaux lisses vibrants, dont la masse linéique est au minimum de 30 kg/cm de génératrice. Pour des épaisseurs supérieures à 25 cm, un compactage supplémentaire est requis. Pour ce faire, un rouleau à pneu ayant une masse par pneu de minimum 2,7 t est utilisé. Le dernier compactage se fait à l'aide d'un rouleau lisse, sans vibrations, afin d'éviter l'écaillage de la surface. Le résultat du compactage est évalué par la masse volumique sèche qui doit égaler au moins 95 % de la valeur de l'optimum Proctor.

Nivellement grossier à la niveleuse.



Compactage au rouleau lisse.



Les couches épaisses nécessitent un compactage supplémentaire au rouleau à pneus.



Protection de la surface contre la dessiccation

Il est impératif de protéger la couche retraitée contre la dessiccation le plus rapidement possible après le compactage. Cette protection, suivant le RW99 § F.4.8.2.3.5, consiste en :

- 1ère phase : arrosage modéré à l'eau de la surface après le passage du dernier rouleau;

- 2ème phase : application d'une émulsion cationique de bitume au taux de 0,7 l/m² suivi d'un épandage de sable à raison de 3 kg/m².

Cette deuxième phase est réalisée au plus tard en fin de journée. L'émulsion et le sable épandu peuvent faire office de couche de roulement temporaire pour un trafic léger (< 3,5 t) et ce dans l'attente des couches d'asphalte de surface. Toutefois, dans ce cas de figure, il est préférable de prévoir plutôt un enduisage.

Le nivellement grossier peut être remplacé par une homogénéisation à la finisseuse.



Protection contre la dessiccation par application d'une émulsion de bitume et sablage.



Préfissuration

Une fondation stabilisée à l'aide de ciment est toujours sujette au retrait, ce qui provoque des fissures, qui peuvent remonter en surface au travers des couches d'asphalte. L'expérience acquise en Belgique indique que pour les routes à faible trafic un traitement efficace contre les remontées de fissures consiste en une bonne protection contre la dessiccation et une double couche d'asphalte de surface (minimum 10 cm).

Pour les routes à forte circulation (classes de trafic Réseau I et Réseau II du RW99), il est recommandé de poser des joints dans la fondation stabilisée. Plutôt que de scier les joints dans la couche durcie, il est possible de créer des rainures dans le matériau fraîchement retraité. La distance entre les joints varie de 3 à 5 m.

Pour exécuter ces joints, des équipements ont été développés, qui permettent de les réaliser rapidement et économiquement:

- La première machine est une simple plaque vibrante munie sur sa face inférieure d'une lame. Elle est actionnée manuellement ou mécaniquement en étant montée sur une excavatrice. La profondeur du joint doit être supérieure à la moitié de l'épaisseur de la couche. Les rainures sont créées avant le compactage final.
- Le système CRAFT (Création Automatique de Fissures Transversales) est un équipement installé sur une niveleuse et comprenant un bras articulé avec à son extrémité un outil de coupe ainsi qu'un réservoir pour l'émulsion. L'outil de coupe, composé d'une double lame, crée le joint et injecte ensuite l'émulsion de bitume.
- Le système français OLIVIA consiste à introduire dans la couche traitée une bande en plastique qui empêche les bords du joint ainsi formé de se recoller. Cette amorce permettra à la fissure de se poursuivre vers le bas.
- Un système français comparable, appelé " le joint actif ", prévoit une ouverture dans laquelle est introduit un profilé ondulé en plastique rigide. La profondeur du joint correspond à l'épaisseur de la couche retraitée. Par contre, la hauteur du profilé ne correspond qu'à environ deux tiers de cette épaisseur de telle sorte qu'il se trouve au minimum à 5 cm sous la surface. La forme ondulée du profilé permet un transfert de charges entre les deux bords du joint.

Ouverture au trafic de la chaussée

Des véhicules d'un poids inférieur à 3,5 t sont admis 4 heures après enduisage et sablage de la fondation. L'ouverture à tout type de véhicule n'est possible qu'après la pose des couches bitumineuses inférieure et supérieure.



Les remontées de fissures peuvent être maîtrisées sur les routes à faible trafic.

La route peut être rendue à ses utilisateurs...



CONTROLES

Les contrôles prévus au Cahier des charges-type RW99 portent sur:

- les matériaux d'apport et leur correspondance avec ceux analysés lors de l'étude préalable ;
- le matériel de mise en œuvre ;
- la profondeur de retraitement. L'épaisseur moyenne minimale vaut l'épaisseur nominale tandis que l'épaisseur individuelle minimale est égale à 90 % de l'épaisseur nominale.
- le dosage et l'homogénéité de la distribution du matériau d'apport éventuel et du ciment;
- l'homogénéité du mélange en largeur et en profondeur ;
- la teneur en eau du mélange ;
- le compactage. Le module de compression M1 a une valeur minimale de 110 MPa, mesurée endéans les 24 heures après l'exécution des travaux.
- la protection par humidification suivie de l'application d'une émulsion;
- le niveau de surface. Les profils en long et en travers doivent être respectés avec une tolérance locale de 2 cm.
- l'uni de surface. Les irrégularités de surface ne dépassent pas 1,5 cm (contrôlé à la règle de 3 m).
- la résistance à la compression sur carotte de 200 cm² à 90 jours. Selon le RW99, les valeurs de résistance à la compression moyennes doivent être d'au moins 8 MPa et les valeurs individuelles d'au moins 5 MPa. L'expérience montre qu'une valeur moyenne de 8 MPa est facilement réalisable, à condition de respecter les critères mentionnés dans l'étude de faisabilité. Toutefois, le caractère hétérogène du retraitement en place est à l'origine d'une importante dispersion des résultats.



Contrôle de la quantité de ciment répandu.

La résistance à la compression est mesurée sur carotte.



Exemple de route asphaltique à rénover.



Exemple de chaussée après retraitement en place. Les routes principales peuvent aussi bénéficier de cette technique de rénovation.

COMMENT PROCEDER DANS LA PRATIQUE ?

1. Conception par le maître d'ouvrage (Administration, bureau d'études)

Exécution de l'étude de faisabilité:

- 1) recherche des archives relatives à la construction et aux travaux d'entretien de la route;
- 2) examen visuel du revêtement;
- 3) échantillonnage;
- 4) analyse granulométrique;
- 5) essai rapide de stabilisation;
- 6) détermination de la courbe Proctor modifié;
- 7) essai de résistance à la compression en vue de déterminer la teneur en ciment;
- 8) essai de résistance à l'altération par immersion.

Les essais (6), (7) et (8) sont en principe exécutés sur l'initiative de l'entrepreneur en début de chantier et par un laboratoire agréé. Dans ce cas, l'échantillonnage et l'analyse granulométrique devront être réalisés une nouvelle fois.

Sur base des points (1) à (5), il est possible d'évaluer si un retraitement en place par stabilisation est possible, s'il est nécessaire de concasser des éléments de grande dimension (> 80 mm) et si des matériaux d'apport (mélange sable-granulat) doivent être ajoutés afin d'améliorer la granulométrie. Il est par conséquent impératif d'inclure ces spécifications dans le cahier des charges ou la demande de prix.

2. Rédaction des documents d'adjudication ou de demande de prix

Le texte de base peut être trouvé dans le Cahier des charges-type RW99 §4.8, auquel il est fait référence. Les spécifications suivantes doivent être reprises dans le cahier spécial des charges ou la demande de prix :

- si nécessaire, le nettoyage préalable de la surface afin d'éliminer la terre et les matériaux organiques;
- si nécessaire, le concassage préalable du matériau en raison d'un trop grand nombre d'éléments > 80 mm;
- si nécessaire, la scarification préalable d'une partie de la couche d'asphalte, qui doit être inférieure à 1/3 de l'épaisseur totale à retraiter;
- si nécessaire, l'acheminement et l'épandage de matériaux d'apport et la description (nature et granulométrie) de ces matériaux;
- l'épaisseur de la couche à retraiter (20 à 35 cm);
- l'éventuelle réalisation de joints sciés ou préfissuration à un intervalle maximal de 5 m.

Dans le métré récapitulatif, il est recommandé de définir les postes suivants :

- exécution du retraitement (fraisage, mélange, nivellement, compactage, protection, ...) au m² ;
- fourniture du liant à la tonne;
- fourniture du matériau d'apport à la tonne;
- essais de laboratoire.

De cette façon, l'entrepreneur peut calculer un prix exact pour le retraitement.

3. Exécution

L'entrepreneur commande les essais (6) à (8). Pour ce faire, un nouvel échantillonnage est nécessaire.

Lors de l'exécution des travaux, il faut tenir compte des conditions atmosphériques. Une averse peut engendrer une augmentation temporaire de la teneur en eau du matériau présent ainsi que des matériaux d'apport, ce qui empêcherait un compactage de qualité.

Pendant l'exécution des travaux, les vérifications susmentionnées peuvent être réalisées afin de s'assurer du respect des spécifications reprises dans les documents d'adjudications et le cahier des charges-type.

4. Inspection

Il est conseillé d'inspecter annuellement la nouvelle chaussée, afin de détecter d'éventuelles remontées de fissures qui peuvent alors - le cas échéant - être traitées. Les causes des remontées de fissures sont multiples: la pose ou non de joints, la teneur en ciment, la charge due au trafic, l'épaisseur de la couche d'asphalte,...

La technique du retraitement en place des chaussées s'inscrit dans le concept de développement durable. La solution proposée n'est pas uniquement écologique, elle est également financièrement intéressante. Bon nombre d'entrepreneurs belges disposent du matériel et de l'expérience nécessaires pour la réalisation de tels travaux. Son développement dans les années à venir est par conséquent à prévoir. Toutefois, il ne faut pas oublier que chaque chantier est différent. Une étude de faisabilité précise et détaillée est dans tous les cas de figure le point de départ essentiel pour un retraitement réussi.



ce bulletin est publié par:
FEBELCEM - Fédération de
l'Industrie Cimentière Belge
rue Volta 8 - 1050 Bruxelles
tél. 02 / 645 52 11
fax 02 / 640 06 70
<http://www.febelcem.be>
e-mail: info@febelcem.be

auteur:
Ir L. Rens

rédaction finale de la
version française:
Ir P. Gilles

photos:
P. Van Audenhove
(sauf mention contraire)

éditeur responsable:
J.P. Jacobs

dépôt légal:
D/2003/0280/02

BIBLIOGRAPHIE

Cahier des charges-type RW 99
Ministère de la Région wallonne - MET

Standaardbestek 250
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap - LIN

Le retraitement en place des chaussées au moyen de ciment
Code de bonne pratique
Ministère de la Région wallonne
Direction générale des Pouvoirs locaux
Division des Infrastructures routières subsidiées
Gembloux : mars 1995

CHOMIS M. ; JASIENSKI A.
Retreating pavements on site with cement
7th International Symposium on Concrete Roads,
Vienna, 3-5 October 1994

JASIENSKI A. ; RENS L.
In situ recycling using cement: the Belgian experience
1st International Symposium on Subgrade Stabilisation and In Situ
Pavement Recycling Using Cement
Salamanca, 1-4 October 2001

ROSSBERG K.
*In situ pavement recycling using cement and bitumen combined as binder -
Strength parameters and long-term performance*
Idem.

Guide du Retraitement en place à froid des Chaussées au moyen de Ciment
AIPCR C7/8 Chaussées routières - en préparation



© Wirtgen GmbH