

Guide technique

# Retraitement des chaussées et recyclage des matériaux bitumineux de chaussées



pages laissée intentionnellement blanche

Guide technique

# Retraitement des chaussées et recyclage des matériaux bitumineux de chaussées

Edité par le Sétra, r elis e par le Comité français pour les techniques routières (CFTR)

Le CFTR est une structure fédérative qui réunit les différentes composantes de la communauté routière française afin d'élaborer une doctrine technique partagée par tous et servant de référence aux professionnels routi ers dans les domaines des chaussées, des terrassements et de l'assainissement routi er.

Membres du CFTR : Assemblée des Départements de France – Association Française des Producteurs de Géotextiles et Produits Apparent es – Association des Soci etes Françaises d'Autoroutes – Association Technique de l'Industrie des Lians Hydrauliques – Centre Technique et de Promotion des Laitiers Sidérurgiques – Chambre Syndicale Nationale des Fabricants de Chaux Grasses et Magn esiennes – Comité Infrastructure de Syntec Ingénierie – Direction des Routes – Direction de la Sécurité et de la Circulation Routières – Groupement Professionnel des Bitumes – LCPC – Sétra – Service Technique des Bases Aériennes – Syndicat des Matériels des Travaux Publics et de la Sidérurgie – Syndicat Professionnel des Entrepreneurs de Chaussées en Béton et Equipements Annexes – Syndicat des Terrassiers – Union Nationale des Producteurs de Granulats – Union des Syndicats de l'Industrie Routière Française.

Association régie par la loi du 1<sup>er</sup> juillet 1901 depuis juin 1998, le CFTR est dot e d'un secrétariat permanent assur e par le Sétra. Son si ege est localis e au :  
46 avenue Aristide Briand - BP 100 - 92225 Bagneux Cedex - France  
téléphone : 33 (0)1 46 11 31 53 - télécopie : 33 (0)1 46 11 36 96  
mél : [cftr@i-carre.net](mailto:cftr@i-carre.net)  
intranet : <http://intra.setra.i2/clubs/cftr.shtml>  
internet : [www.cftr.asso.fr](http://www.cftr.asso.fr)

collection les outils



# Sommaire

**Préambule**

**5**

**Retraitement en place à froid des anciennes chaussées**

**7**

**Retraitement en centrale à froid**

**13**

**Recyclage en place à chaud**

**17**

**Recyclage en centrale à chaud**

**23**

**Terminologie**

**31**





Ce guide technique a été rédigé, dans le cadre des activités du comité sectoriel « méthodologie » du Comité français pour les techniques routières (CFTR), par un groupe de travail constitué de représentants du réseau scientifique et technique du ministère de l'Équipement, des Transports, de l'Aménagement du territoire, du Tourisme et de la Mer, des directions techniques des entreprises et des producteurs dans le domaine routier.

Son contenu a fait l'objet d'une enquête de validation auprès des différents adhérents du CFTR.

# Préambule

Tous les grands constructeurs routiers ont privilégié la mise en œuvre de matériaux dits « nobles », c'est-à-dire élaborés, contrôlés, mis en œuvre pour en obtenir un meilleur usage.

Sous l'action du trafic toujours plus contraignant et des agressions climatiques, les chaussées vieillissent, ce qui conduit au terme de leur durée de vie, à des couches ne présentant plus les caractéristiques compatibles avec les fonctions demandées.

Pour l'entretien et la remise en état des chaussées, la tendance a essentiellement été de réutiliser les matériaux existants dans une fonction moindre.

C'était l'option prise par la direction des Routes dans le cadre de la politique des renforcements coordonnés, en considérant la chaussée au terme de sa vie comme la fondation d'une nouvelle structure nécessitant l'apport de matériaux « nouveaux » en couches de base et roulement.

Les contraintes environnementales pour une économie des ressources non renouvelables et l'obligation de recycler (loi du 13 Juillet 1992), imposent la valorisation du gisement de matériaux existant dans les chaussées et de limiter l'apport de matériaux dits « nouveaux » dans l'entretien de ces chaussées.

Au terme de leur durée de vie, les matériaux existant dans les chaussées, doivent être réutilisés avec un apport minimum de matériaux « neufs » :

Le présent document a pour objectif de recenser les différentes pratiques existantes en matière de réutilisation des matériaux de chaussées issus de couches de surface et de couches d'assises, en fonction de leur futur domaine d'emploi. Il constitue donc une réponse à la nécessité de construire et entretenir les chaussées avec le souci d'une économie durable dans le respect des contraintes environnementales de plus en plus pressantes.

Quatre techniques seront examinées :

- retraitement en place à froid ;
- retraitement en centrale à froid ;
- recyclage en place à chaud ;
- recyclage en centrale à chaud.

Les deux premières concernent les matériaux d'assises (matériaux traités ou non avec un liant hydraulique) et les matériaux des couches de surface.

Les deux dernières concernent les matériaux bitumineux de couches de surface ou de couches de base.

Chacune des techniques est présentée avec ses intérêts, son domaine et ses limites d'emploi.

Des points communs peuvent être soulignés :

- *ces techniques ne sont pas nouvelles* ; elles sont connues et parfaitement maîtrisées ou maîtrisables. Pour certaines, elles ont fait l'objet de guides techniques ou de normes et sont largement développées dans les pays européens voisins ;
- *ces techniques impliquent la même démarche* :
  - identification du matériau devant être réutilisé ;
  - définition du ou des domaines d'emploi à partir de résultats expérimentaux.

Les études seront d'autant plus lourdes que la valorisation envisagée sera importante en terme de qualité du produit à obtenir et du taux de réutilisation.

- *ces techniques sont porteuses d'un développement compte tenu* :
  - des contraintes environnementales ;
  - de l'obligation par la loi de recycler ;
  - des progrès techniques dans les matériels permettant aujourd'hui une efficacité et une qualité de produit indiscutable ;
  - la masse de produits recyclables pour la route peut être estimée à 20 millions de tonnes par an, ce qui représente 10 % de la consommation de granulats utilisés pour la route.



Ce chapitre a été rédigé, sous la coordination de  
JC. Valeux (LR Rouen) par :

J. Abdo (CIMBÉTON) - D. Bourdrel (APPIA) - M. Lefort  
(LROP) - Y. Vincent (EUROVIA).



# Retraitement en place à froid des anciennes chaussées

<b>Introduction</b>	<b>8</b>
<b>Définition</b>	<b>8</b>
<b>Domaine d'emploi</b>	<b>8</b>
<b>Limites d'emploi</b>	<b>8</b>
<b>Classification des retraitements</b>	<b>9</b>
<b>Structures de chaussées</b>	<b>10</b>
<b>Études</b>	<b>10</b>
<b>Niveaux de qualité de retraitement et matériels</b>	<b>11</b>
Matériel d'épandage et de retraitement	11
Matériel de compactage	11
<b>Contrôles</b>	<b>11</b>



## Introduction

Ce chapitre a pour objet de présenter une synthèse des techniques du retraitement en place à froid des anciennes chaussées soit avec un liant bitumineux, soit avec un liant hydraulique, soit avec un liant composé (mélange d'émulsion de bitume ou de mousse de bitume et de liant hydraulique).

Le guide technique « Retraitement en place à froid des anciennes chaussées » qui se compose d'un livret commun et d'un livret technique approprié pour chacun des trois liants donne plus de précisions et d'informations.

## Définition

Le retraitement en place à froid des anciennes chaussées est une technique d'entretien et de réhabilitation des structures routières réalisée entièrement in situ à partir du gisement de matériaux que constitue l'ancienne chaussée. La méthode consiste, après avoir fragmenté l'ancienne chaussée et apporté éventuellement des granulats correcteurs et de l'eau, à traiter les matériaux à froid par un liant dans une machine mobile travaillant à l'avancement.

## Domaine d'emploi

Il s'agit d'une technique permettant, à partir des matériaux existant dans la chaussée, de reconstituer une nouvelle couche d'assise ou de liaison.

## Limites d'emploi

La technique trouve ses limites dans la dimension maximale des matériaux du gisement. On considère que le D doit être inférieur à 80 mm pour les graves non traitées, ce qui exclut les chaussées en béton de ciment ou les chaussées pavées (à moins d'une élimination ou d'un concassage préalable).



## Classification des retraitements

En fonction de l'épaisseur retraitée de l'ancienne chaussée on obtient soit :

- un renforcement structurel (par exemple renforcement des caractéristiques mécaniques intrinsèques de l'ancienne chaussée qui ne sont plus adaptées à l'évolution du trafic) ;
- une amélioration des caractéristiques des couches de surface (par exemple suppression des remontées de fissures – recollage des couches de surface - amélioration des caractéristiques d'adhérence et d'uni ...).

Dans ces conditions :

- le retraitement par un liant hydraulique permet de restructurer l'assise d'une chaussée sur 20 à 30 cm de profondeur ;
- le retraitement à l'émulsion de bitume peut être structurel lorsqu'il est réalisé sur une épaisseur de 10 à 15 cm ou dans l'objectif d'améliorer les caractéristiques des couches de surface lorsqu'il est réalisé entre 5 et 12 cm ;

- le retraitement par un liant composé permet d'obtenir une rigidité intermédiaire entre les deux techniques précédentes. La gamme d'épaisseur couvre les deux techniques.

Suivant l'objectif recherché, la nature du retraitement et l'épaisseur à retraiter, on distingue les 5 classes du tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : classification des retraitements

Classe de retraitement	Objectif	Matériau à retraiter	Epaisseur	Dosage du Liant
CLASSE I	Liant bitumineux			
	Renforcement structurel	Ancienne assise + enduits	10 à 15 cm	3 à 5 % (liant résiduel)
	Réhabilitation des couches de surface	≥ 3/4 noir	5 à 12 cm	1 à 3 % (liant résiduel)
100 % noir		5 à 12 cm	jusqu'à 2 % (liant résiduel)	
CLASSE IV	Liant hydraulique			
	Renforcement structurel	Tout ou partie ancienne chaussée	20 à 30 cm	3 à 6 %
CLASSE V	Liant composé <sup>1</sup>			
	Renforcement structurel ou réhabilitation couches de surface	Ancienne assise ou couches de surface	10 à 30 cm	3 à 7 %

<sup>1</sup> Liant composé : mélange de bitume sous forme d'émulsion ou mousse de bitume et de liant hydraulique

## Structures de chaussées

Les retraitements de classe I, IV ou V sont prévus pour résoudre un problème structurel de l'ancienne chaussée. Un schéma classique de réalisation (figure 1) consiste à retraiter les matériaux sur tout ou partie de l'ancienne chaussée avec apport éventuel de granulats et à recouvrir la nouvelle structure d'une nouvelle couche de surface.

En général, pour résoudre un problème de couche de surface on choisira un retraitement de classe II, III ou V. Un schéma classique consiste à retraiter en place tout ou une partie des couches de surface de l'ancienne chaussée (figure 2) avec apport éventuel de granulats et à recouvrir d'une nouvelle couche de roulement la structure retraitée.

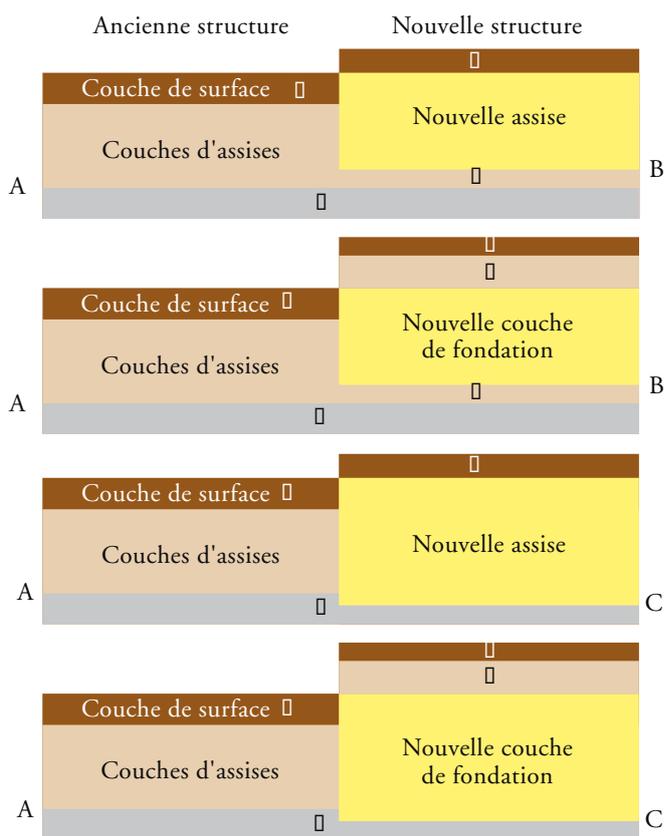


Figure 1 : exemple d'un retraitement classique pour résoudre un défaut structurel

## Études

Les études préalables de la chaussée permettent de déterminer la faisabilité technique et économique de la solution retraitement.

L'objectif de ces études est d'évaluer les caractéristiques des matériaux à retraiter afin de proposer un type de retraitement et un dimensionnement adaptés au cas de chantier.

Le guide de retraitement distingue 2 niveaux d'étude différents suivant le trafic :

- trafic  $\leq T3$  : cas de travaux définis sans étude de diagnostic approfondie ;
- trafic  $> T3$  : cas de travaux avec étude de diagnostic approfondie et définition des solutions de travaux.

En tout état de cause, une reconnaissance minimale de la chaussée est indispensable. De la qualité de réalisation de cette reconnaissance dépendra la réussite

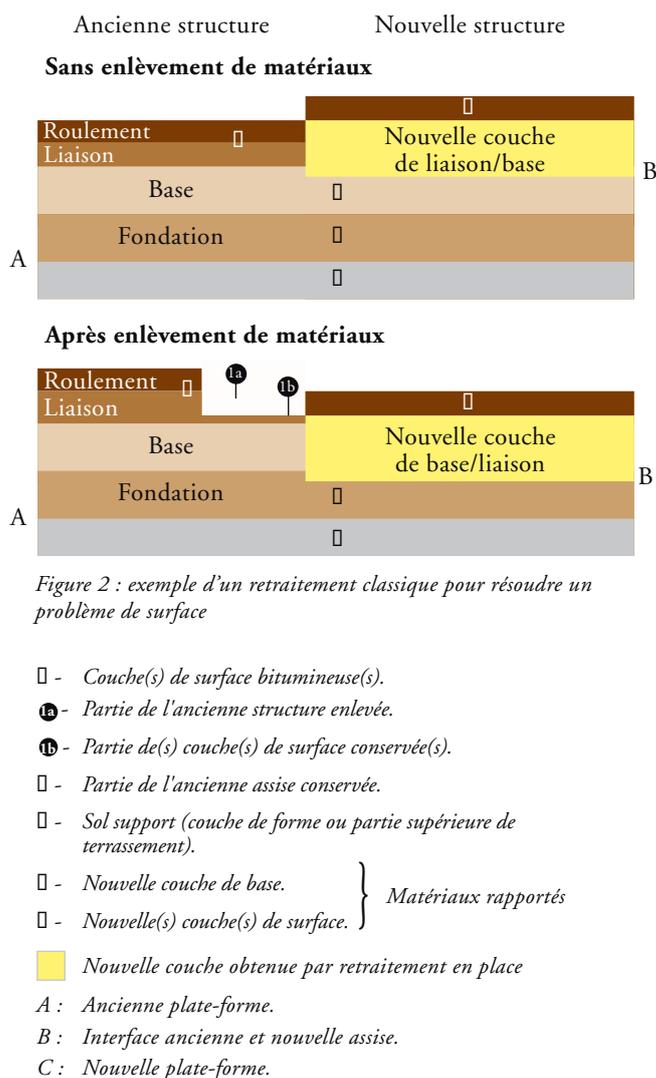


Figure 2 : exemple d'un retraitement classique pour résoudre un problème de surface

du projet. Elle doit comporter les actions suivantes :

- la recherche de l'historique de la chaussée ;
- une reconnaissance par sondage de la géométrie du gisement des matériaux à retraiter (profil en travers) ;
- le prélèvement de matériaux à retraiter pour identification ;
- une estimation de la portance du sol support ;
- une évaluation des travaux préparatoires (assainissement) et les contraintes de chantier (purges, déflachage, réseaux enterrés, bouches à clefs ...).

## Niveaux de qualité de retraitement et matériels

Si la reconnaissance du gisement et l'étude de Laboratoire en montrent la faisabilité technique, la solution retraitement peut être retenue.

Le niveau de qualité R1 ou R2 du retraitement est défini par le maître d'œuvre sur la base de plusieurs critères :

1. la fonction de la nouvelle assise et la classe de trafic
  - R1 pour les couches de base avec trafic > T3
  - R2 pour les couches de fondation tous trafics ou les couches de base avec trafic  $\leq$  T3,
2. la qualité du gisement de l'ancienne chaussée,
3. les performances des matériels à utiliser pour obtenir effectivement le niveau de qualité souhaité (matériel de fragmentation / malaxage, matériel d'épandage - matériel de compactage).

### Matériel d'épandage et de retraitement

Dans le guide technique, livrets 1 à 3, les performances des matériels d'épandage et de retraitement sont notées de 1 à 3 (3 étant la meilleure note) selon les critères suivants :

• **les critères retenus sont pour les matériels de fragmentation et de malaxage :**

**H** - qualité d'**Homogénéisation** du mélange (matériau + liant) ;

**E** - la maîtrise de l'**Epaisseur** de retraitement de la chaussée ;

**P** - la **Puissance** disponible pour fragmenter l'ancienne chaussée ;

**I** - la présence d'un dispositif d'**Injection** de l'eau dans le système de malaxage ;

**L** - précision du dosage en **Liant** lorsque celui-ci est intégré au niveau du malaxage ;

• **les critères retenus sont pour les matériels d'épandage :**

**L** - l'homogénéité **Longitudinale** de l'épandage ;

**T** - l'homogénéité **Transversale** de l'épandage ;

**V** - la possibilité de faire **Varié** la largeur d'épandage.

Des tableaux dans chaque livret technique indiquent le niveau minimum des notes pour obtenir la qualité de retraitement R1 ou R2.

### Matériel de compactage

On se référera aux indications données dans le guide de retraitement en place à froid des anciennes chaussées.

Pour les retraitements avec un liant hydraulique ou un liant composé, le niveau de qualité R1 nécessite une qualité de compactage  $q_1$  (niveau de densification le plus élevé), pour les couches de base avec un trafic > T3 et une qualité de compactage  $q_2$ , pour les couches de base avec un trafic  $\leq$  T3. Le niveau de qualité R2 admis pour les couches de base avec un trafic  $\leq$  T3, nécessite dans ce cas une qualité de compactage  $q_1$ .

Pour les couches de fondations tous trafics, le niveau de qualité R2 est admis. Il nécessite au minimum une qualité de compactage  $q_2$ .

Pour les retraitements à froid avec des liants bitumineux, on visera un pourcentage de vides moyen, inférieur ou égal à 20 %.

## Contrôles

La qualité d'un chantier de retraitement en place à froid est largement tributaire des performances des matériels utilisés et son suivi justifie les contrôles. De même, chaque guide technique énumère les contrôles spécifiques indispensables sur le matériau, la mise en œuvre, le compactage ...

• les contrôles sont répartis suivant le phasage des travaux : avant, pendant et après les travaux ;

• l'importance des chantiers conditionne l'importance des contrôles à réaliser ;

• pour les chantiers de plus de 50 000 m<sup>2</sup> une épreuve de convenance est nécessaire pour vérifier la maîtrise de la qualité du retraitement réalisé.



Ce chapitre a été rédigé par :  
JP. Lemesle (EUROVIA) et J. Bonvallet (FAYAT).



# Retraitement en centrale à froid

<b>Introduction</b>	<b>14</b>
<b>Origine du gisement</b>	<b>14</b>
<b>Les matériels utilisés</b>	<b>14</b>
<b>Caractéristiques des matériaux à recycler en centrale</b>	<b>14</b>
Graves non recomposées traitées aux liants hydrauliques	15
Graves recomposées traitées aux liants hydrauliques	15
<b>La centrale de fabrication</b>	<b>15</b>
<b>Utilisation des produits fabriqués</b>	<b>15</b>
<b>Études préalables</b>	<b>15</b>



## Introduction

Ce chapitre présente une synthèse des techniques du recyclage à froid en centrale des matériaux issus de la démolition et/ou de la déconstruction des chaussées, avec adjonction ou non de liants hydrauliques, pouzzolaniques ou bitumineux, ou de matériaux correcteurs. L'adjonction de liants bitumineux type émulsion ou mousse de bitume peut être également envisagée.

## Origine du gisement

Les matériaux en place présentent une très grande variété de qualités en fonction de la classification des constituants et des classes de trafic (normes NF 98-113, 116 à 119, 120, 122 à 124, 128).

La *déconstruction* conduit à des matériaux triés sur le chantier, par nature : hydrocarbonés, hydrauliques, pouzzolaniques ou naturels. Ils se présentent sous la forme de fraisats, de croûtes, de plaques et de matériaux pulvérulents.

La *démolition* sans tri sur chantier conduit à des matériaux hydrauliques, pouzzolaniques, hydrocarbonés et naturels, mélangés. Ils se présentent sous la forme de croûtes, de plaques et de matériaux pulvérulents.

Les produits d'origine ne doivent pas contenir d'amiante, ni de produits issus de la carbochimie, ni d'autres produits polluants.

## Les matériels utilisés

Les principaux matériels utilisés pour démolir ou déconstruire les chaussées existantes sont de deux types :

- « fraises » qui permettent de produire un matériau directement utilisable ;
- pelles et brise-roches, qui produisent des croûtes et plaques et nécessitent le passage dans une installation de concassage et criblage afin d'obtenir un matériau utilisable.

L'installation de concassage et criblage des matériaux pourra être plus ou moins sophistiquée et, en

Tableau 1

Catégorie de grave	GR2	GR3	GR4
Granularité	0/D, D ≤ 31.5	0/D, D ≤ 20	0/D, D ≤ 20
Dureté	LA ≤ 45 MDE ≤ 45 LA+MDE ≤ 80 soit E	LA ≤ 40 MDE ≤ 35 LA+MDE ≤ 65 soit E+	LA ≤ 35 MDE ≤ 30 LA+MDE ≤ 55 soit D
Propreté	ES ≥ 50 ou MB <sup>(1)</sup> ≤ 2,5 soit b	ES ≥ 50 ou MB ≤ 2,5 soit b	ES ≥ 50 ou MB ≤ 2,5 soit b

<sup>(1)</sup> MB selon norme NF EN 933-9

conséquence, produire des matériaux de granulométrie et de qualité variables :

- concassage primaire sans criblage : grave 0/63 ;
- concassage primaire avec criblage et recyclage : graves 0/31.5 , 0/20, 0/14 ;
- concassage primaire, criblage, concassage secondaire et criblage : granulats 0/6, 6/20 et graves 0/31.5, 0/20, 0/14.

## Caractéristiques des matériaux à recycler en centrale

Les matériaux issus du fraissage, du concassage et du criblage sont de natures très variées :

- homogénéité : chaque catégorie est identifiée par des matériaux bitumineux ou hydrauliques ou pouzzolaniques ou naturels. La principale difficulté étant d'identifier les différentes provenances ;
- hétérogénéité : les produits n'ont pas pu être triés et se présentent dans un mélange de matériaux bitumineux, hydrauliques, pouzzolaniques et naturels. Cette difficulté s'ajoute à celle d'identifier les différentes provenances.

Les granulats de plusieurs provenances pourront être acceptés si des études et essais préalables concluants vis à vis de toutes les spécifications des normes ont été effectués.

## Graves non recomposées traitées aux liants hydrauliques

Ces matériaux devront répondre à la norme NF EN 13-043 et présenter une teneur en sulfates définie dans la norme P 18-581 (tableau 1) :

- valeur moyenne = 0.6
- valeur spécifiée supérieure = 0.7
- valeur maximale = 0.8

Tableau 2

Catégorie de grave	Fondation	Base	Autre
GR2	≤ T3+	≤ T4	
GR3	≤ T2+ T1+ <sup>(1)</sup>	≤ T4 T3+ <sup>(1)</sup>	Respect du fuseau granulométrique imposé pour les GNT de type A dans la norme NF P 98-129
GR4	≤ T1+	≤ T3+ T2+ <sup>(1)</sup>	

<sup>(1)</sup> Ce cas d'utilisation ne peut être envisagé que dans le cadre de chantiers expérimentaux

## Graves recomposées traitées aux liants hydrauliques

Les sables devront avoir une propreté b et une teneur en sulfate comme défini dans le tableau 1.

Les gravillons devront être du type E, E+, D.

## La centrale de fabrication

La centrale de fabrication sera de niveau 1 ou 2.

## Utilisation des produits fabriqués

1/ Pour les graves non recomposées traitées aux liants hydrauliques (tableau 2).

2/ Pour les graves recomposées traitées aux liants hydrauliques (tableau 3).

## Études préalables

Ces études comprennent par ordre chronologique :

- identification des granulats recyclés avant passage en centrale
- mise au point de la formulation des produits finis.

Tableau 3

	Fondation	Base
Gravillons E	≤ T2+	≤ T4
Gravillons E+	≤ T1+ T0 <sup>(1)</sup>	≤ T2+ T1+ <sup>(1)</sup>
Gravillons D	Tous trafics	≤ T1+



Ce chapitre a été rédigé, sous la coordination de  
M. Dazats (LR Aix) par :

J.F. Lafon (LR Toulouse) - P. Pringuet (COLAS)  
J.M. Riviere (APPIA).





# Recyclage en place à chaud

<b>Principes et matériels</b>	<b>18</b>
<b>Domaines d'emploi</b>	<b>19</b>
<b>Les études</b>	<b>20</b>
<b>Conditions de mise en œuvre et contrôles</b>	<b>20</b>
<b>Performances attendues</b>	<b>20</b>
<b>Devenir de la technique</b>	<b>21</b>

Les progrès technologiques dans le retraitement en place des enrobés permettent de tirer le meilleur parti d'une couche dégradée après chauffage, soit par une remise en forme sans enlèvement ni apport de matière, soit par ajout, après l'enlèvement total ou partiel de matière afin d'obtenir après mise en œuvre le matériau souhaité.

Ces techniques connues sous les noms de *thermorecyclage*, *thermoreprofilage* ou *thermorégénération* sont déclinées sous le seul vocable de **thermorecyclage** ou recyclage en place à chaud, qui regroupe toute opération de recyclage d'enrobés bitumineux en place par chauffage, scarification du revêtement, malaxage avec ou sans ajouts (granulats pré-laqués ou non, liants, additifs, etc.) et remise en œuvre du mélange.

Cette technique présente, lors de la réalisation, le risque de dégagement de vapeurs et fumées et nécessite donc une attention et une signalisation particulières pour éviter tous risques d'accident.

## Principes et matériels

Le retraitement des enrobés en place qu'ils soient décollés de leur support, fissurés ou orniérés consiste à :

- *élever la température du revêtement bitumineux* et la maintenir avant décohesionnement au moyen d'un ensemble de **préchauffeuses équipées de grandes surfaces de panneaux radiants**. La surface de chauffe minimale est de 175 m<sup>2</sup> à 200 m<sup>2</sup>, elle doit être portée à 250, voire à 300 m<sup>2</sup> selon l'épaisseur à traiter et les conditions météorologiques.

La vitesse d'avancement du train de chauffe est comprise entre 2 et 6 m/min et doit être adaptée selon les conditions pour avoir une température à l'interface du support supérieure à 80° C ;

- *décohesionner l'enrobé et selon le matériel*, à le mettre en cordon dans l'axe de la machine ou à le maintenir en place ;



- *malaxer* l'enrobé ancien avec les correctifs et ajouts nécessaires ;
- *répandre au profil souhaité* le mélange obtenu à l'aide d'une table ou un finisseur ;
- *compacter* au moyen d'un atelier traditionnel adapté à l'épaisseur traitée.

Les matériels utilisés sur le marché français se différencient essentiellement par le système de malaxage.

## Domaines d'emploi

Cette technique permet de restaurer les couches de surface. Elle s'applique à des chaussées bien dimensionnées dont les champs d'application sont les suivants :

- *recoller une couche de surface épaisse à son support*. Si la couche est trop épaisse, on procède à un fraisage préalable de manière à retraiter l'épaisseur compatible avec la capacité de recyclage de la machine, pour reprendre l'interface et la partie supérieure de l'enrobé support (1 à 2 cm) ;
- *effacer la fissuration provoquée* par vieillissement du liant des couches de roulement des chaussées routières et aéroportuaires, par régénération des caractéristiques du liant ;

- *restaurer l'uni transversal d'une chaussée orniérée* par fluage, par incorporation selon les besoins dans le mélange :

- de gravillons prélaqués ;
- de bitume pour compenser le brûlage et la baisse de teneur en liant due à l'ajout de gravillons ;
- d'autres additifs à définir lors de l'étude de formulation ;

- *recycler des couches de roulement* de type BB Mince, ou BB Drainant avec ajout de liant polymère afin de retrouver les caractéristiques de l'enrobé d'origine ;

- *obtenir par apport d'un mortier bitumineux* riche en sable et en liant polymère, éventuellement apport de fibres et homogénéisation à chaud sur 2 cm avec l'enrobé existant, une couche anti-fissure dans le cas de chaussées semi-rigides à recouvrir par une nouvelle couche de roulement en BBTM.

Les limites technologiques du procédé sont liées :

- à la capacité du train de chauffe ;
- au délai d'exécution ;
- à l'épaisseur de la couche à traiter ;
- à la géométrie de la chaussée (rayons de courbure trop serrés) ;
- aux conditions météorologiques (pluie, froid, vent violent) ;
- à la nature des matériaux constituant l'enrobé ; en effet un vieillissement trop important du bitume peut constituer une contre-indication à l'application de cette technique.



## Les études

Quel que soit le problème à résoudre, une reconnaissance préalable du site est nécessaire. Pour mener à bien cette reconnaissance, le formulateur se doit de rechercher les informations concernant le matériau à traiter (formules, caractéristiques des matériaux, contrôles) et, ce, afin de faire un découpage en zones homogènes de composition, ou de mettre en évidence les points singuliers.

*La caractérisation des matériaux* en place s'effectue à partir d'échantillons prélevés, soit par carottage, soit par plaques découpées dans l'enrobé, dans l'axe de la voie, s'il s'agit d'orniérage.

*L'étude de traitement* consiste en fonction des caractéristiques des matériaux prélevés à déterminer les paramètres du retraitement :

- profondeur ;
- nature et pourcentage d'ajouts.

*L'épreuve de formulation* a pour objectif de caractériser le produit après recyclage en vérifiant à partir de quelques essais que l'on obtient bien les spécifications demandées.

S'il s'agit d'orniérage, il n'est pas toujours nécessaire de traiter toute la chaussée, mais par exemple un seul sens, ou la voie lente uniquement.

S'il s'agit d'un problème de fissuration, il est possible, voire nécessaire, en sus du traitement de l'enrobé, de mettre en œuvre une nouvelle couche de roulement.

## Conditions de mise en œuvre et contrôles

Les rendements varient de 5 000 à 10 000 m<sup>2</sup> par jour ; la vitesse d'avancement est comprise entre 2 et 6 m/min, elle dépend de l'épaisseur traitée (déconseillée au-delà de 7 cm), et de l'éventuelle présence d'eau dans la couche à traiter (interface).

Les largeurs utiles peuvent aller de 2,50 à 4 m, lorsque l'entreprise dispose de préchauffeuses réglables, de décohesionneuses et de tables de finisseurs extensibles.

Les contrôles d'exécution consistent à vérifier :

- l'épaisseur du retraitement ;
- les températures d'interface (supérieure à 80°C) et de l'enrobé recyclé derrière la décohesionneuse ;
- les dosages en granulats, liant et ajouts ;
- la vitesse d'avancement ;
- sur le produit fini, il est nécessaire de vérifier le respect de la composition, le collage au support (carottages), l'efficacité du compactage (% de vides) ;

- les caractéristiques de surface : uni longitudinal et macrotecture doivent être vérifiés comme pour toute couche de roulement.

## Performances attendues

Les surfaces traitées depuis une quinzaine d'années permettent de faire un premier bilan de cette technique qui figure en bonne place dans la panoplie des techniques mises à disposition par les entreprises auprès des gestionnaires.

Cette technique est généralement mise en œuvre pour effacer ou corriger des défauts de surface : décollement, fissuration, fluage. Bien que l'étude de formulation conduise à un matériau dont les spécifications soient conformes aux objectifs, cette technique présente quelques points sensibles :

- *au niveau thermique* : les températures du mélange dépassent rarement les 130°C et sont aussi rarement supérieures à 100°C entre 6 et 7 cm, aussi est-il illusoire de retraiter des épaisseurs supérieures à 7 cm surtout s'il est nécessaire de recoller deux couches.

Pour obtenir les températures recommandées (130°C pour le mélange), il est préférable de multiplier le nombre de préchauffeuses, plutôt que de réduire la vitesse de la machine et ce afin d'éviter brûlages et survieillessement ;

- *au niveau homogénéité*, et, ce, quel que soit le mode de malaxage, les prélèvements effectués derrière les finisseurs font apparaître :

- des dispersions des teneurs en liant supérieures à celles constatées sur enrobés neufs généralement liées à l'hétérogénéité de l'enrobé à recycler et aux conditions d'exécution ;
- l'absence d'évolution significative de la granularité hormis le pourcentage de fines plus élevé que l'enrobé d'origine.

*Le recollage des couches* est généralement efficace. Il peut cependant être altéré par la présence d'eau à l'interface, aux conditions météorologiques lors des travaux, à une mauvaise appréciation de l'interface et parfois à une capacité de chauffe insuffisante ;

*Les caractéristiques de surface* mesurées dans le cas où l'enrobé thermorecyclé n'est pas recouvert, montrent que :

- les macrotectures relevées sur BBSG recyclé sont du même niveau qu'un enrobé neuf de même type mais avec des dispersions plus élevées,
- l'uni longitudinal respecte globalement les spécifications.

Un des **points clé de cette technique est la phase étude**, elle permet de définir les ajouts nécessaires et indirectement de mieux maîtriser les variations relatives du dosage des divers constituants.

Plus que toute autre technique, le traitement par thermorecyclage nécessite des équipes de mise en œuvre bien rodées et des contrôles adaptés : granularité, teneur en liant, caractéristiques du bitume, pourcentages de vide et caractéristiques de surface.

Il faut veiller particulièrement aux zones de démarrages génératrices de ségrégation et de risques d'arrachements.

## Devenir de la technique

Le thermorecyclage en place est source d'économie de matières premières : granulat et bitume. Par réutilisation « in situ » de toute l'épaisseur de la couche à rénover, il contribue donc indirectement à la sauvegarde de l'environnement. Les conditions économiques et les progrès techniques réalisés ces dix dernières années montrent que ce type de technique offre des possibilités intéressantes pour les gestionnaires routiers, d'autant que l'amélioration permanente des matériels devrait apporter l'homogénéité souhaitée.

Si son créneau d'utilisation est le recyclage des couches épaisses de BBSG (6 à 7 cm), les expériences réalisées par les entreprises pour élargir le domaine d'emploi (recyclage des BBTM, BBDr) sont en cours de mise au point et font l'objet de chartes à l'innovation.

Le thermorecyclage s'inscrit dans une stratégie globale d'entretien des réseaux routiers type GLAT, ou d'autoroutes concédées en permettant d'accroître la durée de service des couches de roulement (celle-ci peut être doublée) pour un coût intéressant et en sauvegardant l'environnement.

Elle ne peut être envisagée que pour des surfaces à traiter importantes (généralement supérieures à 50 000 m<sup>2</sup>), compte tenu des rendements journaliers qui peuvent atteindre 8 à 10 000 m<sup>2</sup>/jour en 4m de largeur, lorsque les conditions météorologiques sont favorables.

Sur le plan économique, une couche de roulement présentant des désordres graves et nécessitant une opération lourde d'entretien (recouvrement ou fraisage et remplacement) peut, après thermorecyclage, être différée de plusieurs années et ce pour un coût équivalent à celui d'un revêtement en BBTM selon les surfaces à traiter.

Très appréciée par les autoroutiers par sa souplesse d'intervention (chantiers pouvant se réaliser de nuit avec mise en place et évacuation rapide du matériel), cette technique est majoritairement utilisée actuellement pour corriger les voies lentes ornierées.



Ce chapitre a été rédigé par :

J. Bauer (LR Rouen) - J.P. Michaut (COLAS) -  
P. Moneron (LCPC).





# Recyclage en centrale à chaud

<b>Provenance et état de l'enrobé à recycler</b>	<b>24</b>
<b>Conditionnement</b>	<b>25</b>
<b>Utilisation des agrégats d'enrobés dans la formulation des matériaux bitumineux à chaud</b>	<b>26</b>
<b>Aptitude du matériel au recyclage des agrégats</b>	<b>26</b>
<b>Organisation des études préalables</b>	<b>28</b>
Cas général	28
Cas particulier où la caractérisation des agrégats d'enrobés est impossible	29

## Provenance et état de l'enrobé à recycler

Le recyclage en centrale d'enrobage à chaud traité dans ce document ne concerne que les mélanges granulaires liés avec du bitume. Ils sont issus du démontage d'anciennes chaussées en place, démontage général ou partiel (tranchées, purges) ou de fabrications d'enrobés mises au rebut. Cela concerne aussi bien les couches de roulement, liaison, base, et fondation. Ces matériaux sont définis sous le terme d'agrégats d'enrobés dans la norme NF P 98-149. La norme expérimentale XP P 98-135 traite de la caractérisation des agrégats d'enrobés pour recyclage à chaud en centrale.

Les moyens de démontage généralement utilisés sont :

- le fraisage, qui donne un matériau fragmenté de D apparent inférieur ou égal à 31,5 mm ;

- le marteau piqueur, la pelle mécanique, la chargeuse, qui donnent des blocs de quelques kg à une centaine de kg et d'une surface atteignant le m<sup>2</sup>.

Les matériaux bitumineux à recycler sont classés en trois grandes catégories en fonction de leur origine (de leur homogénéité) et de leur stockage :

- les mélanges de provenance unique ;
- les mélanges de provenances diverses stockés de façon individualisée ;
- les mélanges de provenances diverses.

Les mélanges bitumineux de provenance unique sont typiquement issus de grands chantiers, obtenus par fraisage. Ils présentent une certaine homogénéité et leur composition d'origine est souvent connue. Avec des conditions de fraisage adaptées, ces agrégats d'enrobés convenablement identifiés sont directement prêts à l'emploi, immédiatement après fraisage soit après stockage de très courte durée si le stockage est nécessaire.



Les mélanges bitumineux de provenances diverses, stockés de façon individualisée, sont souvent issus de chantiers de moyenne importance. Ils ont une certaine homogénéité et leur composition d'origine n'est pas toujours connue. La plupart du temps ils sont approvisionnés sous forme de fraisats, dans le cas contraire un conditionnement par concassage criblage est nécessaire.

Les mélanges bitumineux de provenances diverses sont issus de petits chantiers de refus de fabrications et approvisionnés sous forme de fraisats comme sous forme de blocs. En quantités restreintes ils sont mis de façon indifférenciée sur un même stock. Ils doivent faire l'objet avant utilisation d'une fragmentation par concassage criblage pour les réduire en agrégats d'enrobés d'une dimension maximale de 31,5 mm. Ces agrégats d'enrobés sont très fortement hétérogènes en composition. Actuellement cette catégorie constitue l'essentiel des matériaux bitumineux à recycler que l'on peut observer sur les aires des postes d'enrobage.

## Conditionnement

Après fraisage et (ou) concassage criblage, les agrégats d'enrobés doivent être en conformité avec la norme agrégats d'enrobés (norme expérimentale XP P 98-135). La dimension apparente de l'agrégat d'enrobés (en tout état de cause  $\leq$  à 31,5 mm) doit être compatible avec une bonne désagrégation dans le passage en centrale.

La conduite du fraisage (vitesse d'avancement entre autre), peut conditionner le «D» et la teneur en fine du fraisat. La dimension du granulat constituant l'agrégat d'enrobés doit être compatible avec la granulométrie du mélange final.

Les stockages et les reprises seront menés dans l'optique de favoriser l'homogénéité des agrégats d'enrobés, homogénéité indispensable pour assurer la représentativité de l'étude, la régularité de la fabrication ainsi que la constance du niveau des qualités d'usage.



## Utilisation des agrégats d'enrobés dans la formulation des matériaux bitumineux à chaud

Les normes parues en 1999 et après permettent l'utilisation d'un certain pourcentage d'agrégats comme le précise le tableau 1.

Le texte figurant à l'article 5.4 de ces différentes normes indique que sans aucune autre indication dans les pièces écrites du marché, l'entrepreneur peut inclure le pourcentage d'agrégats tel que figurant dans le tableau 1.

Cependant, quel que soit le type de mélange bitumineux utilisant les agrégats d'enrobés, celui-ci doit être conforme à la norme produit correspondante. Cela implique que les performances mécaniques et les constituants (y compris les agrégats d'enrobés) respectent les indications de la norme. Une caractérisation des agrégats d'enrobés peut donc être nécessaire en fonction du pourcentage utilisé.

Certaines normes produits n'ayant pas fait l'objet de révision récente (par exemple la norme 98-136 pour les bétons bitumineux pour chaussée souple) ne donne aucune information sur la possibilité ou non d'utiliser des agrégats. Par extension, les BBS peuvent accepter les mêmes taux que pour les BBSG et avec les mêmes usages.

Les normes 98-134 relatives aux bétons bitumineux drainants et 98-137 pour les bétons bitumineux très minces indiquent dans ce même article 5.4 que l'usage des agrégats n'est pas couvert dans la présente norme. Cela signifie que dans le cas traditionnel, il n'y a pas d'incorporation d'agrégats dans ces formules. Par contre, pour un marché spécifique (recyclage d'anciens enrobés drainants par exemple) il est possible de réutiliser ces agrégats mais il faut dans ce cas indiquer dans les pièces écrites du marché les spécifications techniques souhaitées.

La norme XP P 98-135 « caractérisation des agrégats d'enrobés pour recyclage à chaud en centrale » indique comment est effectuée la caractérisation des ces matériaux et indique dans son annexe informative les conditions d'emploi. Cette caractérisation est basée sur la teneur en liant, sur les caractéristiques du liant et sur celles des granulats.

De façon générale, plus l'agrégat sera bien identifié, plus il pourra en être incorporé dans les enrobés. Le tableau 2 suivant résume et illustre les différentes possibilités qui sont offertes en fonction de la connaissance des agrégats d'enrobés.

### En résumé

- si les agrégats d'enrobés ne sont pas caractérisés ou si la caractérisation conduit à des paramètres non spécifiés, le recyclage n'est pas autorisé en couche de roulement. Il peut être accepté avec un taux de 10 % en couche de liaison ou d'assise.
- pour pouvoir recycler des agrégats d'enrobés en couche de roulement, il est nécessaire que ces agrégats d'enrobés proviennent soit de couche de roulement, soit présentent une teneur en liant de 5,5 % ou que les granulats des agrégats d'enrobés, présentent des caractéristiques conformes à l'usage en couche de roulement.
- un recyclage à 40 % est envisageable en couche de roulement, de liaison ou d'assise si les différents paramètres de caractérisation sont conformes aux valeurs du tableau 2.

Pour des taux de recyclages intermédiaires, on se reportera aux indications de la norme.

## Aptitude du matériel au recyclage des agrégats

La technologie du matériel joue un rôle important sur la qualité finale des enrobés et la pollution atmosphérique éventuelle. Le dosage des agrégats d'enrobés est assuré par un doseur pondéral muni d'une trémie de faible capacité de stockage apte à assurer un bon écoulement du produit (parois presque verticales, tapis d'extraction large, revêtement anti-colmatant). L'automatisme de la centrale de fabrication doit être adapté à la prise en compte des spécificités des agrégats d'enrobés (teneur en liant ancien et, en fonction du lieu d'introduction de ces agrégats d'enrobés, déphasage avec les granulats naturels).

L'aptitude au recyclage des centrales d'enrobage est liée principalement à la nature des échanges thermiques qui régissent le processus de fabrication. Selon le type de matériel et le principe d'introduction des agrégats d'enrobés, la synthèse des possibilités en matière de taux de recyclage est présentée dans le tableau 3.

Les facteurs limitatifs sont indiqués en considérant les agrégats d'enrobés parfaitement homogènes.

Tableau 1

N° de la Norme	Produit	Pourcentage admissible d'agrégats d'enrobés
NF P 98-130	BBSG	10 % en couche de roulement et 20 % en couche de liaison
NF P 98-131	BBA	10 % en couche de roulement et 20 % en couche de liaison
NF P 98-141	BBME	10 % en couche de roulement et 20 % en couche de liaison
NF P 98-138	GB	40 %
NF P 98-140	EME	40 %
NF P 98-132	BBM type C	10 % en couche de roulement

Tableau 2

Usage dans la chaussée	Type de couche		Taux de réemploi					
	Couche de roulement		0	0	10 % sous condition <sup>(1)</sup>	30 %	40 %	
	Couche de roulement		10 %	20 %	30 %	40 %		
Couche d'assise								
Informations sur les composants de l'agrégat	Liant	Teneur en liant	Etendue	Non spécifiée	≤ 2%	≤ 1%		
		Caractéristiques résiduelles (pénétrabilité ou TBA	Pénétrabilité 1/10 mm	Non spécifiées		≥ 5	≥ 5	
			Pénétrabilité étendue			-	≤ 15	
			TBA °C			≤ 77	≤ 77	
			TBA étendue			-	≤ 8	
	Granulats	Granularité	Passant à D Etendue	Non spécifiée		80 à 99 ≤ 15	85 à 99 ≤ 10	
			Etendue du passant 2mm			≤ 20	≤ 15	
			Etendue du passant à 0,08mm			≤ 6	≤ 4	
		Caractéristiques intrinsèques	Catégorie	Non spécifiées		B		
			Angularité			RC2		

(1) Si la teneur en liant moyenne de l'agrégat est supérieure à 5,5 %, on considère que l'enrobé est un béton bitumineux dont les granulats ont été choisis selon des critères minimaux voisins de ceux qui sont recherchés pour le matériau recyclé.

Tableau 3

Type de centrale	Réintroduction des agrégats d'enrobés	Transfert thermique	Taux maxi recommandés	Facteurs limitatifs
Discontinue	Pied élévateur à chaud	Conduction	15%	Evacuation vapeur d'eau et colmatage
Discontinue	Sécheur recycleur	Conduction	25%	Colmatage élévateur à chaud
Discontinue	Sécheur spécifique pour les agrégats d'enrobés	Convection + conduction	50%	Environnement
TSE équicourant	Partie médiane du tambour	Convection + conduction	30%	Colmatage filtre à manches
TSE contre courant	Hors courant gazeux	Conduction	50%	Surchauffe granulats Température tambour Température gaz

## Organisation des études préalables

La conformité des enrobés (y compris ceux fabriqués avec des agrégats d'enrobés) aux normes produits constitue aujourd'hui, une obligation en dehors des chantiers expérimentaux.

Les études préalables, situées en amont de la réalisation du chantier, permettent de caractériser l'enrobé proposé et de fournir à la centrale de fabrication la composition à respecter en fonction du taux de recyclage.

En dehors de l'aspect matériel, le choix du taux de recyclage est conditionné par les éléments suivants :

- réutilisation de tout ou partie des agrégats d'enrobés disponibles ;
- caractéristiques de ces agrégats d'enrobés ;
- destination de l'enrobé de recyclage.

Quel que soit le contexte, ces études préalables comprennent toujours, par ordre chronologique :

- l'identification des constituants ;
- la mise au point de la formule ;
- la réalisation de l'épreuve de formulation.

Deux cas sont cependant à considérer, qui conditionnent le contenu des points précédents.

## Cas général

### Identification des constituants

- quantification du stock en agrégats d'enrobés ;
- caractérisation des granulats naturels (NF EN 13-043) ;
- caractérisation des agrégats d'enrobés (XP P 98-135) :
  - granularité avant désenrobage ;
  - composition après désenrobage :
    - granularité (homogénéité granulométrique) ;
    - teneur en liant (valeur moyenne et étendue) ;
  - caractéristiques intrinsèques et angularité des granulats recyclés ;
  - liant ancien : pénétrabilité minimale, TBA maximale et étendue ;

### Mise au point de la formule

- détermination des pourcentages des différents constituants :
  - pourcentages pondéraux conventionnels pour l'étude de formulation ;
  - pourcentages pondéraux comme consignes pour la centrale d'enrobage ;
- choix du liant d'apport (classique ou de régénération) ;
- caractérisation du liant d'apport ;
- choix du taux de recyclage.

### Épreuve de formulation

L'épreuve de formulation a pour objectif d'établir, pour la composition déterminée lors de la mise au point que les caractéristiques de l'enrobé fabriqué sont conformes à la norme produit correspondant au niveau requis et pour la classe choisie.

## Cas particulier où la caractérisation des agrégats d'enrobés est impossible

Lorsque le stock d'agrégats d'enrobés est constitué de matériaux bitumineux très hétérogènes, (nature et quantité des granulats recyclés et des bitumes), l'échantillonnage représentatif pour établir la caractérisation de ces agrégats d'enrobés et le domaine de variation de leurs caractéristiques est impossible, de même que la mise au point à partir de variantes tenant compte de ces variations. Ceci conduit à disposer d'agrégats d'enrobés dont les caractéristiques sont mentionnées NS (non spécifiées) dans le projet de norme XP P 98-135. Dans ce cas, la limitation du taux de recyclage permet de minimiser l'incidence de l'hétérogénéité des agrégats d'enrobés, et la méthode de formulation comprend les adaptations suivantes :

### Identification des constituants

- caractérisation des granulats naturels (NF EN 13-043) ;
- déclaration des caractéristiques moyennes des agrégats d'enrobés :
  - granularité ;
  - teneur en liant ;
  - MVRG.

Les caractéristiques prises en compte pour les agrégats d'enrobés sont des valeurs déclarées qui tiennent lieu de valeurs spécifiées. Elles sont obtenues à partir de données antérieures (traçabilité des chantiers anciens, valeurs moyennes représentatives des approvisionnements locaux) et ne sont pas les résultats d'analyses ponctuelles effectuées sur des stocks temporaires.

### Mise au point de la formule

Les taux de recyclage sont fixés à 10 % pour les couches de liaison et 15 % pour les couches d'assise.

Dans le contexte spécifique de la limitation du taux de recyclage à 10 %, la réalisation de couches de roulement, subordonnée théoriquement à la connaissance explicite des caractéristiques minimales des granulats recyclés, est envisageable si l'une des conditions suivantes est satisfaite :

- soit les agrégats d'enrobés sont issus d'une couche de roulement ;

- soit la preuve documentée que les granulats de l'agrégat d'enrobés sont au moins de catégorie C est produite ;

- soit la teneur en liant moyenne obtenue après conditionnement et homogénéisation des agrégats d'enrobés est supérieure à 5,5 %.

Le formulateur de l'enrobé a libre choix sur les moyens de parvenir à l'obtention des performances prescrites par le client. Il est proposé de s'orienter vers la démarche suivant le cas :

- on part d'une formulation existante vérifiée avec des granulats naturels. Celle-ci ne doit pas se placer en limite de spécifications. Cette formule va alors servir de base et être modifiée pour intégrer des agrégats d'enrobés ;

- on part d'une formulation existante et vérifiée, utilisant des agrégats d'enrobés ;

- dans tous les cas, la mise au point de la formule de l'enrobé de recyclage est réalisée à partir des valeurs obtenues par des essais normalisés sur les granulats naturels et les valeurs déclarées pour les agrégats d'enrobés.

### Épreuve de formulation

Les expérimentations réalisées montrent que pour un stock d'agrégats d'enrobés de provenances diverses préalablement conditionnés (concassage-criblage) et pour les taux de recyclage cités pour la mise au point de la formule, le risque de manque de représentativité d'un prélèvement d'agrégats d'enrobés n'altère pas les propriétés mécaniques des enrobés de recyclage dans le cas de faibles taux de recyclage.

La vérification, effectuée sur une fabrication intégrant les agrégats d'enrobés, atteste que pour le taux de recyclage considéré l'enrobé de recyclage possède bien les caractéristiques prévues dans la norme du produit correspondant au niveau requis et pour la classe choisie. Il est rappelé que les normes produit « couche de roulement » comportent une exigence sur la macrotecture qui s'applique naturellement à l'enrobé fabriqué avec des agrégats d'enrobés.



# Terminologie

<i>Agrégats d'enrobés (NF P 98-149)</i>	Matériaux granulaires provenant du fraisage ou de la démolition d'enrobés bitumineux, et entrant dans la composition d'enrobés de recyclage.
<i>Enrobé de recyclage (NF P 98-149)</i>	Enrobé hydrocarboné à chaud ou à froid comportant tout ou partie de matériaux recyclés (agrégats d'enrobés provenant soit du fraisage -fraisat-, soit de la démolition d'enrobés existants), que la fabrication ait lieu en centrale ou sur site.
<i>Granulats recyclés (NF EN 13-043)</i>	Ensemble de grains de dimensions comprises entre 0 mm et 125 mm. Les granulats sont dits recyclés lorsqu'ils proviennent de la démolition d'ouvrages ou lorsqu'ils sont réutilisés.
<i>Granulats naturels (NF EN 13-043)</i>	Ensemble de grains de dimensions comprises entre 0 mm et 125 mm. Les granulats sont dits naturels lorsqu'ils sont issus de roches meubles ou massives et qu'ils ne subissent aucun traitement autre que mécanique.
<i>Composition d'un mélange (NF P 98-149)</i>	Proportion pondérale des composants d'un mélange (fractions granulaires, liant, additif éventuel) avec indication de leur nature et origine.
<i>Formule ou formule nominale ou cible ou théorique (d'un mélange) (NF P 98-149)</i>	Description d'un mélange identifié sur lequel a été pratiquée une épreuve de formulation. La formule comprend la composition massique des constituants, leur origine, une courbe granulométrique et les résultats de l'épreuve de formulation pratiquée sur un échantillon représentatif.
<i>Taux de recyclage (NF P 98-149)</i>	Proportion massique d'agrégats d'enrobés de recyclage dans l'enrobé de recyclage.



<i>Granularité (NF P 98-149)</i>	Distribution dimensionnelle des grains d'un granulat ou d'un agrégat d'enrobés.
<i>Courbe granulométrique (NF P 98-149)</i>	Représentation graphique de la granularité.
<i>Bitume (NF P 98-149)</i>	Matériau très visqueux ou presque solide, pratiquement non volatil, adhésif et hydrofuge, dérivé du pétrole brut ou présent dans le bitume naturel, qui est entièrement soluble dans le toluène ou presque.
<i>Liant hydrocarboné (NF P 98-149)</i>	Terme générique désignant un matériau adhésif contenant du bitume, du goudron ou les deux.
<i>Teneur en liant (NF P 98-149)</i>	Rapport de la masse de liant hydrocarboné à la masse de granulats secs, exprimé en pour-cent extérieur.
<i>Pour-cent extérieur (NF P 98-149)</i>	Pourcentage de liant rapporté à la masse de granulats secs ou de dope d'adhésivité rapporté à la masse de liant.
<i>Mise au point de formule (NF P 98-149)</i>	Procédure consistant à ajuster avec un minimum d'essais la composition d'une formule pour qu'elle puisse répondre aux exigences de l'épreuve de formulation et éventuellement à d'autres exigences.
<i>Epreuve de formulation (NF P 98-149)</i>	Séquence prédéfinie d'essais de laboratoire effectués sur un mélange de composition donnée afin de déterminer des caractéristiques satisfaisant à des exigences définies.
<i>Vérification de formule (NF P 98-149)</i>	Epreuve contenant un essai ou une série d'essais pratiqués sur une formule avec des composants de même origine que la formule à vérifier, caractérisée notamment par une courbe granulométrique et une teneur en liant.

pages laissée intentionnellement blanche

46 avenue  
Aristide Briand  
BP 100  
92225 Bagneux Cedex  
France  
téléphone :  
33 (0)1 46 11 31 31  
télécopie :  
33 (0)1 46 11 31 69  
internet : [www.setra.equipement.gouv.fr](http://www.setra.equipement.gouv.fr)



Ce document a pour objectif de recenser en fonction de leur futur domaine d'emplois les différentes pratiques existantes en matière de réutilisation des matériaux de chaussées issus de couches de surface et de couches d'assises. Il constitue donc une réponse à la nécessité de construire et entretenir les chaussées avec le souci d'une économie durable dans le respect des contraintes environnementales de plus en plus pressantes.

Quatre techniques seront examinées :

- **retraitement en place à froid,**
- **retraitement en centrale à froid,**
- **recyclage en place à chaud,**
- **recyclage en centrale à chaud.**

Les deux premières concernent les matériaux d'assises (matériaux traités ou non avec un liant hydraulique) et les matériaux des couches de surface.

Les deux dernières concernent les matériaux bitumineux de couches de surface ou de couches de base.

Chacune des techniques est présentée avec ses avantages, son domaine et ses limites d'emploi.

Document disponible au bureau de vente du Sétra  
46 avenue Aristide Briand - BP 100 - 92225 Bagneux Cedex - France  
téléphone : 33 (0)1 46 11 31 53 - télécopie : 33 (0)1 46 11 33 55  
Référence : **0413** - Prix de vente : **11 €**

*Crédit photos : LR d'Autun et entreprises APPIA - COLAS - EUROVIA - SCREG - WIRTGEN  
Conception graphique - mise en page : Eric Rillardon (Sétra)  
Impression : Caractère - 2, rue Monge - BP 224 - 15002 Aurillac Cedex  
L'autorisation du Sétra est indispensable pour la reproduction, même partielle, de ce document  
© 2004 Sétra - Dépôt légal : 2<sup>ème</sup> trimestre 2004 - ISBN : 2-11-093427-1*

Le Sétra appartient  
au Réseau Scientifique  
et Technique  
de l'Équipement

