

L'entretien structurel des chaussées souples et semi-rigides.

Le retraitement en place à froid aux liants hydrauliques.

Le réseau routier français se compose à 95 % de chaussées souples et semi-rigides. Du fait de l'accroissement constant du trafic routier, notamment du trafic lourd, un nombre important de ces routes sont en mauvais état et doivent être rénovées.

Face aux techniques traditionnelles de rechargement d'une couche de surface ou de réfection totale après décaissement de la structure de la chaussée, la technique du retraitement en place à froid, au moyen de liants hydrauliques, offre une alternative économique, pérenne et écologique pour l'entretien structurel des chaussées dégradées.



Retraitement *in situ* servant à renforcer la RD 32 (Bas-Rhin).

Avec l'impulsion "écologiste" et l'approche actuelle du développement durable, un nouveau contexte apparaît. La prise en compte de l'amélioration du cadre de vie et de la protection de l'environnement, les nouvelles réglementations et taxes concernant la mise en décharge, la raréfaction des ressources naturelles dans certaines régions, leur éloignement des chantiers, la difficulté croissante de leur extraction (respect de l'environnement), le gisement considérable en ressources représenté par le réseau existant d'infrastructures routières, l'augmentation des coûts de transport sont autant de facteurs et d'éléments moteurs qui orientent l'entretien et

la réhabilitation des chaussées vers des techniques alternatives propres, économes en granulats d'apport et en énergie : les techniques de retraitement en place à froid des chaussées au moyen de ciment ou de liant hydraulique routier.

Dans ce contexte, il devient rentable et économique de recycler les matériaux, c'est-à-dire de valoriser les matériaux présents dans la chaussée.

L'objet de cette documentation technique est de présenter une synthèse des connaissances et des règles de l'art, relatives à la technique de retraitement en place à froid des chaussées au moyen de ciment ou de liant hydraulique routier.

GÉNÉRALITÉS

■ Historique

Le retraitement des chaussées en place au ciment est une technique relativement ancienne. Le "Retread Process" a vu le jour aux États-Unis dans les années cinquante. Il a été utilisé en France, à une échelle limitée, après l'hiver rigoureux 1962-1963, pour la remise en état des chaussées dégradées par le gel. Les machines de retraitement dont on disposait, à l'époque, étaient peu fiables et peu performantes pour permettre à ce procédé de se développer. Depuis quelques années, le retraitement en place à froid des chaussées, au moyen de ciment ou de liant hydraulique routier, connaît un nouvel essor : on estime à environ 2 millions de m² les chaussées qui sont retraitées annuellement en France.

Cet intérêt croissant pour la technique est dû à la conjonction de trois phénomènes :

- une meilleure connaissance des performances mécaniques des matériaux traités au ciment ou au liant hydraulique, et du comportement des structures semi-rigides ;
- une amélioration notable des performances et de la fiabilité des matériels de retraitement ;
- l'édition en juillet 2003 du Guide technique SETRA / CFTR (Comité Français pour les Techniques Routières) sur le "Retraitement en place à froid des anciennes chaussées - Livret II - Liants Hydrauliques".

■ Définition

Le retraitement en place à froid des chaussées, au moyen de ciment ou de liant hydraulique routier, est une technique destinée à recréer, à partir d'une chaussée dégradée, une structure homogène et adaptée au trafic à supporter. Elle consiste à incorporer au sein du matériau, obtenu par fractionnement de l'ancienne chaussée, un ciment ou un liant hydraulique routier et éventuellement un correcteur granulométrique et de l'eau, et de les mélanger intimement, *in situ*, jusqu'à l'obtention d'un matériau homogène.



Épandage de liant pulvérulent sur la chaussée fragmentée à retraiter.

On réalise ainsi, après réglage et compactage, une nouvelle assise de chaussée sur laquelle on applique soit une couche de surface, soit d'autres couches de chaussée si la partie retraitée ne peut, à elle seule, supporter les sollicitations du trafic.

■ Avantages de la technique

Le retraitement en place à froid des chaussées au moyen de ciment ou de liant hydraulique routier est une technique qui offre des avantages techniques, économiques, écologiques et environnementaux.

● Avantages techniques

Le retraitement en place au ciment ou au liant hydraulique routier permet de renforcer une ancienne chaussée fatiguée, déformée et inadaptée au trafic qu'elle supporte. Il restitue ainsi une couche traitée homogène, durable et stable, présentant des caractéristiques mécaniques comparables à celles d'une grave-ciment ou d'une grave hydraulique.

En outre, cette technique assure une bonne répartition des charges sur le support de la chaussée, grâce à la rigidité de la nouvelle structure. Elle améliore la tenue à la fatigue, qui permet à la chaussée retraitée de résister à la répétition des charges, donc à un trafic cumulé important. Cette technique assure un bon comportement par temps chaud sans déformation, ni orniérage et un bon comportement vis-à-vis des cycles de gel-dégel, grâce à la rigidité du matériau et à l'effet de dalle induit.

● Avantages économiques

Le retraitement au ciment ou au liant hydraulique routier est une technique de traitement à froid, donc utilisant peu d'énergie.

La réutilisation des matériaux en place est un facteur d'économie important puisqu'il réduit au minimum les déblais issus du décaissement, la mise en décharge, l'apport de granulats et le coût de leur transport. L'absence de transport de granulats ou des déblais en décharge contribue à la préservation du réseau routier, situé au voisinage du chantier.

Enfin, le retraitement au ciment ou au liant hydraulique routier est une technique très économique, notamment du fait de la durée plus courte des travaux : l'économie réalisée par rapport à une solution classique de renforcement avec décaissement est de l'ordre de 30 % environ.

● Avantages écologiques et environnementaux

Le travail à froid réduit sensiblement la pollution et le rejet de vapeurs nocives dans l'atmosphère. En outre, cette technique permet une importante économie d'énergie globale, par la réduction des matériaux à transporter, des matériaux à mettre en décharge (donc une diminution des impacts indirects, des gênes à l'usager et aux riverains) et de la fatigue du réseau routier adjacent au chantier.

La réutilisation des matériaux en place limite l'exploitation des gisements de granulats (carrières, ballastières), ressources naturelles non renouvelables. Ce qui contribue à préserver l'environnement.

LES ÉTUDES PRÉALABLES

Le principe du retraitement en place, expérimenté en France dans les années soixante, avait été abandonné à cause du manque de puissance des malaxeurs et du manque de rigueur dans les études préalables.

Le matériel étant maintenant parfaitement approprié et efficace, la nécessité d'effectuer des études précises demeure. Il est, en effet, nécessaire de procéder à des études préalables dans le but de :

- vérifier la faisabilité du retraitement ;
- définir le mode de retraitement ;
- déterminer les caractéristiques mécaniques du matériau retraité ;
- établir éventuellement une étude de formulation en laboratoire.

■ La faisabilité du retraitement

Le retraitement en place au ciment ou au liant hydraulique routier considère l'ancienne chaussée comme un gisement de matériaux granulaires. Encore faut-il avoir parfaitement identifié ces matériaux (épaisseur du gisement et caractéristiques des granulats) pour pouvoir apprécier la faisabilité et les conditions d'utilisation du retraitement.

Il est vrai qu'une gamme étendue de matériaux d'anciennes chaussées est retraitable. Mais des matériaux de granularité discontinue (macadam) constituent une difficulté et leur retraitement au ciment ou au liant hydraulique routier nécessite au préalable l'apport d'un correcteur granulométrique (sable ou grave). D'autre part, des matériaux trop pollués par de l'argile ne peuvent être retraités tels quels au ciment ou au liant hydraulique routier : un préretraitement à la chaux s'avère, dans ce cas, indispensable.

Des matériaux de forte dimension (D supérieure à 80 ou 100 mm), tels que blocages ou hérissons, nécessitent donc l'utilisation d'un matériel spécifique de retraitement ou de fragmentation. Enfin, la présence au sein du matériau de certains produits, tels que matières organiques, sulfures (pyrites), sulfates (gypse) ou chlorures (sel gemme), est de nature à perturber ou empêcher la prise du ciment.

La faisabilité du retraitement peut être précisée rapidement en s'appuyant, s'il y a lieu, sur l'expérience locale (connaissance de la structure et des caractéristiques du matériau de la chaussée). Sinon, une démarche d'identification de la chaussée à retraiter s'impose. Elle comporte trois étapes : la reconnaissance de la chaussée, le prélèvement d'échantillons représentatifs et la caractérisation des matériaux prélevés.

● La reconnaissance de la chaussée

Il s'agit de rassembler tous les éléments permettant d'identifier l'état structurel de la chaussée ainsi que la nature et les épaisseurs des couches qui la constituent. Les moyens utilisés sont :

- l'historique de la route ;
- le relevé visuel des dégradations ;
- le cas échéant, une campagne d'auscultation de la route (déflexion, uni transversal et longitudinal, carottages...).



Après épandage du ciment ou du liant hydraulique routier, le malaxage permet d'obtenir une structure homogène.

Cette première étape permet de définir des zones homogènes dans le comportement, l'état et le besoin de la chaussée.

● Le prélèvement d'échantillons représentatifs

Cette étape consiste à effectuer des prélèvements de matériaux en des endroits bien précis de la chaussée, identifiés dans la première étape. Elle nécessite la réalisation de sondages ou de véritables tranchées transversales permettant, en outre, de définir la nature des matériaux en place et la géométrie précise de la structure. Le nombre de prélèvements est à moduler en fonction de la nature et de l'importance du projet. Pour une route à faible trafic en rase campagne, deux ou trois prélèvements sont effectués au kilomètre.

● La caractérisation des matériaux prélevés

La troisième étape permet d'aboutir à l'établissement de coupes transversales cotées de la chaussée. Les prélèvements effectués sont alors analysés en laboratoire de manière à identifier :

- la nature et l'état hydrique du support de la chaussée ;
- la nature et l'état hydrique des matériaux composant les différentes couches de la chaussée ;
- la propreté par l'essai de Valeur au Bleu de Méthylène (VBS) selon la norme NF P 94-068 ;
- la présence éventuelle de produits susceptibles de perturber ou d'empêcher la prise du ciment ou du liant hydraulique routier (test suivant la norme NF P 94-100).

Identification de la nature des matériaux

On réalise les essais suivants :

- **la granularité** : définie dans les normes NF P 98-129 (pour $D \geq 31,5$ mm) et NF P 98-116 (pour $D \leq 20$ mm).

La courbe granulométrique obtenue permet de juger de la nécessité ou non d'un correcteur granulométrique.

La connaissance du D_{max} (dimension du plus gros élément) détermine le choix des engins de malaxage.

- **l'argilosité** : elle caractérise à la fois la quantité et l'activité de la fraction argileuse contenue dans le matériau. On peut la mesurer à l'aide de l'un ou l'autre des paramètres suivants :
 - indice de plasticité I_p , défini par la norme NF P 94-051 ;
 - la Valeur au Bleu de Méthylène (VBS), définie par la norme NF P 94-068.

La connaissance de l'argilosité du matériau permet de déterminer la méthode de retraitement à adopter (retraite-

ment au liant choisi si $l_p \leq 12$ ou $VBS \leq 2,5$; retraitement mixte chaux-liant si $l_p > 12$ ou $VBS > 2,5$) et d'évaluer, s'il y a lieu, le dosage en chaux nécessaire pour annihiler les argiles contenues dans le matériau.

Identification de l'état hydrique des matériaux

On réalise les essais suivants :

- la teneur en eau naturelle du matériau What, définie par la norme NF P 94-049 ;
- l'essai Proctor, défini par la norme NF P 98-231-1. Il permet de déterminer la teneur en eau à l'optimum Proctor du matériau considéré WOPM.

La connaissance du rapport What/ WOPM, entre la teneur en eau naturelle et la teneur en eau à l'Optimum Proctor, permet de définir l'état hydrique du matériau considéré. Cette caractéristique est déterminante car elle conditionne, à la fois, le choix du type de chaux à utiliser dans le cas d'un retraitement mixte (vive, éteinte ou lait de chaux) et le dosage éventuel en eau qui assure le bon déroulement des réactions de prise et de durcissement du matériau retraité et l'obtention du niveau de compactage requis pour ce type de matériau.

Identification d'éventuels produits inhibiteurs de prise

En plus des paramètres de nature et d'état du matériau, l'étude doit indiquer la présence éventuelle d'éléments susceptibles de perturber l'action du ciment ou du liant hydraulique routier. On réalise un test d'aptitude à la prise.

Au terme de cette étude, on est en mesure de préciser si la technique du retraitement est envisageable ou non. Dans l'affirmative, on dispose de suffisamment d'éléments permettant d'aboutir à une définition du retraitement au ciment.

■ Définition du mode de retraitement

Il doit être effectué sur la base des résultats obtenus dans la phase "faisabilité du retraitement", en précisant en particulier :

- l'épaisseur de l'ancienne chaussée pouvant être retraitée ;
- la nécessité ou non d'une correction granulaire par concassage, par écrêtage, par apport de matériaux, par les trois solutions ;
- les choix et dosage du correcteur granulaire éventuel ;
- le choix du mode de retraitement : au ciment ou au liant hydraulique routier ; mixte chaux-ciment ou chaux-liant hydraulique routier ;
- la nature de la chaux : vive, éteinte, lait de chaux ;
- le dosage des liants : chaux : de 0,5 à 2 % ; ciment ou liant hydraulique routier : de 4 à 6 % ;
- le dosage en eau ;
- le choix des matériels de retraitement en place (pour toutes les opérations) et en particulier pour le malaxage en fonction de D_{max} (voir à ce sujet le tableau 3 : choix des matériels).

■ Caractéristiques mécaniques du matériau retraité

La connaissance des caractéristiques mécaniques du matériau retraité au ciment ou au liant hydraulique routier est indispensable pour déterminer le dimensionnement de la nouvelle

structure, c'est-à-dire l'épaisseur de la couche à retraiter, et pour comparer celle-ci à l'épaisseur envisageable de retraitement définie dans la phase "définition du mode de retraitement".

Il est donc nécessaire d'apprécier, au préalable, les caractéristiques mécaniques du matériau traité au ciment ou au liant hydraulique routier. C'est toute la difficulté de la technique de retraitement.

En effet, les matériaux de l'ancienne chaussée sont fréquemment hétérogènes, et il n'est pas envisageable de faire varier, sur le chantier, la composition des mélanges pour accompagner les variations granulométriques des granulats en place. Il faut donc choisir une composition moyenne et l'étude devra déterminer la variabilité des caractéristiques mécaniques résultant de la variabilité des granulats par rapport à la composition moyenne. Si l'hétérogénéité des matériaux est trop grande, il est illusoire de vouloir déterminer en laboratoire les caractéristiques mécaniques du matériau retraité, compte tenu de la représentativité médiocre des prélèvements.

Ainsi, pour surmonter cette difficulté, on distingue deux cas de figure :

- si la structure à retraiter est très homogène : une étude de formulation en laboratoire permet d'estimer les caractéristiques du matériau après retraitement, sans tenir compte toutefois des dispersions dues aux opérations de chantier.
- si la structure à retraiter est hétérogène, on distingue deux cas :
 - soit le chantier est d'importance telle qu'il justifie une étude de formulation en laboratoire. Les matériaux utilisés sont alors prélevés sur une planche d'essais derrière la machine de traitement utilisée pour homogénéiser la structure ;
 - soit l'importance du chantier ne justifie pas une étude de laboratoire. C'est le cas le plus fréquent dans le domaine des routes à faible trafic. Les caractéristiques mécaniques du matériau traité au ciment ou au liant hydraulique routier seront estimées à partir de l'expérience locale et des résultats obtenus sur des chantiers de retraitement antérieurs.

■ Étude de formulation

Elle a pour objectif de déterminer le dosage en ciment, ou en liant hydraulique routier, à incorporer au matériau (existant en place ou, le cas échéant, corrigé par l'apport d'un correcteur granulométrique) pour que le matériau traité atteigne les performances mécaniques requises pour le dimensionnement. Celles-ci sont appréciées par la résistance à la traction directe (R_t) et par le module de déformation du matériau traité (E_t), paramètres indispensables au dimensionnement des chaussées.

La méthodologie de l'étude, définie par la norme NF P 98-114, consiste à étudier la variation des paramètres R_t et E_t , mesurés à l'âge de 90 jours, en fonction des dosages en ciment ou en liant hydraulique routier, des plages de variation des teneurs en eau et des compacités prévisibles sur le chantier, et de l'éventualité d'apparition de gel ou d'immersion.

Le couple (R_t , E_t) choisi permet de définir la classe de résistance du matériau traité selon la classification définie dans le Manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic (SETRA/LCPC, 1981).

LE DIMENSIONNEMENT DE LA NOUVELLE STRUCTURE

Le Guide technique SETRA/CFTR sur le "Retraitement en place à froid des anciennes chaussées" décrit, dans le Livret II - Liants Hydrauliques, le dimensionnement pour une chaussée retraitée au ciment ou au liant hydraulique routier. La technique de retraitement en place au ciment, ou au liant hydraulique routier, ne figurant pas dans le Manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic (SETRA/LCPC, 1981), le dimensionnement d'une chaussée à retraiter peut être conduit selon la démarche définie dans le manuel, avec toutefois des spécificités dues aux caractéristiques particulières des travaux de retraitement.

Il se fait en quatre étapes : par le calcul du trafic cumulé, l'évaluation de la portance de la plate-forme, la définition de la classe de résistance du matériau traité au ciment, le dimensionnement proprement dit et le contrôle du dimensionnement.

■ Calcul du trafic cumulé

La méthode de calcul du trafic cumulé est donnée dans le Manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic. Il n'y a aucune raison pour la modifier ici. Elle s'applique telle quelle.

■ Évaluation de la portance de la plate-forme

Pour les chaussées neuves, le manuel définit cinq niveaux de portance, désignés, dans l'ordre croissant, par P0, P1, P2, P3 et P4. Pour le retraitement en place, par "portance de la plate-forme", il faut entendre la portance du sol au niveau conservé de l'ancienne chaussée, défini par l'épaisseur envisageable de retraitement. On peut admettre sans risque - par suite de la protection du sol support assurée par l'ancienne chaussée et de sa consolidation acquise au cours du temps sous l'effet du trafic - que la plate-forme support envisagée possède un niveau de portance élevé. Ainsi, pour le retraitement en place, on définit seulement trois niveaux de portance possibles : P3, P4 et PEX qui se caractérisent comme suit :

P3 : $10 < \text{CBR} < 20$ ou $50 < E < 120$ MPa ;

P4 : $20 < \text{CBR} < 50$ ou $120 < E < 250$ MPa ;

PEX : $\text{CBR} > 50$ ou $E > 250$ MPa.

Le géotechnicien, qui effectue les études préalables, doit pouvoir apprécier la portance de la plate-forme envisagée en se fondant sur les critères de l'échelle de portance définie ci-dessus : P3, P4 et PEX.

■ Définition de la classe de résistance

Le Manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic classe les matériaux traités aux liants hydrauliques en classes de résistance en fonction de leur résistance à la traction directe R_t et de leur module de déformation E_t , mesurés à l'âge de 90 jours. La figure 1, extraite du Manuel, fournit les différentes classes de matériaux.

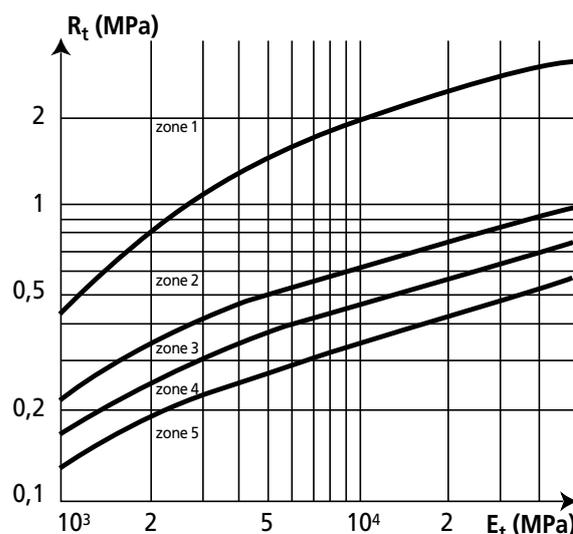


Figure 1 : classes de résistance. E et R sont mesurés à 90 jours (extrait du Manuel de conception SETRA / LCPC).

Tableau 1 : classe de résistance selon la zone du graphique

Classe	GH, SH, CV (en centrale)	LTCC	Matériaux retraités en place
1	Zone 1		
2	Zone 2		Zone 1
3	Zone 3	Zone 1	Zone 2
4	Zone 4	Zone 2	Zone 3
5	Zone 5	Zones 3, 4, 5	Zones 4, 5

Pour déterminer la classe d'un matériau, il suffit de reporter sur l'abaque de la figure 1 les valeurs de R_t et de E_t , mesurées à l'âge de 90 jours. Suivant la zone dans laquelle se situe le point représentatif du couple (R_t , E_t), on lit la classe du matériau dans le tableau de la figure 1. Pour le retraitement des chaussées en place au ciment, on peut adopter une démarche similaire et se référer à l'abaque de la figure 1. Mais, pour tenir compte des incertitudes sur la qualité des matériaux liées à un retraitement en place, on adopte un déclassement (d'une classe) de ces matériaux par rapport aux matériaux élaborés en centrale et ayant les mêmes caractéristiques mécaniques (R_t , E_t) : voir le tableau 2 ci-après.

La connaissance des caractéristiques mécaniques des matériaux retraités au ciment permet ainsi de définir quatre classes possibles de matériaux de catégorie 2, 3, 4 ou 5.

Tableau 2 : choix de la couche de surface

(selon le Guide Technique Retraitement en place à froid des anciennes chaussées - Livret II - Liants Hydrauliques, SETRA / CFTR, 2003)

Classe de trafic à la mise en service	Couche de roulement
T6	Enduit superficiel
T5	Enduit superficiel
T4	4 cm de Béton Bitumineux (BB)
T3 et T2	6 cm de Béton Bitumineux (BB)
T1	8 cm de Béton Bitumineux (en 2 couches)

Le dimensionnement

Le dimensionnement de la nouvelle structure se fait en deux étapes : le choix de la couche de surface et le dimensionnement de l'assise.

Choix de la couche de surface

Le Manuel de conception SETRA/LCPC définit la couche de surface minimale requise pour les matériaux traités aux liants hydrauliques. L'épaisseur de cette couche est fonction de la classe de trafic à la mise en service. Le choix de l'épaisseur est donné dans le tableau 2 ci-après.

Dimensionnement de l'assise

Le Manuel de conception SETRA/LCPC permet le dimensionnement de l'assise à partir d'abaques établis pour les graves traitées aux liants hydrauliques. Le dimensionnement est effectué :

- en lisant sur l'abaque (figure 2) ci-après, pour une portance de la plate-forme P3, l'épaisseur de l'assise "h" qui dépend du trafic cumulé "N" ou de la classe de trafic (T6, T5, T3 ou T3⁻), de la classe du matériau retraits (classes 2, 3, 4 ou 5) et de la nature de la couche de surface choisie :

ES : enduit superficiel,

4BB : 4 cm de béton bitumineux,

6BB : 6 cm de béton bitumineux ;

- en lui rajoutant un terme correcteur " Δh " (cm) qui est fonction de la portance de la plate-forme.

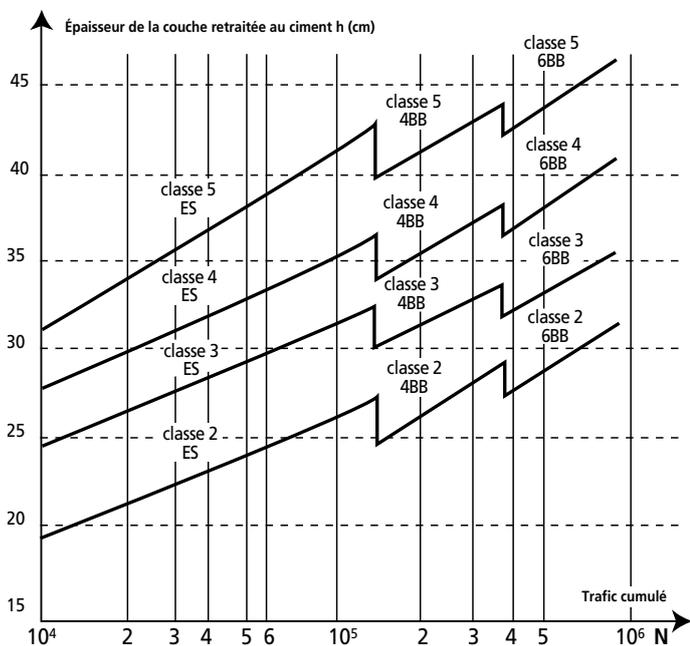


Figure 2 : détermination de l'épaisseur de la couche retraitsée au ciment. Classes de résistance 2, 3, 4, 5.

Contrôle du dimensionnement

Les études ont permis de définir, en fonction de la structure de l'ancienne chaussée, une épaisseur envisageable de retraitsement. Le contrôle du dimensionnement consiste à vérifier que cette épaisseur envisageable est au moins égale à l'épais-

seur d'assise obtenue par la méthode de dimensionnement exposée ci-dessus et qui est définie dans le Manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic. Dans le cas contraire, c'est-à-dire si l'épaisseur envisageable est inférieure à l'épaisseur d'assise obtenue par la méthode de dimensionnement, on doit reconsidérer le mode de retraitsement et envisager :

- soit l'apport de matériaux, nécessaire pour obtenir l'épaisseur d'assise définie par le dimensionnement ;
- soit l'augmentation du dosage du ciment ou du liant hydraulique routier ;
- soit l'augmentation de l'épaisseur de la couche de surface en béton bitumineux.

EXÉCUTION DES TRAVAUX

Retraitsement type

En règle générale, l'exécution des travaux de retraitsement des chaussées en place au ciment ou au liant hydraulique routier suit le processus suivant :

- défonçage de l'ancienne chaussée ;
- remise au profil ;
- correction granulaire éventuelle par apport de matériaux nouveaux ou par concassage ou par écrêtage ou par les trois solutions à la fois ;
- épandage du ciment ou du liant hydraulique routier ;
- humidification éventuelle ;
- malaxage ;
- réglage et compactage ;
- réalisation de la protection ou de la couche de surface.

Suivant la technique de retraitsement et les matériels employés, ces différentes opérations se regroupent ou s'interpénètrent.

Ce retraitsement-type correspond au cas le plus fréquent du retraitsement en place. Il est parfois indispensable de procéder à un préretraitsement à la chaux quand l'indice de plasticité Ip des matériaux en place est supérieur à 12, ou quand la valeur de bleu de méthylène est supérieure à 2,5.

En cas d'élargissement-retraitsement, une assise en rive d'épaisseur adéquate doit être construite avant les travaux de retraitsement, de préférence avec un matériau semblable à celui qui constitue la chaussée existante.



La technique du retraitsement en place peut aussi être utilisée pour créer un élargissement de la chaussée à retraitsement.

■ Matériels d'exécution

Le retraitement en place est une technique qui fait appel à une grande variété de matériels. En effet, à chaque opération définie dans le retraitement-type correspondent un ou plusieurs types de matériels. La plupart font traditionnellement partie du matériel de travaux publics.

Pour le matériel de retraitement proprement dit, il existe trois types de matériels qui se distinguent par des performances différentes en matière de profondeur d'action, d'homogénéité de traitement et de rendement. Il est, par conséquent, essentiel de bien choisir le matériel adapté au chantier à réaliser, la qualité du résultat obtenu en dépendant de façon considérable. On peut citer, à cet égard :

- le matériel d'origine agricole, tel que les rotobêches, pour le retraitement en place de routes à très faible trafic ;



Atelier de reconditionnement de chaussée : ARC dosage et ARC 700 en action.

- le matériel spécifique pour le malaxage en place, tel que les pulvimixeurs, pour tous trafics, quelle que soit la nature du matériau de l'ancienne chaussée (y compris les matériaux traités) ;
- le matériel de reconditionnement des chaussées, spécifique, de conception récente et intégrant, en un seul bloc, toutes les opérations de retraitement des anciennes chaussées qui sont effectuées en continu, sans intervention manuelle, depuis le défonçage jusqu'à l'épandage du produit de protection.

Le tableau 3 ci-après présente les différents matériels utilisés pour les différentes opérations de retraitement en place. Il est à noter que le Guide technique SETRA/ CFTR sur le "Retraitement en place à froid des anciennes chaussées" définit, dans le Livret II - Liants Hydrauliques, des niveaux de qualité de retraitement (R1 et R2), en fonction des performances mécaniques des matériels utilisés. Le niveau de qualité de retraitement peut être choisi en tenant compte de la fonction de la nouvelle assise dans la chaussée et du trafic à supporter par la chaussée.

■ Conditions de mise en œuvre

Dans le cas d'un retraitement mixte chaux-liant, il est illusoire d'espérer gagner du temps et de la production en supprimant le pré-traitement à la chaux. Chaque liant a un rôle bien spécifique :

- la chaux floccule les argiles et assèche les matériaux humides ;
- le ciment ou le liant hydraulique routier apporte ensuite une rigidification rapide.

Le matériau retraité à la chaux subit un compactage et un réglage simple à la cote définitive plus une légère surépaisseur (10 % de l'épaisseur de la couche au maximum) pour juger de la bonne répartition du matériau.

Le retraitement au ciment ou au liant hydraulique routier se fait alors en prenant soin de vérifier au préalable que les

Tableau 3 : choix des matériels

Opérations	But/moyen	Matériel classique
Défonçage	Décohésionne l'ancienne chaussée	<ul style="list-style-type: none"> • Chargeur avec défonneur • Buteur avec défonneur
Remise au profil	Répartition uniforme des matériaux	Niveleuse
Correction granulaire	Apport de matériaux	Répandeur Finisseur Niveleuse
	Concassage	<ul style="list-style-type: none"> • Raboteuse • Concasseur en place ou mobile
	Écrêtage	<ul style="list-style-type: none"> • À la main • Matériel agricole
Épandage liant	Chaux : annihiler argiles Ciment ou liant hydraulique routier : résistance à long terme	<ul style="list-style-type: none"> • Manuel (au sac) • Épandeur à liants hydrauliques
Humidification	Obtention de la teneur en eau optimale Proctor	<ul style="list-style-type: none"> • Rampe à eau avant le traitement • Pulvérisation d'eau dans le malaxeur
Malaxage	Homogénéise le matériau	<ul style="list-style-type: none"> • Rotobêche • Pulvimixeurs à arbre horizontal • Ateliers de reconditionnement
Réglage	Obtention cote définitive	Niveleuse
Compactage	Obtention de la densité	Liste d'aptitude DRCR
Couche de protection ou couche de surface	Protection des assises traitées	Matériels courants

teneurs en eau sont correctes. Le délai entre retraitement à la chaux et retraitement au ciment ou au liant hydraulique routier dépend de l'organisation du chantier. Les deux retraitements sont souvent enchaînés dans la même journée.

● Épandage

Pour réduire et maîtriser la dispersion du ciment ou du liant hydraulique routier, il est préférable de retenir, dans le cas de chantiers importants, un épandeur à dosage pondéral, asservi à la vitesse d'avancement. Le contrôle de la régularité de l'épandage et de la quantité des liants est réalisé par la méthode dite "à la bêche".

● Malaxage

Pour assurer une bonne homogénéité du matériau et une profondeur homogène du malaxage, il est judicieux de retenir un malaxeur à rotor horizontal ou un atelier compact de reconditionnement. D'autre part, le malaxage foisonnant énormément les matériaux, il faut veiller, lorsqu'on retraits par bandes jointives, à mordre suffisamment (20 cm) dans la partie déjà foisonnée, pour ne pas laisser de matériau non malaxé en bordures de bandes.



Malaxage à l'aide d'un pulvimixeur.

● Compactage

L'atelier de compactage ainsi que le nombre de passes nécessaires seront définis sur une planche d'essais de compactage. Le compactage doit suivre sans tarder la fin du malaxage pour ne pas laisser un matériau foisonné exposé aux intempéries et parce que le délai de maniabilité diffère suivant qu'on utilise un ciment ou un liant hydraulique routier.

● Réglage

Le réglage définitif doit se faire par rabotage sur toute la largeur à régler et en aucun cas par comblement des points bas par les matériaux provenant de l'écrêtage des bosses.



Le passage des compacteurs termine la mise en œuvre des matériaux recyclés en place.

Cette opération doit suivre immédiatement le compactage sous peine d'être très vite difficile à réaliser à cause de la rigidification rapide du matériau retraité.

Elle se fait le plus souvent à la niveleuse. Les matériaux provenant du rabotage doivent être évacués.

L'épaisseur à raboter doit être prise en compte au stade du retraitement, en prévoyant une surépaisseur suffisante du matériau traité (3 cm).

● Protection du matériau

Elle est destinée à protéger la couche retraitée des intempéries, de l'évaporation de l'eau et du trafic. Elle doit être réalisée dans les plus brefs délais après la fin du réglage.

CONCLUSION

Le retraitement en place à froid des chaussées au moyen de ciment ou de liant hydraulique routier est une technique parfaitement au point. Elle présente beaucoup d'avantages et en particulier :

- le traitement à froid (économie d'énergie) ;
- le travail *in situ* (économie de transport de matériaux) ;
- la valorisation de matériaux qui auraient été mis à la décharge ;
- la préservation de l'environnement, car elle limite l'exploitation des gisements de granulats (carrières et ballastières) ;
- une économie sur le coût global des projets de l'ordre de 20 à 40 %.

Cette technique qui cumule les avantages techniques, économiques et écologiques rencontre un réel engouement auprès des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'œuvre. De plus, l'innovation des constructeurs de matériels de Travaux Publics et leurs nouveaux matériels encore plus puissants et performants, vont permettre à la technique du retraitement en place à froid des chaussées au moyen de ciment ou de liant hydraulique routier, de se développer davantage. ●

CIM Béton

CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS



7, Place de la Défense 92974 Paris-la-Défense cedex - Tél. : 01 55 23 01 00 - Fax : 01 55 23 01 10

Email : centrinfo@cimbeton.net - Site Internet : www.infociments.fr