



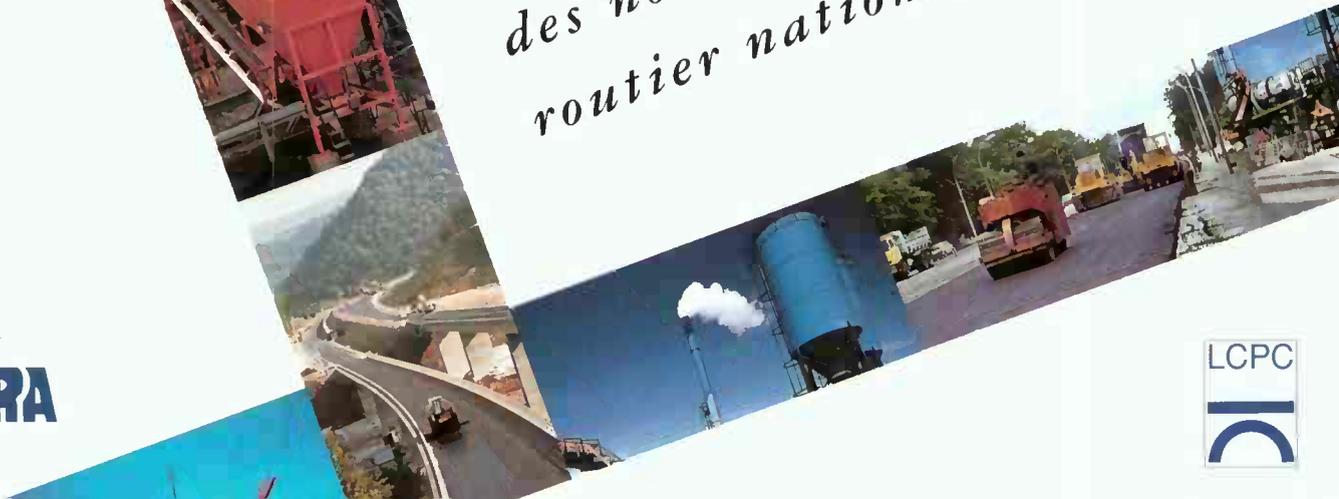
ENROBES HYDROCARBONÉS À CHAUD

Partie I
module commun

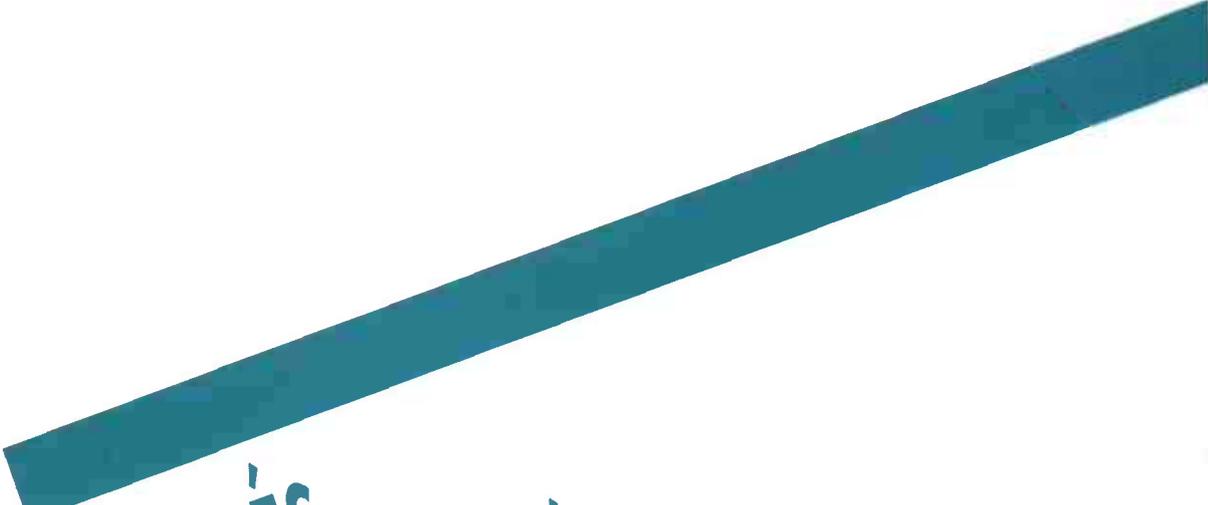
*Guide d'application
des normes pour le réseau
routier national*



SETRA



Page laissée blanche intentionnellement



ENROBÉS HYDROCARBONÉS A CHAUD

Partie I Module commun

DÉCEMBRE 1994

Document réalisé par :



le SERVICE D'ETUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES
46, avenue Aristide Briand - B.P. 100 - 92223 Bagneux Cedex - France
Tél. : (1) 46 11 31 31 - Télécopie : (1) 46 11 31 69



le LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSEES
58, boulevard Lefebvre - 75732 Paris Cedex 15 - France
Tél. : (1) 40 43 50 00 - Télécopie : (1) 40 43 54 98

Ce guide d'application des normes a été élaboré au sein d'un groupe de travail composé de :

J. BELLANGER	CETE de l'Ouest / LR d'Angers
Y. BROSSEAUD	LCPC Nantes
J.F. CORTE	LCPC Nantes
J.L. DELORME	LREP Melun
P. DUPONT	SETRA
J.L. GOURDON	LCPC Nantes
V. GOYON	SETRA
R. HEUX	DDE du Puy-de-Dôme
G. LAURENT	CETE de l'Ouest
J.P. LAVAUD	CETE du Sud-Ouest
J.C. POIRIER	CETE Normandie Centre / LR Blois
D. RENAULT	CETE Méditerranée
P. VAN GREVENYNGHE	LR Aix

Le groupe de travail remercie tout particulièrement D. RENAULT / CETE Méditerranée qui a assuré toute la rédaction de ce guide.

Lettre du 9 décembre 1994

LE DIRECTEUR DES ROUTES

à

Mesdames et Messieurs
les Préfets des Départements
Directions Départementales de l'Équipement

Objet : *Guide d'application des normes "enrobés"*

Les derniers documents techniques réglementaires sur les matériaux enrobés à chaud ont été publiés en 1985.

Depuis cette date, un grand nombre de normes a vu le jour en particulier dans le domaine des enrobés à chaud. Ces normes ont un caractère très général, elles définissent différentes classes de constituants, de performances... mais ne précisent pas les classes à choisir, en fonction des conditions d'emploi, ceci étant laissé à la discrétion de chaque maîtrise d'ouvrage.

C'est pourquoi j'ai demandé au réseau technique (SETRA, LCPC, CETE) d'élaborer un document précisant, par référence aux normes, les exigences particulières de la Direction des Routes sur le réseau routier national non concédé et remplaçant les directives, recommandations et notes techniques existantes. C'est l'objet du présent document, relatif à la réalisation des couches de roulement, de liaison et d'assises pour les travaux de construction, de renforcement ou d'entretien des chaussées du réseau routier national en enrobés à chaud, à l'exclusion des matériaux enrobés ou coulés à froid.

Ce document comporte :

- une Partie I «Module commun» qui regroupe les spécifications et prescriptions relatives à l'ensemble des enrobés hydrocarbonés à chaud, que ceux-ci soient destinés aux couches de surface ou aux couches d'assises ;
- une Partie II «Modules particuliers aux produits normalisés» dans laquelle sont regroupées, pour chaque produit normalisé, les spécifications et prescriptions propres à chacun d'eux.

Le module commun et les modules particuliers font apparaître en vis-à-vis une partie "Texte" et une partie "Commentaires". La partie "Texte" précise les exigences, spécifications et prescriptions qui doivent être appliquées sur le réseau routier national. La partie "Commentaires" a une valeur informative, elle est destinée à éclairer le maître d'œuvre lors de la rédaction du CCTP et lors de l'analyse du contenu technique des offres des entreprises.

Voici maintenant quelques précisions sur le champ d'application de ce document.

En premier lieu, le présent document et les normes auxquelles il se réfère rendent caducs les documents suivants, dont l'application est abrogée :

- directive pour la réalisation des assises de chaussées en graves bitume et sables bitume - *Directive de septembre 1972*
- réalisation des couches de surface de chaussées en bétons bitumineux cloutés *Recommandation d'octobre 1978*
- réalisation des enrobés en couche mince pour l'entretien des chaussées renforcées et des chaussées neuves - *Note technique de décembre 1979*
- module commun pour la réalisation des couches d'assise et de surface de chaussées en matériaux enrobés à chaud - *Recommandation de novembre 1985*
- réalisation des couches de surface en béton bitumineux semi-grenu pour chaussées dimensionnées selon le catalogue des structures - *Recommandation de novembre 1985*

Le présent document ne traite que les cas de sollicitations les plus couramment rencontrés sur le réseau national non concédé et ne donne des spécifications et prescriptions que dans ces cas là. Pour les situations singulières, les études pourront amener à des prescriptions particulières, mais ceci devra être motivé et devrait être l'exception.

Ce document s'inscrit dans un ensemble cohérent de textes techniques réglementaires qui seront produits d'ici 1995 :

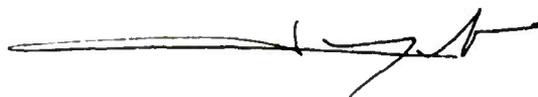
- les normes homologuées (dont une diffusion organisée dans les services va prochainement être lancée par le SETRA) ;
- la nouvelle version du fascicule 27 du CCTG. Toujours du fait de la normalisation, en particulier de celle de la partie technique du fascicule 27 (norme NF P98-150 : exécution des corps de chaussées, couche de liaison et couches de roulement - constituants - composition des mélanges - exécution et contrôles), la version du fascicule 27 du 12 juillet 1990 est actuellement en cours de révision. Ses annexes sont aussi revues, le CCTP type a été modifié de manière à ce qu'il prenne en compte toutes les normes en vigueur.

Le présent document sera mis à jour en tant que de besoin.

Depuis 1991, le contexte réglementaire a évolué très rapidement du fait de la normalisation et il est vrai qu'il n'est pas toujours facile d'intégrer tous ces changements. C'est pourquoi je demande au SETRA d'organiser, dès maintenant, avec le concours du LCPC et des CETE, des actions d'information à l'attention de vos services.

Enfin, je vous invite à adresser toutes remarques ou suggestions éventuelles au Département "Conception, Réalisation et Entretien des Routes" du SETRA.

Le Directeur des Routes,



Ch. LEYRIT

S O M M A I R E

	Pages
PRESENTATION	3
CHAPITRE 1 - RAPPELS - DEFINITIONS	7
1. Normes relatives aux enrobés hydrocarbonés à chaud pour usage routier	7
2. Rappel des classes de trafic	7
3. Niveaux de sollicitations	9
CHAPITRE 2 - RESUME DESCRIPTIF DES PRODUITS NORMALISES	11
CHAPITRE 3 - CARACTERISTIQUES DES COMPOSANTS	13
1. Granulats	13
2. Liants hydrocarbonés	19
3. Dopes et additifs	25
CHAPITRE 4 - CARACTERISTIQUES EN LABORATOIRE	27
1. Composition	27
2. Performances	27
CHAPITRE 5 - FABRICATION ET MISE EN OEUVRE	33
1. Fabrication des enrobés	33
2. Mise en oeuvre - Répandage	35
3. Mise en oeuvre - Compactage	37
CHAPITRE 6 - CARACTERISTIQUES SUR CHANTIER - CONTROLES	41
ANNEXE 1 : Liste des normes en vigueur en Novembre 1994 de produits hydrocarbonés utilisés sur routes nationales	42
ANNEXE 2 : Moyennes des températures maxi et mini journalières mensuelles - Période 1921-1950	43
ANNEXE 3 : Relation entre teneur en liant et module de richesse	44

Page laissée blanche intentionnellement

PRESENTATION

Depuis quelques années, un grand nombre de normes a vu le jour dans le domaine des chaussées, portant sur les constituants, les produits, les essais de laboratoire ou de chantier, les matériels et la réalisation. La plupart des normes relatives aux constituants et aux produits sont des normes de définition et de classification : elles ne comportent pas de spécifications d'usage précisant la catégorie, la classe ou le type de constituant ou de produit devant être utilisé sur le réseau routier national en fonction des conditions d'emploi (trafic, position de la couche dans la chaussée...). De même en ce qui concerne les matériels et les règles d'exécution, les normes ne donnent pas toutes les prescriptions que la maîtrise d'ouvrage Direction des Routes souhaite voir respecter.

Ces prescriptions et spécifications étaient données dans différents documents SETRA-LCPC (Directives, Recommandations, Notes Techniques...) que la publication des normes rend partiellement caducs. Il était donc nécessaire d'élaborer un document précisant, par référence aux normes, les exigences particulières de la Direction des Routes sur le réseau routier national non concédé. C'est l'objet du présent document, relatif à la réalisation des couches de roulement, de liaison et d'assises pour des travaux de construction, de renforcement ou d'entretien des chaussées du réseau routier national, en enrobés hydrocarbonés à chaud, à l'exclusion des matériaux enrobés ou coulés à froid.

Outre l'énoncé des exigences, le document comporte des éléments de nature informative destinés à éclairer le maître d'œuvre lors de l'analyse du contenu technique des offres des entreprises. Ces informations sont présentées, comme dans les fascicules du CCTG, en partie gauche du document ("commentaires"), la partie droite ("texte") étant réservée aux spécifications ou prescriptions.

CHAMP D'APPLICATION

Le présent document ne traite que des cas de sollicitations les plus couramment rencontrés sur le réseau national non concédé. Comme dans d'autres domaines d'activité, les normes étant élaborées pour les usagers les plus courants, le maître d'œuvre a toujours la possibilité de spécifier ou de prescrire, au cas par cas et après examen spécifique, des exigences supérieures à celles des normes, pour des sollicitations particulières sur zones singulières. Cela pourra notamment se présenter dans les situations suivantes :

- circulation canalisée de poids lourds ayant une vitesse lente (≤ 40 km/h) : par exemple, rampe de 5 % sur plus de 900 m ;
- courbes à petit rayon : par exemple, carrefours giratoires de rayon moyen < 15 m ;

- zones de freinage : par exemple, carrefours à feux ;
- zones de stationnement de bus ou autocars.

CONTENU

Le document comporte :

- une Partie I, Module commun, qui regroupe les spécifications et prescriptions relatives à l'ensemble des enrobés hydrocarbonés à chaud, que ceux-ci soient destinés aux couches de surface ou aux couches d'assises ;
- une Partie II, Modules particuliers, dans laquelle sont regroupés, pour chaque produit normalisé, les spécifications et prescriptions propres à chacun d'eux.

Le Module commun comprend les parties suivantes :

- 1 - Rappels et définitions
- 2 - Résumé descriptif des produits normalisés
- 3 - Caractéristiques des constituants
- 4 - Caractéristiques en laboratoire (Composition - Performances)
- 5 - Fabrication et mise en oeuvre
- 6 - Caractéristiques sur chantier - Contrôles

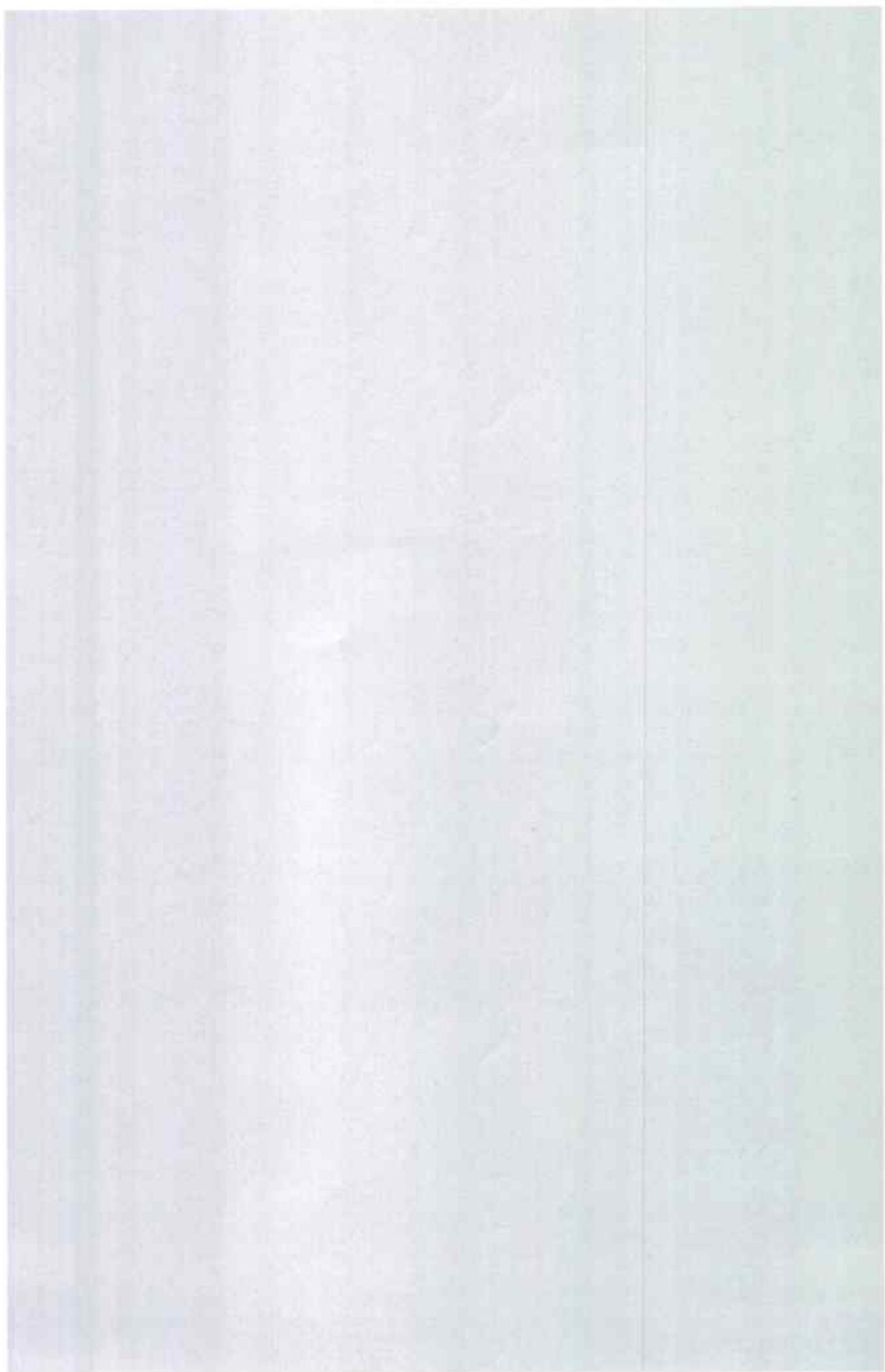
Les modules particuliers sont construits sur le même modèle que le module commun, et contiennent des prescriptions et spécifications propres à chaque produit normalisé :

- 1 - Rappel du domaine d'application défini par la norme
- 2 - Conditions d'emploi : granularité - épaisseur ; support ; adhérence - imperméabilité ; particularités à la fabrication et à la mise en oeuvre
- 3 - Caractéristiques des constituants : spécifications complémentaires aux normes
- 4 - Caractéristiques en laboratoire : réalisation des essais, exigences particulières

5 - Fabrication et mise en oeuvre : particularités

6 - Caractéristiques sur chantier - Contrôles : particularités

L'annexe 1 de la Partie I fournit la liste des normes de produits hydrocarbonés en vigueur en Novembre 1994. Le SETRA publiera en tant que de besoin les modifications apportées à cette liste et les incidences qu'elles entraînent sur le présent document.



CHAPITRE 1

RAPPELS - DEFINITIONS

1 - NORMES RELATIVES AUX ENROBES HYDROCARBONES A CHAUD POUR USAGE ROUTIER

En Novembre 1994 les normes relatives aux enrobés hydrocarbonés à chaud pour usage routier sont :

- d'une part deux normes relatives à l'exécution et au contrôle des couches de chaussées constituées avec ces matériaux :

- . NF P 98-150 : Exécution des corps de chaussées, couches de liaison et couches de roulement - Constituants - Composition des mélanges - Exécution et Contrôles (cette norme traite également des enrobés hydrocarbonés à froid et des matériaux bitumineux coulés à froid et à chaud, non couverts par le présent document).

- . P 98-151 : Contrôles occasionnels de conformité de la mise en oeuvre avec planche de référence - Partie 1 : Contrôle du pourcentage de vides (en préparation) ;

- d'autre part des normes relatives à des produits enrobés hydrocarbonés à chaud rappelées en annexe 1.

Il existe par ailleurs des produits hydrocarbonés à chaud ne faisant pas l'objet d'une norme (sables - bitume et bétons bitumineux ultra-minces) qui sont traités par le présent document (Partie I) mais ne font pas l'objet de documents particuliers en Partie II. Pour les bétons bitumineux ultra-minces (BBUM) on pourra s'inspirer des prescriptions et spécifications données dans le document relatif aux BBTM.

2 - RAPPEL DES CLASSES DE TRAFIC

Les classes de trafic utilisées pour certaines spécifications sont définies dans le tableau 1 en fonction du trafic poids lourds journalier moyen (PL - MJA) de la voie la plus chargée de la chaussée, les poids lourds étant tous les véhicules de charge utile supérieure ou égale à 5 tonnes.

Tableau 1 - Classes de trafic

Classes de trafic	< T3	T3	T2	T1	T0	TS	TEX
Seuils de trafic (PL-MJA/sens)	50	150	300	750	2000	5000	

3.1. Définition des types de climat

(*) C'est la raison pour laquelle il n'est pas possible de produire une carte qui poserait en outre des problèmes aux limites.

A titre indicatif on pourra retenir la caractérisation suivante, à partir des moyennes (établies sur un grand nombre d'années : valeurs "normales" de METEOFRANCE) des températures maximales journalières en Juillet-Août et des températures minimales journalières en Janvier-Février :

Tableau 2 - Caractérisation des types de climat

		Moyenne des températures maximales journalières en Juillet-Août	
		$\leq 27^{\circ}\text{C}$	$> 27^{\circ}\text{C}$
Moyenne des températures minimales journalières en Janvier-Février	$\geq 0^{\circ}\text{C}$	Type 1 dominante océanique	Type 2 dominante méridionale
	$< 0^{\circ}\text{C}$	Type 3 dominante continentale ou montagnaise	

L'annexe 2 fournit ces valeurs "normales" pour 46 stations du territoire métropolitain.

3 - NIVEAUX DE SOLLICITATIONS

Certaines spécifications ou indications font appel à la notion de "niveau de sollicitation" résultant de la combinaison du type de climat et de la classe de trafic.

3.1. Définition des types de climat

Trois types de climat sont définis :

- type 1 à dominante océanique
- type 2 à dominante méridionale
- type 3 à dominante continentale ou montagneuse

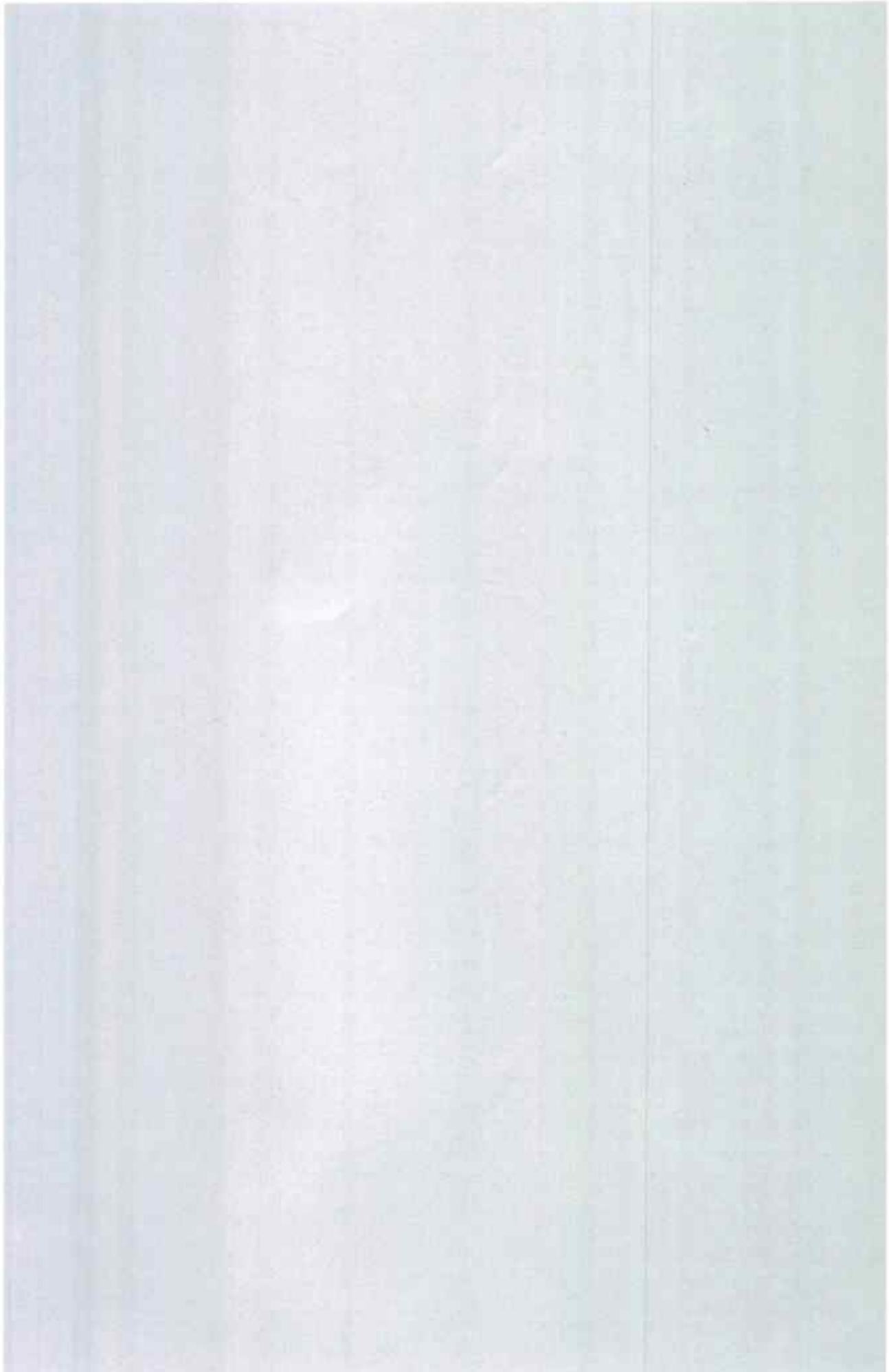
Le type de climat dépend bien sûr de la localisation géographique du projet, en tenant compte aussi de son orientation et de son exposition (*).

3.2. Niveaux de sollicitation

On définit deux "niveaux de sollicitation" fonction du type de climat (§.3.1.) et de la classe de trafic (§.2.).

Tableau 3 - Définition des niveaux de sollicitation

Type de climat	Classes de trafic				
	T _{EX} , T _s , T _o	750	T ₁	300	T ₂ , T ₃ , < T ₃
1 (dominante océanique) 3 (dominante continentale ou montagneuse)	niveau de sollicitation fort		niveau de sollicitation faible		
2 (dominante méridionale)	niveau de sollicitation fort			niveau de sollicitation faible	



CHAPITRE 2

RESUME DESCRIPTIF DES PRODUITS NORMALISES

Le tableau 4 ci-dessous rappelle les granularités, classification, épaisseur moyenne d'utilisation et déformations maximales du support sous la règle de 3 m permettant une mise en oeuvre sans apport ou enlèvement préalable de matériaux, définies par les normes produits. D'autres conditions d'emploi, en particulier celles relatives à la déformabilité et à l'état du support, sont spécifiées dans la partie II du présent document.

Tableau 4 - Résumé descriptif des produits

Produit	Norme	Classification		Epaisseur moyenne (cm)	Déformation permanente maximale du support (cm)
		Classe ou type	Granularité		
BBSG	NF P 98-130		0/10 0/14	6 à 7 7 à 9	} ≤ 2
BBM	NF P 98-132	BBM a, b, c ou d selon granularité. Classe 1, 2 ou 3 selon performances à l'orniéreur	0/10 0/14	3 à 4 3,5 à 5	≤ 2
BBC	NF P 98-133	0/6 0/10	0/6,3 0/10	3 6	≤ 1 ≤ 2
BBDr	NF P 98-134		0/10 et 0/14 0/6,3	4 3	} ≤ 1
BBS	NF P 98-136	BBS type 1	0/10 disc.	4 à 5	} ≤ 2
		BBS type 2	2/6,3	4 à 6	
		BBS type 3	0/10 continu	8	} ≤ 3
		BBS type 4	0/14 continu 0/14 continu	10 à 12	
BBTM	NF P 98-137	type 1 ou 2 selon résultats à la PCG	0/6,3 ou 0/10 ou 0/14 et discontinuité	2 à 2,5	≤ 1
GB	NF P 98-138	Classe 1,2 ou 3 selon performances mécaniques	0/14 0/20	8 à 12 10 à 15	≤ 2 (1) ≤ 3 (1)
EME	NF P 98-140	Classe 1 ou 2 selon performances mécaniques	0/10 0/14 0/20	6 à 10 7 à 12 10 à 15	} ≤ 2 (1)
BBME	NF P 98-141	Classe 1, 2 ou 3 selon performances mécaniques	0/10 0/14	6 à 7 7 à 9	} ≤ 2

(1) exigence non définie par la norme

1.2. Catégories de granulats

() La norme P 18.101 définit des catégories de granulats à partir de différentes caractéristiques.*

Chaque norme d'enrobé hydrocarboné présente plusieurs combinaisons possibles de ces catégories, qui définissent des caractéristiques de base minimales. Lorsque le CPA (coefficient de polissage accéléré) doit être pris en compte, elle l'indique explicitement.

CHAPITRE 3

CARACTERISTIQUES DES COMPOSANTS

1 - GRANULATS

1.1. Granularité

Les classes granulaires sont précisées dans les normes relatives à chaque produit

1.2. Catégories de granulats (*)

Les granulats doivent présenter les caractéristiques figurant dans les tableaux 5 à 7, selon la nature du produit, la classe de trafic et la nature de la couche de chaussée.

Pour la définition d'une catégorie de granulats, toutes les caractéristiques doivent être déterminées sur **un même prélèvement** représentatif des granulats destinés au chantier.

Par convention les **caractéristiques intrinsèques** des gravillons pour enrobés hydrocarbonés sont **mesurées sur** la classe granulaire **6,3/10**, y compris pour les enrobés 0/6,3.

() Sur les zones singulières à sollicitations élevées, lorsque l'expérience en a montré la nécessité, des exigences supérieures à celles des normes peuvent être envisagées au cas par cas.*

Tableau 5 - Spécifications des caractéristiques des granulats pour couche de roulement

Produits	Caractéristiques	Classe de Trafic		
		≤ T3	T2 - T1	≥ T0
BBSG ou BBM, (1) ou BBC matrice (2)	Résistance mécanique des gravillons	C	B	
	Caractéristiques de fabrication des gravillons	III *		
	Caractéristiques de fabrication des sables	a		
	Angularité des gravillons et des sables	Ic ≥ 60	Ic = 100	Rc ≥ 2
	Position du fuseau de régularité aux tamis intermédiaires pour les gravillons	cf. norme "produit"		
BBC cloutage (1)	Résistance mécanique des gravillons	B		A
	Caractéristiques de fabrication des gravillons	II	I	
	Angularité des gravillons et des sables	Ic = 100	Rc ≥ 2	
	Position du fuseau de régularité aux tamis intermédiaires pour les gravillons	cf. norme "produit"		
BBTM, BBUM et BBDr (1)	Résistance mécanique des gravillons	C	B	
	Caractéristiques de fabrication des gravillons	III		II
	Caractéristiques de fabrication des sables	a		
	Angularité des gravillons et des sables	Ic = 100		Rc ≥ 2
	Position du fuseau de régularité aux tamis intermédiaires pour les gravillons	cf. norme "produit"		
BBS (1)	Résistance mécanique des gravillons	C		
	Caractéristiques de fabrication des gravillons	III		
	Caractéristiques de fabrication des sables	a		
	Angularité des gravillons et des sables	Ic ≥ 60		
	Position du fuseau de régularité aux tamis intermédiaires pour les gravillons	cf. norme "produit"		

(1) Application de la règle de compensation entre LA + MDE et 100 CPA, (P 18.101) (*)

(2) Ne pas prendre en compte le CPA. Application de la règle de compensation entre LA et MDE.(P 18.101).

** L'angularité est à spécifier lorsque l'essai d'orniérage n'est pas exigé par la norme NF P 98-150 (§.4.7.1.) ou lorsque des risques d'instabilité de la couche à la mise en circulation sont à craindre.*

On pourra retenir, pour les granulats, des valeurs d'angularité moins sévères que celles du tableau 7 (tout en restant dans les limites permises par les normes enrobés) à condition que l'enrobé obtenu avec ces granulats donne des résultats conformes au tableau 12 du présent document.

Tableau 6 - Spécifications des caractéristiques des granulats pour couches de liaison et d'assise

Usage Produits	Caractéristiques	Classe de Trafic		
		≤ T3	T2 - T1	T0
Liaison BBSG, BBM, BBS	Résistance mécanique des gravillons	D	C	
	Caractéristiques de fabrication des gravillons	III		
	Caractéristiques de fabrication des sables	a		
Assises GB, EME	Résistance mécanique des gravillons	D	C	
	Caractéristiques de fabrication des gravillons	III		
	Caractéristiques de fabrication des sables	a		

Tableau 7
Spécifications d'angularité des granulats pour couches de liaison et d'assise (*)

Usage	Classe de Trafic		
	≤ T3	T2 - T1	T0
Liaison	Ic 60	Ic = 100	Rc 2
Base	Ic 60	Ic = 100	
Fondation	Ic 30	Ic 60	

1.4 Autres caractéristiques des granulats

- Masse volumique des gravillons (P 18-559)

() En cas de doute le marché spécifie que sur au moins 10 mesures (P 18-559), 90 % des mesures ne doivent pas s'écarter de plus de $\pm 0,1$ g/cm³ autour de la moyenne obtenue sur l'ensemble des mesures.*

2 - LIANTS HYDROCARBONES

*(**) Pour les bitumes modifiés, en l'attente d'une norme (en préparation) on se reportera aux avis techniques ou aux fiches techniques de caractérisation de ces liants (cf. commentaire non homologué §.4.4.2. de la norme NF P 98-150).*

En ce qui concerne les sables pour sable-bitume (produit qui ne fait pas l'objet d'une norme spécifique), compte tenu de leur origine (sable naturel ou concassé) et de leur granularité, qui peuvent être très variées, la seule spécification porte sur la propreté.

Cette caractéristique de fabrication doit être conforme à la catégorie "a" de la norme P 18-101.

1.3. Granulats issus de concasseurs à axe vertical et sables broyés.

Les granulats issus de concasseurs à axe vertical et sole tournante et les sables issus de broyeurs à barre ne peuvent être utilisés que si les résultats des études préalables en laboratoire, visant à déterminer leur taux admissible dans les formules, sont conformes aux spécifications d'orniérage demandées dans le tableau 12.

1.4. Autres caractéristiques des granulats

- Nature minéralogique

Les gravillons calcaires ne doivent pas être utilisés en couche de roulement.

- Origine et friabilité des sables

Des sables d'origine différente de celle des gravillons peuvent être utilisés en couche de roulement s'ils répondent aux conditions suivantes :

- Caractéristiques de fabrication : catégorie a

- Friabilité FS (norme P 18-576) ≤ 45 pour les sables 0/2 et ≤ 40 pour les sables 0/4

- Masse volumique des gravillons (P 18.559)

La masse volumique de chaque classe granulaire des gravillons doit être homogène (*)

1.5. Fines du sable et fines d'apport

Les exigences figurent dans les normes produits.

2 - LIANTS HYDROCARBONES

Les normes "enrobés" indiquent que le liant utilisé est un bitume pur répondant aux spécifications de la norme T 65-001, ou un bitume modifié (pour lequel il n'existe pas encore de spécifications (**)).

2.1. La formulation est définie par le maître d'oeuvre

(*) C'est le cas lorsque tous les granulats sont fournis par le maître d'ouvrage.

2.1.1. Bitume pur

(**) Les classes de bitume pur, conseillées pour limiter la fissuration "par le haut" tout en restant compatibles avec les exigences d'orniérage, sont données à titre indicatif par produit dans les tableaux 8 à 10 et les commentaires suivants :

**Tableau 8 - Classe de bitume pur conseillée
BBSG - BBM - BBTM (1) - BBUM (1) - BBDr (1)**

Niveau de sollicitation	Fort			Faible		
	1	2	3	1	2	3
Altitude < 500 m	35/50			50/70		
Altitude 500 à 1000 m	50/70			50/70		
Altitude > 1000 m	sans objet	50/70	70/100	sans objet	70/100	

(1) Les BBTM, BBUM et BBDr présentant par nature peu de risque d'orniérage in-situ, on peut dans certains cas utiliser des bitumes purs moins durs.

**Tableau 9 - Classe de bitume pur conseillée
Matrice de BBC**

Type de climat	1	2	3
Altitude < 500 m	35/50	35/50 ou 50/70	50/70
Altitude ≥ 500 m	50/70		

2.1. La formulation est définie par le maître d'oeuvre (*)

2.1.1. Bitume pur

Le choix du bitume doit concourir à l'obtention des performances mécaniques visées dans les normes produits, **en particulier vis à vis de l'orniérage**. Mais les couches de surface peuvent présenter, par oxydation et vieillissement du bitume, des risques de fissurations "par le haut" que les essais actuels ne permettent pas d'évaluer avec précision.

C'est pourquoi pour les bitumes purs destinés aux couches de surface, on est amené à recommander une classe de pénétration en fonction du type de climat (cf. ch. I §.3.1.), du niveau de sollicitation (cf. Ch. I, §.3.2.) et de l'altitude du projet, afin de se prémunir vis à vis de ces phénomènes (**).

Tableau 10 - Classe de bitume pur conseillée - BBS

Type de BBS	BBS 1 et 2			BBS 3			BBS 4		
Type de climat	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Altitude < 500 m	70/100			50/70 ou 70/100	50/70	70/100	50/70		
Altitude 500 à 1000 m	70/100			70/100			50/70		70/100
Altitude > 1000 m	sans objet	70/100	70/100 ou 180/220	sans objet	70/100		sans objet	50/70	70/100

En ce qui concerne **la grave-bitume**, généralement réalisée avec du bitume pur, la classe couramment retenue est 35/50 ou parfois 50/70. Pour **les sables-bitume**, le bitume pur généralement utilisé est de classe 20/30, ou parfois 35/50 si les sables utilisés présentent, du fait de leur angularité, une stabilité suffisante.

2.2. L'entreprise est responsable de la formulation

2.2.2. Bitume modifié

(*) On distingue deux types d'enrobés spéciaux au bitume modifié :

- ceux comportant un bitume modifié prêt à l'emploi : le bitume de base et les additifs sont mélangés dans une usine spéciale,
- ceux comportant un bitume modifié par ajout d'additifs dans le malaxeur de la centrale, au moment de la fabrication de l'enrobé.

Les principales familles d'additifs ou d'agents de modification sont les suivantes :

- les polymères, parmi lesquels les SB (polystyrène polybutadiène), les SBS (styrène butadiène styrène), les EVA (éthylène vinyle acétate), les PVC (polychlorure de vinyle), l'EPDM (éthylène propylène diène monomère), les EMA (éthylène méthyl acrylate), etc... Ils sont le plus souvent incorporés au bitume en usine ;

2.1.2. Bitume modifié / bitume spécial

Dans le cas, a priori exceptionnel, d'un bitume modifié ou d'un bitume spécial fourni par le maître d'ouvrage, les commentaires des §.2.2.2. et §.2.2.3. suivants donnent des indications sur ces liants.

2.2. L'entreprise est responsable de la formulation

2.2.1. Bitume pur

Les commentaires du §.2.1.1. donnent des indications pour juger de l'offre de l'entreprise.

2.2.2. Bitume modifié

Les modules particuliers à chaque produit (Partie II) donnent des indications pour juger de la proposition d'emploi d'un bitume modifié par l'entreprise (*).

- la poudrette de caoutchouc issue du broyage de pneumatiques usés ou de déchets de rechapage, et généralement introduite en usine ;
- les fibres : elles peuvent être d'origine minérale (fibres de roche artificielle, fibres de roche naturelle, fibres de verre,...) ou organique (cellulose, fibres acryliques). Elles sont introduites directement dans le malaxeur de la centrale ou préenrobées.

- **Bitumes modifiés prêts à l'emploi**

Au sein d'une même famille (famille des bitumes SBS, famille des bitumes EVA,...), les liants peuvent être de qualité très différente, du fait de la grande variété de polymères et du processus de réticulation du bitume et des agents d'additivation ; la teneur en polymère varie en outre d'un liant à l'autre.

Il est à noter que la qualité du bitume modifié n'est pas seulement fonction de la teneur en polymères.

Etant donnée la grande variété de liants modifiés, le maître d'oeuvre peut prendre conseil auprès du réseau technique. Il peut se reporter aussi aux avis techniques sur les enrobés qui décrivent les caractéristiques du liant proposé par l'entreprise, ou aux fiches techniques de l'entreprise.

Certains liants modifiés prêts à l'emploi, exceptés ceux résultant de la modification du bitume par polymérisation in-situ, ont tendance à décanter, à flocculer : il est important qu'ils soient stockés dans des cuves disposant d'un système de brassage.

L'emploi d'un liant modifié ne dispense pas du respect des règles essentielles à la bonne exécution des travaux (granulats de bonne qualité, matériel adapté et en bon état, respect des températures, bonne équipe de mise en oeuvre...).

- **Bitumes modifiés par additivation en centrale**

Les additifs incorporés en centrale les plus utilisés sont les fibres.

On peut aussi incorporer en centrale des polymères. Sous réserve de la compatibilité entre le bitume et l'additif, cette solution peut être retenue dans les cas où la taille du chantier ne justifie pas la livraison d'une citerne de liant modifié prêt à l'emploi ou dans le cas où la centrale ne dispose pas de cuve de stockage de liant avec un dispositif de brassage.

(*) **2.2.3. Bitumes spéciaux**

On entend par bitumes spéciaux, des bitumes purs sans additifs, mais dont les caractéristiques ne sont pas normalisées. Il s'agit par exemple des bitumes très durs (10/20) utilisés dans la fabrication des enrobés à module élevé, des bitumes pigmentables pour enrobés colorés de même pénétration que les bitumes purs, ou de liants de régénération pour le recyclage des enrobés, de consistance fluide ou semi-fluide.

- **Bitumes modifiés prêts à l'emploi**

- **Bitumes modifiés par additivation en centrale**

2.2.3. Bitumes spéciaux (*)

3 - DOPES ET ADDITIFS

Cf Norme NF P 98-150.

2.1. Consistance de l'étude de laboratoire

() Cette prescription permet de parer à une évolution toujours possible de la qualité des granulats (la zone d'extraction s'est forcément déplacée) ou du bitume.*

*(**) On considère dans ce cas qu'il s'agit d'une adaptation de formule.*

CHAPITRE 4

CARACTERISTIQUES EN LABORATOIRE

1 - COMPOSITION

Les normes définissent les produits par des niveaux de performances à obtenir en laboratoire (exigences fondées sur des performances). La composition d'un produit (courbe granulométrique, teneur en liant) ne doit donc pas être imposée a priori, mais doit résulter de l'étude en laboratoire. Les normes ne donnent, à titre indicatif, pour certains produits, qu'une courbe granulométrique constituant un point de départ pour l'étude.

Cependant, la plupart des normes produits comporte une spécification de module de richesse minimal. On trouvera en annexe 3 un rappel de la relation entre teneur en liant et module de richesse ainsi qu'une application numérique pour chaque produit.

2 - PERFORMANCES

2.1. Consistance de l'étude de laboratoire

La plupart des normes produit définissent les essais à réaliser en distinguant trois cas d'études d'enrobé :

- Vérification d'une formule déjà étudiée et appliquée
- Adaptation d'une formule (changement d'un (ou d'une partie des) constituant(s))
- Formule nouvelle

Les normes BBSG, BBM, BBC, GB, EME et BBME indiquent que :

- sur une formule adaptée ou nouvelle, un essai d'orniérage est imposé dès que l'on recherche des qualités anti-orniérantes particulières, ou que l'on a des doutes sur le comportement à l'orniérage du produit étudié ;

- sur une formule nouvelle, des essais de caractéristiques mécaniques sont imposés en outre, pour le dimensionnement.

Pour ces produits, les précisions ou compléments suivants sont apportés :

- les essais PCG, Duriez et d'orniérage datant de plus de cinq ans, sont de nouveau effectués, même en l'absence de toute modification de la formule ou de changement apparent de constituant (*),

- indépendamment de la prescription de 5 ans, l'essai d'orniérage est imposé sur une formule déjà étudiée et appliquée, si les pourcentages de vides à la PCG aux nombres de girations prescrits par les normes produits s'écartent de plus de 1,5 % en plus ou en moins des valeurs obtenues sur l'ancienne formule (**).

2.2. Réalisation de l'essai d'orniérage sur formule nouvelle ou adaptée

(*) On considère notamment comme zones singulières :

- les zones où la circulation des PL ayant une vitesse lente (≤ 40 km/h) est canalisée : par exemple rampe de 5 % sur plus de 900 m, ou de 6 % sur plus de 600 m, ou de 8 % sur plus de 400 m,
- courbes à petit rayon : par exemple carrefour giratoire de rayon moyen < 15 m,
- zone de freinage : par exemple carrefour à feux,
- zone de stationnement de bus ou autocars.

2.2. Réalisation de l'essai d'orniérage sur formule nouvelle ou adaptée

- Dans les conditions de sollicitations les plus couramment rencontrées sur le réseau national, l'essai d'orniérage est demandé dans les cas suivants :

Tableau 11- Cas marqué d'une croix où l'essai d'orniérage est obligatoire

Nature de la couche		Classes de trafic						
		T _{EX} , T _s , T _o	750	T1	300	T2, T3	50	< T3
Couche de roulement		X		X		X (3)		
Couche de liaison (1)	e ≤ 5 cm	X		X		X (3)		
	e > 5cm	X		X (3)				
Couche de base (1)	e ≤ 5 cm	X		X		X (3)		
	e > 5cm	X		X (3)				
Couche de fondation		X (2)						

(1) e est l'épaisseur totale de la couche susjacent. Dans le cas de la couche de liaison, e correspond à l'épaisseur de la couche de roulement. Dans le cas de la couche de base, e correspond à l'épaisseur de la couche de liaison et de la couche de roulement.

(2) essai à spécifier lorsque l'épaisseur des couches susjacentes (épaisseur de la couche de base + épaisseur de la couche de surface) est inférieure ou égale à 12 cm (cas des EME en couche de base et des BBME en couche de roulement par exemple).

(3) essai obligatoire si utilisation soit d'une granularité discontinue, soit d'un sable roulé, soit d'un sable broyé.

- Pour les zones singulières (*), l'essai d'orniérage est effectué lorsque le trafic est supérieur ou égal à T2.

2.3. Niveaux de performance

() Se reporter au § 2.2.*

*(**) Dans le cas d'emploi de ces techniques, il conviendra de définir des exigences particulières du point de vue de l'orniérage.*

*(***) Les BBS sont destinés à des chaussées à faible trafic. Si des problèmes d'orniérage sont à craindre, on pourra fixer dans le marché des seuils à l'essai d'orniérage.*

2.3. Niveaux de performance

Le tableau 12 récapitule les performances exigées pour les différents produits dans les cas où l'essai est spécifié conformément au § 2.2 ci-dessus.

Pour les **zones singulières**, on pourra être conduit à **adopter des valeurs différentes**.

Tableau 12 - Performances exigées à l'orniéreur dans le cas où l'essai est spécifié (*) - Récapitulatif

Usage	Produit	Niveau de sollicitation (1)		
		Fort		Faible
		Epaisseur totale des couches susjacentes		
		≤ 5 cm	> 5 cm	
Roulement	BBSG	≤ 5 % à 30 000 cycles		seuil minimal de la norme BBSG
	BBMa	≤ 10 % à 10 000 cycles		Classe 3 norme BBM
	BBMb,c ou d	non conseillé (**)		non conseillé (**)
	BBC	non conseillé (**)		seuil minimal de la norme BBC
	BBS	sans objet		(***)
	BBME	Classe 3 norme BBME		Classe 1 norme BBME
Liaison	BBSG	≤ 8 % à 30 000 cycles	seuil minimal de la norme BBSG	seuil minimal de la norme BBSG
	BBMa	Classe 3 norme BBM		Classe 2 norme BBM
	BBMb, c ou d	non conseillé (**)		Classe 2 norme BBM
	BBS	sans objet		(***)
	BBME	Classe 2 norme BBME	Classe 1 norme BBME	Classe 1 norme BBME
Base	GB	≤ 10 % à 30 000 cycles	seuil minimal de la norme GB	seuil minimal de la norme GB
	EME	seuil minimal de la norme EME		
Fondation	GB	seuil minimal de la norme GB		
	EME	seuil minimal de la norme EME		

(1) cf Ch I, §.3.

1.1. Niveau de la centrale

(*) Les centrales de niveau 2 se caractérisent par une régularité et un niveau de précision accrus, obtenus notamment par la présence :

- de doseurs pondéraux pour les fines, les sables broyés ou concassés et les agrégats à recycler (dans le cas de taux de recyclage > 20 %).
- d'automatismes et de systèmes d'information permettant de garantir et vérifier la conformité de la formule fabriquée en régime stabilisé.

1.3. Cas particulier des enrobés de recyclage : taux de recyclés

(**) Le taux de recyclés peut être limité par la considération des caractéristiques du "gisement" de recyclés et de la destination de l'enrobé (trafic, position de la couche). Ces limitations sont prises en compte par l'étude de formulation.

D'autres limitations, liées au processus de fabrication, proviennent de la nécessité d'obtenir en sortie une température et une homogénéité suffisantes, sans dégrader les agrégats à recycler, les liants, ni les filtres de dépoussiérage.

(***) Des taux supérieurs jusqu'à 50 %, peuvent être envisagés dans certains cas, moyennant vérification de leur adéquation au cas de chantier considéré.

1.4. Précautions importantes

(****) La surchauffe des enrobés à la centrale, (c'est-à-dire à des températures dépassant celles données par la norme NFP 98-150) souvent considérée comme rassurante vis-à-vis du compactage, est fréquemment à l'origine d'une réduction de durée de service en raison du vieillissement prématuré du bitume et, parfois, de difficultés de mise en oeuvre. Des durées de stockage prolongées (> 1/2 journée ou 1 journée) entraînent les mêmes conséquences.

CHAPITRE 5

FABRICATION ET MISE EN OEUVRE

1 - FABRICATION DES ENROBES

1.1. Niveau de la centrale

On utilisera des **centrales de niveau 2 (*)** pour les centrales continues et les centrales à tambour sécheur enrobeur (TSE). Pour les centrales discontinues, on admettra à titre transitoire des centrales présentant les caractéristiques des centrales de niveau 2, mais sans système d'acquisition de données.

1.2. Seuils d'alerte et de refus pour les systèmes d'acquisition de données

A défaut d'étude de sensibilité du module et des caractéristiques en fatigue aux paramètres de formulation, les seuils de refus sont pris égaux aux tolérances correspondant au niveau de la centrale (niveau 2 dans le cas présent), et les seuils d'alerte égaux à la moitié des précédents.

1.3. Cas particulier des enrobés de recyclage : taux de recyclés (**)

Dans les centrales traditionnelles continues ou discontinues, le taux de recyclés sera limité à 15 % en poids.

Dans les autres installations (c'est le cas de la plupart des centrales TSE), le taux de recyclés sera limité à 35 % (***) .

1.4. Précautions importantes

La durée maximale de transport des enrobés (entre leur chargement dans le camion et leur application) sera inférieure à 2 heures, en raison des refroidissements localisés que le transport entraîne, sauf utilisation effective des bennes calorifugées (****).

2.1. Couche d'accrochage

(*) *L'emploi de bitumes additionnés d'élastomères est recommandé dans les zones soumises à des efforts tangentiels importants (giratoires, zones de freinage, etc...) ainsi que pour toutes les couches de roulement minces, très minces (ou ultra minces), à des dosages en bitume résiduel au moins égaux à 300 g/m².*

2.2. Largeur de travail et alimentation des finisseurs

(**) *Le répandage avec 2 finisseurs (ou plus) opérant en parallèle est une solution éprouvée. Dans le cas d'épaisseur > 4 cm, l'emploi combiné d'un finisseur grande largeur et d'un alimentateur autonome est une alternative intéressante sous l'angle des gains de rendement et qualité.*

2.3. Finisseur à pouvoir de compactage accru

(***) *L'emploi de ces finisseurs est intéressant avec les couches épaisses (> 7 cm), sur lesquelles ils se montrent fiables et permettent de limiter les déformations liées au compactage.*

Sauf dans le cas des enrobés drainants, l'emploi de leur pouvoir de compactage accru s'avère inutile voire nuisible sur les couches minces ou très minces (≤ 4 cm).

2.4. Mode de guidage

(****) *A noter que, pour les couches de roulement, ce cas n'est pas prévu par la norme NF P98-150 (version décembre 1991)*

2 - MISE EN OEUVRE - REPANDAGE

2.1. Couche d'accrochage (*)

La couche d'accrochage est appliquée à la rampe en une passe.

2.2. Largeur de travail et alimentation des finisseurs (**)

2.3. Finisseur à pouvoir de compactage accru (***)

2.4. Mode de guidage

2.4.1. Le CCTP prescrit la méthode de guidage

La méthode de guidage est prescrite en s'aidant des éléments donnés dans la norme NF P 98-150 et des éléments ci-après :

Pour les couches d'épaisseur < à 10 cm (et donc notamment les couches de roulement), le répandage vis calées donne de bons résultats pour autant que l'uni du support soit bon, la production régulière (température et teneur en liant) et le finisseur puissant, les deux dernières exigences croissant avec l'épaisseur. Pour les couches d'épaisseur comprise entre 5 et 10 cm, le guidage sur référence mobile (poutre de longueur > 11 m) peut être envisageable (****).

Pour les épaisseurs supérieures à 10 cm, le choix entre guide sur **référence mobile et référence fixe** est opéré en fonction des caractéristiques de nivellement et d'uni de la couche à revêtir. Le guidage sur référence fixe est adopté s'il y a lieu de corriger le nivellement ou si l'uni aux grandes longueurs d'onde est insuffisant.

Pour le répandage en plus de 5 m de large, il est préférable d'utiliser 2 références latérales (plutôt qu'une seule et l'affichage de la pente transversale).

Dans le cas des élargissements de chaussée existante, on travaillera en mode "mixte" : palpeur sur ouvrage existant plus référence mobile.

3.1. Choix et composition de l'atelier de compactage

() Outre les informations contenues dans le Guide de Compactage à paraître, on trouvera en partie II du présent document, des indications sur les ateliers de compactage les mieux adaptés à chaque produit.*

3.3. Epreuves initiales

*(**) La localisation de cette planche doit être définie en tenant compte du fait que sa réalisation conduit généralement à des imperfections liées :*

- aux difficultés de respecter les températures de répandage et les délais de compactage à cause des mesures, et de l'encombrement du chantier ;

- à la nécessité, au moins pour la planche d'essai, de dépasser le nombre de passes qui sera retenu pour le chantier.

C'est pourquoi, au moins pour une couche de roulement, il peut être judicieux d'imposer une zone hors chaussée principale (délaissé, parking, aire de repos...). Dans ce cas, la qualité de portance du support peut alors différer de celle du chantier, ce qui peut conduire à imposer une planche de référence.

2.4.2. La méthode de guidage est précisée par le PAQ de l'entreprise

Les éléments du §.2.4.1. ci-dessus ont valeur de commentaire pour aider à juger l'offre de l'entreprise.

2.5. Guidage sur fil

La distance maximale entre potences est de 7 m en alignement droit, et de 5 m dans les virages.

La tension des fils de guidage est telle qu'au milieu, entre 2 potences, la flèche du fil avec palpeur en appui est inférieure à 5 mm.

3 - MISE EN OEUVRE - COMPACTAGE

3.1. Choix et composition de l'atelier de compactage

Un Guide Technique "Compactage des enrobés à chaud", en préparation, fournira des indications pour l'acceptation de l'atelier de compactage proposé par l'entreprise (*).

3.2. Equipement des engins de compactage

Les compacteurs à pneumatiques doivent être équipés de jupes de protection protégeant ceux-ci du vent et limitant leur refroidissement.

Les compacteurs doivent comporter aussi un dispositif de pulvérisation d'huile anti-collage.

3.3. Epreuves initiales

La planche de vérification est réalisée dans les cas prévus par la norme NF P 98-150.(**)

Dans le cas d'une planche de référence, l'atelier utilisé est celui défini à l'issue de la planche d'essai ou de vérification.

3.4. Modalités de compactage

3.4.1. Le CCTP fixe la composition de l'atelier

(*) La surface A , qu'il est possible de compacter en m^2/h est déterminée par :

$$A = K \frac{Lc V 1000}{n} \quad (m^2/h)$$

V en km/h

Lc largeur de compactage du compacteur considéré en m

n nombre de passes choisi

K est souvent voisin de 0,65 à 0,7 mais il peut s'en éloigner du fait de la variabilité du recouvrement transversal. Il convient de le vérifier en cours de chantier.

La valeur de A doit être supérieure ou égale à la surface horaire répandue : $A \geq \frac{100 Q}{e \cdot \rho} \quad (1)$

avec Q débit de la centrale en t/h

e épaisseur de l'enrobé en cm

ρ masse volumique de l'enrobé (compacté sur l'épaisseur e) en g/cm^3 .

Valeurs usuelles

- Pneumatique $V = 6 \text{ km/h}$ $n = 8 \text{ à } 10 \text{ passes}$

- Lisse ou vibrant $V = 3 \text{ à } 4 \text{ km/h}$ $n = 4 \text{ à } 6 \text{ passes}$

Exemple

Le nombre de passes nécessaire pour le modèle de compacteur proposé est de 8 passes.

$$e = 5 \text{ cm avec } \rho = 2,30 \text{ g/cm}^3$$

$$V = 4 \text{ km/h ; } Lc = 2 \text{ m ; } K = 0,66$$

$$Q = 150 \text{ t/h}$$

L'inégalité (1) conduit à $n \leq 4$ passes. On en déduit donc qu'il faut deux compacteurs du type proposé.

3.4.2. La composition de l'atelier est précisée par le PAQ de l'entreprise

3.4. Modalités de compactage

3.4.1. Le CCTP fixe la composition de l'atelier de compactage

L'ordre d'intervention des engins et le nombre de passes de chaque engin peuvent se déterminer à l'aide des éléments fournis ci-après.

Le plan de balayage doit être conçu pour obtenir un **nombre de passes** le plus homogène possible en tout point de la surface compactée, pour assurer le cas échéant un **compactage efficace du joint** longitudinal et pour **éviter le fluage latéral des bords** de bande lorsqu'ils sont libres.

Les répercussions sur le coefficient de rendement des compacteurs :

- du recouvrement longitudinal,
- du compactage du ou des joints éventuels,
- du recouvrement transversal entre les diverses voies de compactage (qui dépend de la largeur de compactage L_c - cf. NF P 98-705 - et de la largeur répandue),
- et des courtes pauses,

doivent être évaluées de façon à vérifier que, globalement, les moyens de compactage sont compatibles avec la cadence de mise en oeuvre (*).

3.4.2. La composition de l'atelier est précisée par le PAQ de l'entreprise

Les éléments du § 3.4.1. (texte et commentaires) ont valeur de commentaires pour aider à juger la proposition de l'entreprise.

CARACTERISTIQUES SUR CHANTIER - CONTROLES

() La vérification du collage peut être réalisée par carottages qui permettent également de connaître l'épaisseur de la couche, ...*

CHAPITRE 6

CARACTERISTIQUES SUR CHANTIER - CONTROLES

La norme NF P 98-150 précise, selon le mode de guidage et la nature de la couche, les caractéristiques pouvant faire l'objet d'un contrôle : pourcentage de vides, épaisseur, profil en travers, nivellement-profil en long, flaches, uni et adhérence (macrotecture et coefficients de frottement), ainsi que les méthodes pour réaliser ces contrôles.

L'attention est en outre attirée sur le contrôle de la qualité de la liaison entre couches qui est le plus souvent assurée par une couche d'accrochage spécifiée dans le marché. Le contrôle porte sur la vérification de la nature du liant à chaque livraison, le dosage moyen et la régularité transversale du répandage (NF P 98-275-1) (*).

En ce qui concerne les caractéristiques d'uni et d'adhérence, on se reportera aux documents suivants :

Uni :

Circulaire n° 84-50 du 23 Juillet 1984 du MULT (Direction des Routes), qui précise les spécifications en matière d'uni sur chantier. Cette circulaire, accompagnée d'un Guide Technique, d'une méthode d'essai LPC à l'APL 25, et de clauses types pour le CCAP et le CCTP, a été publiée par le SETRA, avec une note de présentation datée du 11 Mars 1985, dans un document intitulé "Contrôle de l'uni longitudinal des travaux sur chaussées".

Adhérence :

* Circulaire n° 88-78 du 1er septembre 1988 du MELATT (Direction des Routes) sur l'adhérence des couches de roulement neuves. Cette circulaire ne comporte pas de spécifications en matière d'adhérence. On pourra se reporter à la note du SETRA du 16 Novembre 1988 adressée aux CETE, "Rôle du réseau technique dans l'application de la circulaire adhérence", qui comporte des valeurs de macrotecture pouvant être conseillées dans le CCTP. Le SETRA a publié en Septembre 1988 des clauses contractuelles types pour le RPAO, le CCAP et le CCTP dans un document intitulé : "Contrôle de la rugosité et de l'adhérence des couches de roulement neuves - Clauses contractuelles".

* Normes NF P 98-132 et NF P 98-137.

Page laissée blanche intentionnellement

ANNEXE 1

LISTE DES NORMES EN VIGUEUR EN NOVEMBRE 1994 DE PRODUITS HYDROCARBONES UTILISES SUR ROUTES NATIONALES

Dénomination	Abréviation	Norme Date	Domaine d'application
Bétons bitumineux semi-grenus	BBSG	NF P 98-130 Décembre 1991	Réalisation des couches de roulement et des couches de liaison, dans le cadre des travaux de construction, de renforcement ou d'entretien des chaussées
Bétons bitumineux minces	BBM	NF P 98-132 Juin 1994	Réalisation des couches de roulement et de liaison dans le cadre de travaux de construction ou d'entretien des chaussées.
Bétons bitumineux cloutés	BBC	NF P 98-133 Décembre 1991	Réalisation des couches de roulement dans le cadre de travaux neufs ou d'opérations d'entretien des chaussées
Bétons bitumineux drainants	BBD _r	NF P 98-134 Décembre 1991	Réalisation des couches de roulement dans le cadre de travaux de construction ou d'entretien des chaussées
Bétons bitumineux pour couches de surface de chaussées souples à faible trafic	BBS	NF P 98-136 Décembre 1991	Réalisation des couches de surface de chaussées souples à faible trafic, que ce soit en entretien ou en chaussée neuve
Bétons bitumineux très minces	BBTM	NF P 98-137 Mai 1992	Réalisation des couches de roulement dans le cadre de travaux de construction ou d'entretien des chaussées, en vue d'améliorer les caractéristiques de surface de la chaussée.
Graves bitume	GB	NF P 98-138 Octobre 1992	Réalisation des assises dans le cadre de travaux neufs ou de renforcement des chaussées
Enrobés à module élevé	EME	NF P 98-140 Octobre 1992	Réalisation des assises dans le cadre de travaux neufs ou de renforcement des chaussées
Bétons bitumineux à module élevé	BBME	NF P 98-141 Novembre 1993	Réalisation des couches de roulement et des couches de liaison dans le cadre de travaux de construction, de renforcement ou d'entretien des chaussées.

ANNEXE 2

MOYENNES DES TEMPERATURES MAXI ET MINI JOURNALIERES MENSUELLES - PERIODE 1921 - 1950

(Source Monographie METEOFRACTANCE n° 30 - Valeurs normales des températures 1921-1950)

Stations	θ mini journalière		θ maxi journalière		Type de climat (cf. Ch I § 3.1)
	Janvier	Février	Juillet	Août	
Agen	1,3	1,7	27,5	27,4	2
Ajaccio	3,3	3,9	27,7	28,1	2
Auxerre	0,0	0,2	25,2	24,8	1
Bastia	3,6	4,2	28,8	29,0	2
Besançon	- 1,5	- 1,0	24,8	24,3	3
Biarritz - Aéroport	4,3	4,6	23,2	23,6	1
Bordeaux - Merignac	1,9	2,2	26,0	26,2	1
Bourges (M.N.)	0,4	0,6	25,1	24,9	1
Bourg-St-Maurice	- 6,2	- 4,5	25,0	24,2	3
Brest - Guipavas	4,0	3,5	19,5	19,8	1
Carcassonne	2,0	2,5	28,1	27,8	2
Château-Chinon	- 1,5	- 1,2	22,0	21,5	3
Clermont-Ferrand - Aulnat	- 1,0	- 0,7	25,7	25,4	3
Dijon - Longvic	- 1,5	- 0,7	25,4	24,8	3
Embrun	- 4,5	- 3,0	26,4	25,3	3
Gourdon	0,7	1,3	26,8	26,7	1
Langres	- 2,2	- 1,4	22,8	22,3	3
Lille - Lesquin (M.N.)	0,5	0,6	22,4	22,5	1
Limoges	- 0,2	0,1	24,9	24,6	3
Lyon	- 0,8	- 0,3	26,8	26,1	3
Marseille - Marignane	1,5	2,1	29,3	28,8	2
Millau	- 0,3	- 0,1	27,2	26,6	3
Montélimar	0,9	1,7	29,0	28,3	2
Mont-de-Marsan	1,1	1,6	27,4	27,0	2
Nancy	- 1,6	- 1,3	24,0	23,5	3
Nantes - Château-Bougon	2,2	2,2	24,5	24,6	1
Nevers	- 0,4	- 0,1	24,9	24,7	3
Nice	3,9	4,6	26,9	27,2	2
Nîmes	1,9	2,6	30,3	29,2	2
Paris-Le Bourget	0,9	1,1	24,7	24,1	1
Perpignan	3,9	4,9	29,0	28,7	2
Poitiers	1,2	1,4	25,3	24,8	1
Le Puy en Velay	- 2,5	- 1,9	24,8	24,5	3
Reims	- 0,7	0,0	24,2	23,8	3
Rennes	2,2	2,3	23,4	23,2	1
Rouen	0,6	0,8	23,1	22,8	1
St-Auban-sur-Durance	- 0,5	0,5	29,0	28,5	2
St-Girons	- 1,0	0,0	25,5	25,0	3
St-Quentin	- 0,1	0,4	20,8	22,7	1
Strasbourg (M.N.)	- 2,0	- 1,5	25,1	24,3	3
Tarbes-Ossun	0,5	1,3	24,5	24,4	1
Toulon-La-Mître (M.N.)	5,2	5,5	27,4	27,4	2
Toulouse-Blagnac	1,0	1,6	27,8	27,7	2
Tours	1,3	1,6	25,0	24,6	1
Vichy	- 1,0	- 0,7	26,2	25,8	3
Villefranche de Rouergue	0,2	0,5	28,0	27,5	2

ANNEXE 3

RELATION ENTRE TENEUR EN LIANT ET MODULE DE RICHESSE

1 - DEFINITION

La teneur en liant est définie par le rapport de la masse de liant à la masse des granulats secs, exprimée en pourcentage.

Elle est calculée à partir du module de richesse K, de la surface spécifique conventionnelle Σ et d'un coefficient α correcteur de la masse volumique des granulats ρ_r (P 18-559) exprimée en gramme par centimètre cube, à l'aide de la relation suivante :

$$\text{Teneur en liant} = K \cdot \alpha \cdot \sqrt[5]{\Sigma}$$

$$\text{avec : } 100 \Sigma = 0,25 G + 2,3 S + 12 s + 135 f$$

avec les proportions pondérales :

G des éléments supérieurs à 6,3 mm,

S des éléments compris entre 6,3 et 0,315 mm

s des éléments compris entre 0,315 et 0,08 mm

f des éléments inférieurs à 0,08 mm

$$\text{et } \alpha = \frac{2,65}{\rho_r}$$

Le module de richesse, proportionnel à l'épaisseur conventionnelle du film de liant enrobant le granulat, présente ainsi l'intérêt d'être indépendant de la composition de l'enrobé et de la masse volumique des granulats.

2 - APPLICATIONS NUMERIQUES

Les tableaux qui suivent donnent, à titre indicatif, pour des valeurs usuelles de masse volumique des granulats, les teneurs en liant correspondant :

- aux valeurs minimales de module de richesse visées par la norme produit, pour les courbes granulométriques indicatives qu'elle fournit (cas des BBSG, BBM, BBC, BBS, GB) ou pour des courbes usuelles (cas des EME et BBME).

- ou à des formulations usuelles de BBDr.

Seuls les BBTM ne font pas l'objet d'un tableau de ce type, compte tenu de l'éventail important des compositions granulaires existantes.

2.1. Relation entre teneurs en liant et module de richesse minimal K. Valeurs indicatives en fonction de la masse volumique réelle des granulats

2.1.1. Courbes granulométriques indicatives fournies par la norme (BBSG, BBM, BBC, BBS, GB)

BBSG

Type de BBSG	Module de richesse K	Masse volumique réelle des granulats ρ_r			
		2,65	2,75	2,85	3,00
BBSG 0/10	3,5	5,8	5,6	5,4	5,2
BBSG 0/14	3,3	5,5	5,3	5,1	4,9

BBM

Type de BBM	Module de richesse K	Masse volumique réelle des granulats ρ_r			
		2,65	2,75	2,85	3,00
BBMa 0/10	3,3	5,5	5,3	5,1	4,8
BBMa 0/14	3,2	5,3	5,1	4,9	4,7
BBMb 0/10	3,3	5,8	5,6	5,4	5,1
BBMb 0/14	3,2	5,6	5,4	5,2	5,0
BBMc 0/10	3,3	5,5	5,3	5,1	4,8
BBMc 0/14	3,2	5,3	5,1	5,0	4,7
BBMd 0/10	3,3	5,6	5,3	5,2	4,9
BBMd 0/14	3,2	5,4	5,2	5,0	4,8

BBC

Type de BBC	Module de richesse K	Masse volumique réelle des granulats ρ_r			
		2,65	2,75	2,85	3,00
BBC 0/10	3,6	6,3	6,0	5,8	5,5
BBMC 0/6	3,8	6,9	6,6	6,4	6,1

BBS

Type de BBS	Module de richesse K	Masse volumique réelle des granulats ρ_r			
		2,65	2,75	2,85	3,00
BBS1 - 0/10	3,4	5,7	5,4	5,3	5,0
BBS2 - 0/10	3,7	6,0	5,8	5,6	5,3
BBS3 - 0/14	3,4	5,5	5,3	5,1	4,9
BBS4 - 0/14	3,1	5,2	5,0	4,8	4,6

GB

Type de GB	Module de richesse K	Masse volumique réelle des granulats ρ_r			
		2,65	2,75	2,85	3,00
0/14 classe 2	2,5	4,2	4,0	3,9	3,7
0/14 classe 3	2,8	4,7	4,5	4,3	4,1
0/20 classe 2	2,5	4,1	4,0	3,8	3,6
0/20 classe 3	2,8	4,6	4,4	4,3	4,1

2.1.2. Courbes granulométriques usuelles (EME, BBME)

EME

Type d'EME	Module de richesse K	Masse volumique réelle des granulats ρ_r			
		2,65	2,75	2,85	3,00
0/10 ou 0/14 classe 1	2,5	4,2	4	3,9	3,7
0/10 ou 0/14 classe 2	3,4	5,7	5,5	5,3	5
0/20 classe 1	2,5	4,1	4	3,8	3,6
0/20 classe 2	3,4	5,6	5,4	5,2	4,9

BBME

Type de BBME	Module de richesse K	Masse volumique réelle des granulats ρ_r			
		2,65	2,75	2,85	3,00
BBME 0/10	3,5	5,8	5,6	5,4	5,2
BBME 0/14	3,3	5,5	5,3	5,1	4,9

BBDr

Type de BBDr 0/10	Module de richesse K	Masse volumique réelle des granulats ρ_r			
		2,65	2,75	2,85	3,00
Bitume pur	3,1	4,6	4,4	4,2	4,0
Bitume polymère	3,25	4,8	4,6	4,4	4,2
Bitume + fibres	3,6	5,3	5,1	4,9	4,7
Bitume caoutchouc	4,0	5,9	5,7	5,5	5,2

Ce document est propriété de l'administration, il ne pourra être utilisé ou reproduit,
même partiellement, sans l'autorisation du SETRA ou du LCPC
© 1994 SETRA - Dépôt légal décembre 1994 - ISBN 2-11-085750-1

Page laissée blanche intentionnellement

Depuis 1991, plusieurs normes homologuées ont été éditées par l'AFNOR dans le domaine des enrobés à chaud. Ces normes ont un caractère très général, elles définissent différentes classes de constituants, de performances... mais ne précisent pas les classes à choisir en fonction des conditions d'emploi, ceci étant laissé à la discrétion de chaque Maîtrise d'Ouvrage.

Le présent document a pour objet de préciser, par référence aux normes, les exigences particulières de la Direction des Routes sur le réseau national. Il remplace les recommandations, directives, notes techniques SETRA-LCPC sur les enrobés à chaud publiées entre 1972 et 1985.

Since 1991, several official standards have been published by the French Standards Association, AFNOR, on the subject of hot asphalt mixes. These standards are of a very general nature. They define various

categories of constituent elements, of hot asphalt mix performances but do not indicate the categories to be chosen according to specific conditions of use, this being left to the discretion of individual project owners.

The object of this document is to indicate, by reference to the standards, the specific requirements of the Directorate of Roads in the national road network. It supersedes the SETRA and LCPC recommendations, directives and technical memos on hot asphalt mixes, published between 1972 and 1985.

Cette publication fait partie d'un ensemble de deux documents, disponible sous la référence D 9457

• au bureau de vente des publications du SETRA
46, avenue Aristide Briand - B.P. 100 - 92223 Bagneux Cedex - FRANCE
Tél. : (1) 46 11 31 53 et 46 11 31 55 - Télécopie : (1) 46 11 31 69

• au service IST - Publications du LCPC
58, boulevard Lefebvre - 75732 Paris Cedex 15 - FRANCE
Tél. : (1) 40 43 52 26 - Télécopie : (1) 40 43 54 98

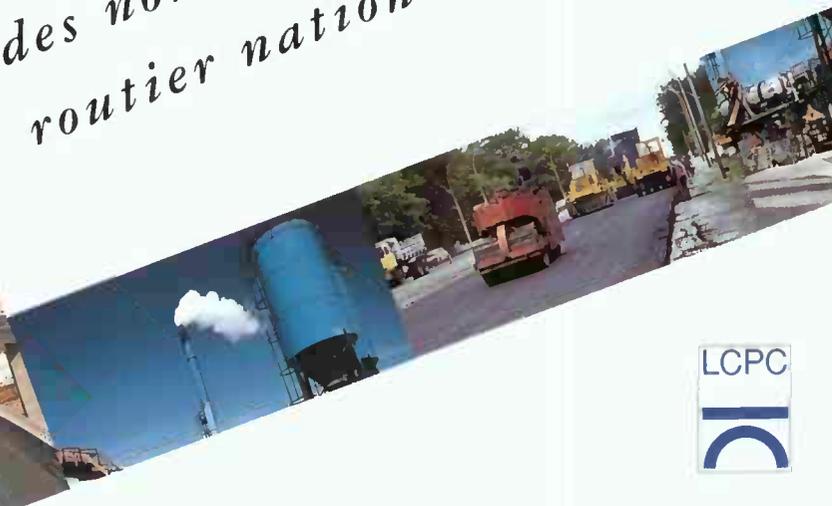
Prix de vente : 200 F



ENROBES HYDROCARBONÉS À CHAUD

Partie II
modules particuliers
aux produits normalisés

*Guide d'application
des normes pour le réseau
routier national*



Page laissée blanche intentionnellement



ENROBÉS HYDROCARBONÉS A CHAUD

Partie II

Modules particuliers aux produits normalisés

DÉCEMBRE 1994

Document réalisé par :



le SERVICE D'ETUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES
46, avenue Aristide Briand - B.P. 100 - 92223 Bagneux Cedex - France
Tél. : (1) 46 11 31 31 - Télécopie : (1) 46 11 31 69



le LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSEES
58, boulevard Lefebvre - 75732 Paris Cedex 15 - France
Tél. : (1) 40 43 50 00 - Télécopie : (1) 40 43 54 98

Ce guide d'application des normes a été élaboré au sein d'un groupe de travail composé de :

J. BELLANGER	CETE de l'Ouest / LR d'Angers
Y. BROSSEAUD	LCPC Nantes
J.F. CORTE	LCPC Nantes
J.L. DELORME	LREP Melun
P. DUPONT	SETRA
J.L. GOURDON	LCPC Nantes
V. GOYON	SETRA
R. HEUX	DDE du Puy-de-Dôme
G. LAURENT	CETE de l'Ouest
J.P. LAVAUD	CETE du Sud-Ouest
J.C. POIRIER	CETE Normandie Centre / LR Blois
D. RENAULT	CETE Méditerranée
P. VAN GREVENYNGHE	LR Aix

Le groupe de travail remercie tout particulièrement D. RENAULT / CETE Méditerranée qui a assuré toute la rédaction de ce guide.

S O M M A I R E

	pages
Bétons bitumineux semi-grenus BBSG	3
Bétons bitumineux minces BBM	15
Bétons bitumineux cloutés BBC	27
Bétons bitumineux drainants BBDr	41
Bétons bitumineux pour couches de surface de chaussées souples à faible trafic BBS	51
Bétons bitumineux très minces BBTM	61
Graves bitume GB	71
Enrobés à module élevé EME	81
Bétons bitumineux à module élevé BBME	89

Page laissée blanche intentionnellement

BÉTONS BITUMINEUX SEMI-GRENUX

(BBSG)

NF P 98-130

2.2. Support

() Du fait de leur épaisseur, les BBSG constituent (par rapport aux autres enrobés hydrocarbonés à chaud) des couches de surface bien adaptées aux supports fissurés. Mais si les fissures sont actives, c'est à dire si les 2 lèvres de la fissure présentent des mouvements l'une par rapport à l'autre (soit horizontal : dilatation - retrait ; soit vertical : battement, basculement), ces mouvements conduisent toujours à une remontée de la fissure en surface, au bout d'un délai croissant avec l'épaisseur et inverse de l'amplitude du mouvement.*

*(**) Sur des chaussées présentant ces déflexions limites, des déformations d'origine structurelle (orniérage à grand rayon) peuvent apparaître environ 10 ans après l'application du BBSG.*

I - DOMAINE D'APPLICATION

Couche de roulement et de liaison pour travaux de construction, de renforcement ou d'entretien des chaussées.

2 - CONDITIONS D'EMPLOI

2.1. Granularités - Epaisseur

Le choix de la granularité 0/10 ou 0/14 se fait essentiellement en fonction de l'épaisseur moyenne de mise en oeuvre :

- 6 à 7 cm pour les BBSG 0/10
- 7 à 9 cm pour les BBSG 0/14

2.2. Support (*)

- Les bétons bitumineux semi-grenus peuvent être utilisés :
 - **en couche de roulement ou de liaison initiale, ou en entretien, de chaussées neuves** dimensionnées conformément au Catalogue 1977 des structures types de chaussées neuves et à son actualisation 1988, **ou renforcées** conformément au guide de dimensionnement des renforcements de chaussées souples (1978) ;
 - **sur des chaussées souples traditionnelles**, en entretien, sous réserve que celles-ci présentent une déflexion caractéristique inférieure aux valeurs du tableau 1.

Les déflexions limites indiquées s'entendent pour des **chaussées support comportant au moins 10 cm de matériaux bitumineux en place**. Pour les trafics $\leq T3$, figurent entre parenthèses des valeurs relatives à des chaussées support ne comportant que 5 cm d'enrobé en place.

Tableau 1 - Déflexion caractéristique maximale du support ()**

Classe de trafic		$\leq T3$	T2	T1	$\geq T0$
Déflexion caractéristique 10^{-2} mm	6 cm BBSG	125 (110)	95	75	55
	8 cm BBSG	150 (130)	115	90	65

2.3. Adhérence - Imperméabilité

(*) *Vis à vis de l'ensemble des techniques hydrocarbonées à chaud pour couche de roulement, les BBSG se situent en adhérence parmi celles qui offrent les niveaux de performances les moins élevés.*

Les BBSG 0/14 présentent une macrotexture légèrement meilleure que les 0/10, mais l'adhérence en CFL (coefficient de frottement longitudinal) est équivalente pour les deux granularités, ainsi que l'imperméabilité.

2.4. Particularités à la fabrication et à la mise en oeuvre

(*) *Les BBSG 0/10 présentent généralement une meilleure homogénéité que les 0/14 qui nécessitent des précautions pour éviter le phénomène de ségrégation.*

3.2. Liants hydrocarboné

- Nature du bitume

(*) *Un bitume pur est généralement utilisé, l'emploi d'un bitume modifié pouvant être envisagé pour des niveaux de sollicitation (cf. Partie I, Ch. I, § 3) forts, dans les zones sollicitées vis à vis de l'orniérage : rampes (trafic lent canalisé), giratoires, carrefours à feux.....*

- Classe de bitume pur

(**) *Cf. Partie I, Tableau 8 donné à titre indicatif.*

- **Les déformations permanentes maximales autorisées sans reprofilage préalable** (par fraisage ou par apport de matériaux spécialement formulés) sont définies dans la norme.

2.3. Adhérence - Imperméabilité (*)

2.4. Particularités à la fabrication et à la mise en oeuvre (*)

3 - CONSTITUANTS

3.1. Granulats

Cf. Partie I, Tableaux 5, 6 et 7.

3.2. Liant hydrocarboné

- **Nature du bitume (*)**

- **Classe de bitume pur (**)**

4.1. Composition

(*) Courbe granulométrique

La courbe est en général continue avec un passant à 2 mm compris entre 28 et 40 %. L'emploi d'une courbe discontinue avec une forte proportion de gravillons conduit à une augmentation de la texture (avec un risque accru de ségrégation), mais il y a lieu alors de vérifier la résistance à l'orniérage.

Teneur en liant :

*(**) On trouvera en annexe 3 de la Partie I, à titre indicatif, les teneurs en liant correspondant aux valeurs minimales du module de richesse de la norme, pour diverses valeurs usuelles de la masse volumique des granulats et les courbes granulométriques indicatives qu'elle fournit.*

4 - COMPOSITION - PERFORMANCES

4.1. Composition

Courbe granulométrique : (*)

Teneur en liant : La norme NF P 98-130 prescrit des valeurs minimales du module de richesse (**).

4.2. Performances

On se reporte à la norme "BBSG" pour les points suivants :

- Pourcentage de vides à la PCG,
- Essai Duriez,
- Performances mécaniques (module et fatigue),
- Orniérage : les cas de réalisation de l'essai sont donnés dans la norme BBSG et précisés dans la **Partie I, Ch. 4, § 2.1 et 2.2.**

Lorsque l'essai d'orniérage doit être réalisé, les spécifications à demander sont les suivantes :

**Tableau 2 - Performances exigées à l'orniéreur
dans le cas où l'essai est spécifié**

		Niveau de sollicitation (1)	
		Fort	Faible
BBSG en couche de roulement		≤ 5 % à 30 000 cycles	Seuil minimal de la norme (≤ 10 % à 30 000 cycles)
BBSG en couche de liaison	e (2) ≤ 5 cm	8 % à 30 000 cycles	
	e (2) > 5 cm	Seuil minimal de la norme (≤ 10 % à 30 000 cycles)	

(1) Cf. Partie I - ch. 1 - § 3

(2) e est l'épaisseur totale des couches susjacentes

5.1. Le CCTP prescrit les ateliers de répandage et de compactage

(*)

Répandage

Les tables de compactage à "pouvoir de compactage accru" peuvent conduire à de faibles niveaux de macrotecture. Mais comme indiqué ci-après à propos des rouleaux vibrants, il faut raisonner à même niveau de pourcentage de vides.

Atelier de compactage

On a traditionnellement recours à l'atelier "compacteur à pneumatiques en tête" ; un ou des compacteurs à pneumatiques assurent le compactage proprement dit, puis un ou des cylindres statiques (tandems) assurent la finition, au sens de l'uni de la surface.

Il est également possible d'utiliser des rouleaux vibrants à la place de compacteurs à pneumatiques. Dans tous les cas où l'on manque d'expérience sur un enrobé donné, le rouleau vibrant monobille ou tandem doit être, par sécurité, suivi d'un compacteur à pneumatique. L'emploi de rouleaux vibrants peut être avantageux, notamment pour les enrobés les plus difficiles à compacter ou dans le cas de conditions atmosphériques défavorables (froid, vent). Pour ces enrobés, il faut veiller au risque de fissuration longitudinale au droit de la bille. On peut également envisager de faire les passes aller en dynamique et les passes retour en statique.

On attribue parfois de faibles niveaux de macrotecture à l'utilisation de rouleaux vibrants qui auraient tendance à coucher les gravillons. En fait, la macrotecture est en règle générale une fonction décroissante du niveau de compacité obtenu pour une formule considérée. Compte tenu de la plus grande efficacité des rouleaux vibrants, il faut donc établir les comparaisons à compacité donnée. On n'observe alors le défaut précité que pour quelques formules, plus sensibles à une "remontée du mortier".

L'utilisation d'un compacteur mixte vibrant/rouleau à bille déportable permet de compacter plus aisément le bord de bande.

5 - FABRICATION - MISE EN OEUVRE

Les conditions de fabrication et de mise en oeuvre définies par la norme NF P 98-150, et par la norme BBSG, sont complétées par les dispositions figurant en Partie I et par les suivantes :

5.1. Le CCTP prescrit les ateliers de répandage et de compactage (*)

Caractéristiques des engins

- Compacteurs à pneumatiques lestés à 3 t/roue, pneumatiques gonflés à des pressions de l'ordre de 0,7 à 0,8 MPa.
- Cylindres vibrants de charge/cm de génératrice < 35 kg. Moment des excentriques ≤ 20 m.N, fréquence de vibration maximale compatible avec un fonctionnement normal de l'engin.

5.2. Les ateliers de répandage et de compactage sont précisés par le PAQ de l'entreprise

Les éléments du §.5.1. (texte et commentaires) ont valeur de commentaire pour aider à juger la proposition de l'entreprise.

(*) Pour la macrotecture, les valeurs de HS vraie couramment obtenues sur les BBSG 0/10 sont comprises entre 0,5 et 0,7 mm et celles obtenues sur BBSG 0/14 sont comprises entre 0,6 et 0,9 mm.

Texte

6 - CARACTERISTIQUES SUR CHANTIER - CONTROLES

On se reporte aux documents généraux rappelés en Partie I, chapitre 6 (caractéristiques sur chantier) et à la norme BBSG. (*)

Page laissée blanche intentionnellement

BÉTONS BITUMINEUX MINCES

(BBM)

NF P 98-132

2.3 Support

() Comportement sur support fissuré :*

Sur des supports présentant des fissures très dégradées ou actives (avec mouvement des lèvres horizontal ou vertical), le délai de réapparition des fissures en surface est court même avec un dispositif retardant la remontée des fissures.

Les BBMa doivent être appliqués sur des supports ne présentant éventuellement que de la fissuration de surface ayant pris naissance "par le haut" par suite du vieillissement du bitume.

1 - DOMAINE D'APPLICATION

Couche de roulement et de liaison pour travaux de construction ou d'entretien des chaussées

2 - CONDITIONS D'EMPLOI

2.1. Granularités - Epaisseur

Le choix de la granularité 0/10 ou 0/14 se fait essentiellement en fonction de l'épaisseur moyenne de mise en oeuvre :

- 3 à 4 cm pour les BBM 0/10
- 3,5 à 5 cm pour les BBM 0/14

2.2. Classes de performance

Les BBM de classe 1 ne présentent pas une tenue à l'orniérage suffisante pour être utilisés sur le réseau routier national.

Les BBM de classe 2 et 3 ne peuvent être utilisés que dans certaines conditions (cf §.4.2.), les BBMa étant les seuls à pouvoir atteindre la classe 3.

2.3 Support (*)

Les BBM de classe 2 et 3 peuvent être utilisés :

- **en couche de roulement ou de liaison initiale, ou en entretien, de chaussées neuves** dimensionnées conformément au Catalogue 1977 des Structures types de chaussées neuves et à son actualisation 1988, **ou renforcées** conformément au guide de dimensionnement des renforcements de chaussées souples (1978), sous réserve de leur état de fissuration,
- **sur des chaussées souples traditionnelles**, en entretien des caractéristiques de surface, sous réserve qu'elle présentent une déflexion caractéristique inférieure aux valeurs du tableau 1.

Les déflexions limites indiquées s'entendent pour des **chaussées support comportant au moins 10 cm de matériaux bitumineux en place**. Pour les trafics $\leq T3$, figurent entre parenthèses des valeurs relatives à des chaussées support ne comportant que 5 cm d'enrobé en place.

(**) *Sur des chaussées présentant ces déflexions limites, des déformations d'origine structurelle (orniérage à grand rayon) peuvent apparaître environ 10 ans après l'application du BBM.*

(***) *Un reprofilage préalable est vivement recommandé dès que les déformations atteignent 1 cm pour des épaisseurs moyennes < 4 cm, ou pour une utilisation en couche de roulement quelle que soit l'épaisseur moyenne.*

2.4. Adhérence - Imperméabilité

(*) *Les BBMa fortement discontinus, présentent une meilleure macrotecture et une meilleure adhérence à vitesse élevée que les autres types de BBM.*

Les BBM à faible discontinuité (BBMb riches en fines, et BBMc) pouvant contenir des sables roulés, présentent une adhérence médiocre à vitesse élevée et sont plutôt à réserver aux voiries urbaines en couche de roulement, ou bien aux couches de liaison. En revanche, ils offrent une meilleure imperméabilité que les autres BBM.

Les BBMd continus sont intermédiaires en adhérence et imperméabilité entre les BBMa d'une part et les BBMb ou c de l'autre.

2.5. Particularités à la fabrication et à la mise en oeuvre

(*) *La qualité finale des BBM est particulièrement sensible aux conditions météorologiques à la mise en oeuvre. L'attention est en outre attirée sur les points suivants :*

- *BBMa - La granularité 0/14 discontinue 2/10 est sujette à la ségrégation lors de la fabrication. La mise en oeuvre peut alors conduire à un aspect hétérogène, avec remontée de mortier. La granularité 0/10 est plus facile d'emploi et permet d'obtenir un matériau plus homogène ;*
- *BBMc - L'adjonction de sable roulé peut conduire à des pourcentages de vides trop faibles : il convient de bien étudier la formulation pour éviter des phénomènes d'orniérage ultérieur sous circulation.*

Tableau 1 - Déflexion caractéristique maximale du support ()**

Classe de trafic		≤ T3	T2	T1	≥ T0
Déflexion caractéristique 10^{-2} mm	BBM au bitume pur	105 (90)	80	65	50
	BBM de module ≥ 12 000 MPa	120 (100)	90	70	55

Les **déformations permanentes maximales** autorisées sous la règle de 3 m sans reprofilage préalable (par fraisage ou par apport de matériaux spécialement formulés) sont définies dans la norme. (***)

2.4. Adhérence - Imperméabilité (*)

2.5 Particularités à la fabrication et à la mise en oeuvre (*)

3.2. Liant hydrocarboné

Nature du bitume

(*) Un bitume pur est généralement utilisé, l'emploi d'un bitume modifié pouvant être envisagé dans les zones sollicitées vis à vis de l'orniérage : rampes (trafic lent canalisé), giratoires, carrefours à feux,...

(**) Classe de bitume pur

Cf. Partie I, Tableau 8 donné à titre indicatif.

4.1. Composition

Teneur en liant : (*) On trouvera en annexe 3 de la Partie I, à titre indicatif, les teneurs en liant correspondant aux valeurs minimales du module de richesse de la norme, pour diverses valeurs usuelles de la masse volumique des granulats et les courbes granulométriques indicatives qu'elle fournit.

4.2. Performances

3 - CONSTITUANTS

3.1. Granulats

Cf Partie I, Tableaux 5, 6 et 7

3.2. Liant hydrocarboné

Nature du bitume (*)

21

Classe de bitume pur (**)

4 - COMPOSITION - PERFORMANCES

4.1. Composition

Courbe granulométrique :

- BBM a - La double discontinuité envisagée par la norme n'est possible qu'avec le BBM 0/14 ; elle est alors 2/4 - 6,3/10.

Teneur en liant : La norme NFP 98.132 prescrit des valeurs minimales du module de richesse (*).

4.2. Performances

On se reporte à la norme "BBM" pour les points suivants :

- Pourcentage de vides à la PCG,
- Essais Duriez,
- Performances mécaniques (module et fatigue),
- Orniérage : les cas de réalisation de l'essai sont donnés et précisés dans la norme BBM et dans la **Partie I, Ch 4, §.2.1. et 2.2.** Lorsque l'essai d'orniérage doit être réalisé, les spécifications à demander sont les suivantes :

22 (*) Si les BBMb, c, d sont utilisés en couche de roulement, il conviendra de définir des exigences particulières du point de vue de l'orniérage.

(**) En couche de liaison, les BBMb, c ou d peuvent être utilisés sous niveau de sollicitation fort si l'essai conduit à une ornière $\leq 15\%$ à 10 000 cycles.

**Tableau 2 - Performances exigées à l'ornièreur
dans le cas où l'essai est spécifié**

	Niveau de sollicitation (1)	
	Fort	Faible
BBMa en couche de roulement	$\leq 10\%$ à 10 000 cycles	Classe 3 norme BBM
BBMb, c, d en couche de roulement	non conseillé (*)	
BBMa en couche de liaison	Classe 3 norme BBM	Classe 2 norme BBM
BBMb, c, d en couche de liaison	non conseillé (**)	Classe 2 norme BBM

(1) Cf. Partie I - Ch. 1 - § 3

5 - FABRICATION - MISE EN OEUVRE

Les conditions de fabrication et de mise en oeuvre définies par la norme NF P 98-150, et par la norme BBM sont complétées par les dispositions figurant en Partie I et par les suivantes.

5.1. Le CCTP prescrit l'atelier de compactage

Atelier de compactage

Se reporter aux indications données pour les BBSG

Caractéristiques des engins

- Compacteurs à pneumatiques lestés à 2 à 3 t/roue, pneumatiques gonflés à des pressions de l'ordre de 0,4 à 0,7 MPa.
- Cylindres vibrants : se reporter aux indications données pour les BBSG.

5.2. L'atelier de compactage est précisé dans le PAQ de l'entreprise

Les éléments du §.5.1. ont valeur de commentaire pour aider à juger la proposition de l'entreprise.

() La norme BBM indique que la hauteur au sable mesurée après mise en oeuvre des BBMa doit être supérieure ou égale à 0,6 mm.*

Texte

6 - CARACTERISTIQUES SUR CHANTIER - CONTROLES

On se reporte aux documents généraux rappelés en Partie I, chapitre 6 (caractéristiques sur chantier), et à la norme BBM (*).

Page laissée blanche intentionnellement

BÉTONS BITUMINEUX CLOUTÉS

(BBC)

NF P 98-133

2.2. Support

() Comportement sur support fissuré :*

Les BBC 0/10 ne peuvent être appliqués sur des supports présentant des fissures dégradées ou actives (avec mouvement des lèvres vertical ou horizontal) sans réalisation préalable d'un dispositif retardant la remontée de fissures qui permet de prolonger de quelques années le délai de réapparition des fissures en surface.

Les BBC 0/6 doivent être appliqués sur des supports ne présentant éventuellement que de la fissuration de surface ayant pris naissance "par le haut" par suite du vieillissement du bitume du support.

1 - DOMAINE D'APPLICATION

Couche de roulement pour travaux de construction ou d'entretien des chaussées.

2 - CONDITIONS D'EMPLOI

2.1. Granularités - Epaisseur

Le choix de la granularité 0/6 ou 0/10 se fait essentiellement en fonction de l'épaisseur moyenne de mise en oeuvre :

- 3 cm pour les BBC 0/6
- 6 cm pour les BBC 0/10

2.2. Support (*)

Les BBC ne peuvent être utilisés que pour des niveaux de sollicitation faible (Partie I - Ch. 1 - § 3.2.) :

- **en couche de roulement initiale de chaussées neuves** dimensionnées conformément au Catalogue 1977 des structures types de chaussées neuves et à son actualisation 1988, ou renforcées conformément au Guide de dimensionnement des renforcements de chaussées souples (1978).
- **en entretien** des caractéristiques de surface **sur ces mêmes chaussées**, sous réserve :
 - qu'elles ne présentent pas de désordres d'origine structurelle si l'on envisage un BBC 0/6
 - de leur état de fissuration si l'on envisage un BBC 0/10.

Sur les chaussées souples traditionnelles, les BBC peuvent être utilisés sous réserve que ces chaussées présentent une déflexion caractéristique inférieure aux valeurs du tableau 1.

Les déflexions limites indiquées s'entendent pour des **chaussées support comportant au moins 10 cm de matériaux bitumineux en place** (pour les trafics $\leq T3$ figurent entre parenthèse des valeurs relatives à des chaussées support ne comportant que 5 cm d'enrobé en place).

(**) *Sur des chaussées présentant ces déflexions limites, des déformations d'origine structurelle (orniérage à grand rayon) peuvent apparaître environ 10 ans après l'application de BBC.*

2.3. Adhérence - Imperméabilité (*)

La particularité des BBC est la dissociation de la fonction adhérence des autres fonctions :

- *l'adhérence est apportée par le cloutage, qui conduit à une macrotecture élevée et de bonnes caractéristiques à vitesse élevée.*
- *les autres fonctions (imperméabilité, résistance mécanique, stabilité à l'orniérage) sont apportées par la matrice support de cloutage.*

En contrepartie, les BBC sont significativement plus bruyants que les autres bétons bitumineux, leur usage est donc généralement à éviter en traverse d'agglomération.

2.4. Particularités à la fabrication et à la mise en oeuvre (*)

La difficulté de cette technique réside dans la répartition régulière et le bon enchâssement des clous dans la matrice support de cloutage. En l'état actuel de la technique et des gravillonneurs, l'aspect du cloutage n'est jamais parfaitement régulier, ce qui a constitué un frein (avec le bruit) au développement de cette technique qui tend à ne plus être utilisée.

Tableau 1 - Déflexion caractéristique maximale sur le support ()**

Classe de trafic		≤ T3	T2	T1	≥ T0
Déflexion caractéristique 10 ⁻² mm.	BBC 0/10	125 (110)	95	75	55
	BBC 0/6	90 (80)	70	55	45

Les déformations permanentes maximales autorisées sous la règle de 3 m, sans reprofilage préalable (par fraisage ou par apport de matériaux spécialement formulés) sont définies dans la norme.

2.3. Adhérence - Imperméabilité (*)

2.4. Particularités à la fabrication et à la mise en oeuvre (*)

Le respect des températures minimales au répandage est impératif.

3.2. Liant hydrocarboné

Nature du bitume

(*) Un bitume pur est généralement utilisé pour la matrice et pour le laquage des gravillons de cloutage.

(**) *Classe de bitume pur*

Cf Partie I Tableau 9 donné à titre indicatif.

4.1. Composition

(*) *Courbe granulométrique*

Les courbes sont en général continues, avec, pour le BBC 0/10, un passant à 6,3 mm compris entre 70 et 80 %, et à 2 mm compris entre 40 et 50 %.

(**) **Teneur en liant** : On trouvera en annexe 3 de la Partie I, à titre indicatif, les teneurs en liant correspondant aux valeurs minimales du module de richesse de la norme, pour diverses valeurs usuelles de la masse volumique des granulats, et les courbes granulométriques indicatives qu'elle fournit.

4.2. Performances

(*) Les BBC ne sont pas utilisés dans les cas de sollicitation forte.

3 - CONSTITUANTS

3.1. Granulats

Cf Partie I Tableau 5

3.2. Liant hydrocarboné

Nature du bitume (*)

Classe de bitume pur (**)

4 - COMPOSITION - PERFORMANCES

4.1. Composition

Courbe granulométrique (*)

Teneur en liant : La norme NFP 98-133 prescrit des valeurs minimales du module de richesse (**).

4.2. Performances :

On se reporte à la norme "BBC" pour les points suivants :

- Pourcentage de vides à la PCG,
- Essais Duriez,
- Performances mécaniques,
- Orniérage : les cas de réalisation de l'essai sur la matrice sont donnés dans la norme BBC et précisés dans **la Partie I, Ch 4 - §.2.1. et 2.2.1.**

Les niveaux d'exigence dans le cas du niveau de sollicitation faible (cf. Partie I - Ch. I - § 3.2.) (*) sont ceux de la norme BBC.

5.2. Répandage des gravillons de cloutage

(*) Si l'engin de répandage est automoteur, il sera ramené au niveau des camions sur le béton bitumineux compacté. Dans le cas contraire, les camions pourront circuler à faible vitesse sur le béton bitumineux faiblement compacté : on aura soin d'abaisser la pression de gonflage de leurs pneumatiques pour atténuer les déformations qu'ils pourraient créer.

(**) Il est inutile de clouter la surlargeur en rendant plus difficile l'exécution et l'entretien de la bande de rive.

(***) Un recouvrement est impossible puisque le répandage en dehors de l'enrobé chaud ne donne lieu qu'à une perte de granulats qu'il faudra éliminer par balayage de la surface de la chaussée.

(****) Afin de réaliser convenablement le joint transversal, le finisseur doit être sorti rapidement de la bande de travail pour permettre en temps utile le répandage des granulats.

5 - FABRICATION - MISE EN OEUVRE

Les conditions de fabrication et de mise en oeuvre définies par la norme NF P 98.150 et par la norme BBC, sont complétées par les dispositions figurant en Partie I et par les suivantes.

5.1. Laquage des gravillons de cloutage

Cette opération est réalisée en centrale d'enrobage à chaud, avec un bitume pur 35/50 ou 50/70.

5.2. Répandage des gravillons de cloutage

Les granulats ayant été stockés à proximité du chantier, l'approvisionnement de l'engin de répandage (*) est exécuté avec des camions de petit tonnage.

Exécution des joints

Si la rive de la chaussée est destinée à recevoir une bande de peinture, le cloutage est limité à la zone habituellement circulée (**).

Lorsque les enrobés sont répandus en deux ou plusieurs bandes, correspondant chacune à une voie, le joint longitudinal du cloutage sera exécuté sans manque (***) .

On opère de même pour les joints transversaux par une reprise "bord à bord" et sans manque (****).

(*) 5.5. Incidents de chantier

La réussite du cloutage est particulièrement liée à la température du béton bitumineux support au moment où l'enclassement des granulats de cloutage est réalisé.

Lorsqu'accidentellement un camion subit une attente prolongée, sa température doit être vérifiée avant répandage (cf. §.6). Si elle est satisfaisante, pour obtenir un enclassement satisfaisant des granulats de cloutage, il est conseillé de renforcer le cylindrage (4 à 6 passes) avant de commencer le compactage aux pneumatiques.

En cas d'arrêt du finisseur dû à un incident mécanique du matériel, à une panne de la centrale de fabrication ou à un manque d'approvisionnement en béton bitumineux ; il est recommandé, avant que la température du béton bitumineux support ne soit trop faible (≤ 120 °C), de déplacer le finisseur afin de pouvoir assurer le cylindrage et le compactage de la bande de béton bitumineux clouté longue d'un à deux mètres environ située entre le finisseur et le répandeur. Cette opération nécessite la création d'un joint transversal supplémentaire, mais doit permettre de limiter les difficultés d'enfoncement des granulats de cloutage à trop faible température.

En cas de panne de la machine de cloutage, la section non cloutée doit l'être manuellement à la pelle. Comme précédemment, le finisseur doit être déplacé pour assurer le cylindrage et le compactage dans de bonnes conditions.

5.3. Compactage

5.3.1. Le CCTP prescrit les ateliers de compactage

Enchâssement des clous dans le support : cette opération est exécutée au cylindre à jantes lisses de 8 à 12 t comportant un dispositif de mouillage des billes pour éviter le collage des granulats.

Compactage de la matrice support de cloutage :

- . Atelier de compactage : se reporter aux indications données pour les BBSG
- . Caractéristiques des engins :
 - Compacteurs à pneumatiques pour BBC 0/6 : charge de 2 à 3 t/roue, pneumatiques gonflés à des pressions de l'ordre de 0,4 à 0,7 MPa ;
 - Compacteurs à pneumatiques pour BBC 0/10 : charge de 3 t/roue, pneumatiques gonflés à des pressions de l'ordre de 0,7 à 0,8 MPa ;
 - Cylindres vibrants : se reporter aux indications données pour les BBSG.

5.3.2. Les ateliers de compactage sont précisés par le PAQ de l'entreprise

Les éléments du §.5.3.1. ont valeur de commentaire pour aider à juger la proposition de l'entreprise.

5.4. Elimination des granulats de cloutage non enchâssés

L'élimination des granulats de cloutage non enchâssés après compactage s'effectue par balayage, ou mieux par aspiration avant mise en circulation.

Les granulats mal enchâssés dans le support et désolidarisés de celui-ci quelques jours après la mise en circulation, sont de nouveau éliminés par balayage pour éviter les bris de pare-brise.

5.5. Incidents de chantier (*)

Contrôle préalable

(*) Faute de processus opératoire précis, on utilisera, en longitudinal et en transversal, des cadres de 0,20 m x 0,50 m (la plus petite dimension étant placée perpendiculairement au sens du répandage), qui permettront de caractériser :

- la régularité de répandage, par un coefficient de variation C_v ($C_v = \sigma/m$, σ étant l'écart-type et m la moyenne des mesures) ;
- le dosage moyen.

(**) Il permet de :

- déceler des écarts importants de régularité du répandage ;
- se rendre compte du bon enchâssement des clous dans la matrice.

6 - CARACTERISTIQUES SUR CHANTIER - CONTROLES

En complément aux documents généraux rappelés en Partie I (chapitre 6, caractéristiques sur chantier) et à la norme BBC, les exigences particulières suivantes sont spécifiées.

Contrôle préalable

Avant le démarrage d'un chantier, on vérifie les performances de la répandeuse de granulats. Une planche d'essai permet, tout en définissant l'atelier de compactage du béton bitumineux support, de s'assurer de la régularité de répartition des granulats et du réglage de la machine au dosage prescrit. (*)

Contrôles en cours de travaux

Température des enrobés

La température des enrobés ne doit pas être inférieure à 135 °C ou 140 °C, selon la pénétrabilité du bitume employé : 50/70 ou 35/50.

Cloutage

Un contrôle visuel continu du cloutage est exercé (**).

Le dosage moyen se rapportant à une section déterminée est obtenu en divisant la quantité de granulats de cloutage mise en oeuvre sur cette section par la surface couverte.

Page laissée blanche intentionnellement

BÉTONS BITUMINEUX DRAINANTS

(BBDr)

NF P 98-134

2.1. Granularités - Epaisseur

() La granularité 0/6,3 est assez peu utilisée ; sur certains chantiers, ce type de formule a conduit à un colmatage rapide, et à une perte précoce du caractère drainant de l'enrobé.*

1 - DOMAINE D'APPLICATION

Couche de roulement pour travaux de construction ou d'entretien des chaussées.

2 - CONDITIONS D'EMPLOI

2.1. Granularités - Epaisseur

Le choix de la granularité est lié à l'épaisseur moyenne de mise en oeuvre :

- 3 cm pour les BBDr 0/6,3 (*) ;
- 4 cm pour les BBDr 0/10 et 0/14.

2.2. Support

Les BBDr doivent être utilisés sur des **supports durablement étanches** ou rendus étanches par application d'une couche d'imperméabilisation. En l'état actuel des connaissances, on réserve leur utilisation aux chaussées à couche de base bitumineuse, dimensionnées conformément au Catalogue 1977 des structures types de chaussées neuves et à son actualisation 1988, ou renforcées en grave bitume conformément au Guide de dimensionnement des renforcements de chaussées souples de 1978.

Leur utilisation sur chaussée souple traditionnelle ne peut être envisagée que si le support ne présente que peu ou pas de fissuration et si la déflexion caractéristique est inférieure aux valeurs du tableau 1.

Les déflexions limites indiquées s'entendent pour des **chaussées support comportant au moins 10 cm de matériaux bitumineux en place**. Pour les trafics $\leq T3$ figurent entre parenthèses des valeurs relatives à des chaussées ne comportant que 5 cm d'enrobé en place.

Tableau 1 - Déflexion caractéristique maximale du support

Classe de trafic	$\leq T3$	T2	T1	$\geq T0$
Déflexion caractéristique 10^{-2} mm	90 (80)	70	55	45

Les déformations permanentes maximales autorisées sans reprofilage préalable (par fraisage ou par apport de matériaux spécialement formulés) sont définies dans la norme.

Le reprofilage préalable éventuel est réalisé avant la couche d'imperméabilisation du support.

2.3. Site

(*) *Dans ces situations, les efforts de cisaillement liés à l'envirage et au freinage conduisent à des arrachements de gravillons.*

(**) *Il faut éviter que l'utilisateur ne soit surpris, par temps de pluie par les projections d'eau sur les revêtements classiques. Sur les chaussées séparées, une solution intéressante consiste à réaliser une zone de transition avec une diminution progressive du pourcentage de vides de l'enrobé.*

2.4. Viabilité hivernale

(*) *Il faut pouvoir intervenir rapidement, avec un matériel et des fondants adaptés comportant peu d'insolubles. (cf. note d'information SETRA n° 67)*

2.5 Adhérence - Bruit

(*) *Les BBDr présentent une très bonne adhérence à vitesse élevée, mais moyenne à vitesse faible ou modérée. La microtexture dépend en particulier du CPA des gravillons.*

Il n'y a pas de différence significative d'adhérence entre les 0/10 et les 0/14, sauf en jeune âge (trafic cumulé < 200 000 PL) où les 0/10 présentent un CFL supérieur de 0,04 à 0,06 à celui des 0/14.

Le meilleur compromis bruit/adhérence/drainabilité est obtenu avec les 0/10 discontinus 2/6,3.

2.6. Particularités à la fabrication et à la mise en oeuvre (*)

Les 0/10 sont généralement plus homogènes que les 0/14 (tendance à la ségrégation).

3.2. Liant hydrocarboné

Nature du bitume

(*) *En l'état actuel des connaissances, on n'a pas pu mettre clairement en évidence une différence de comportement entre les BBDr au bitume pur et les BBDr au bitume modifié. Si ce dernier est envisagé, on l'utilisera préférentiellement pour les trafics élevés.*

Classe de bitume pur

(**) *Cf Partie I, Tableau 8*

2.3. Site

L'utilisation d'un BBDr doit être évitée en site difficile (zones sinueuses) et en zones singulières (giratoires, carrefours à feux, zones d'arrêt...) (*).

Une attention toute particulière est portée à l'emplacement des extrémités de la zone d'application du BBDr (bonne visibilité (**)) .

2.4. Viabilité hivernale

Par rapport à un enrobé de roulement "classique", un BBDr présente des spécificités de comportement hydrique et thermique qui nécessitent d'adopter des dispositions spéciales en matière d'entretien hivernal (*).

2.5 Adhérence - Bruit (*)

2.6. Particularités à la fabrication et à la mise en oeuvre (*)

3 - CONSTITUANTS

3.1. Granulats

Cf Partie I, Tableau 5

3.2. Liant hydrocarboné

Nature du bitume (*)

Classe de bitume pur ()**

4.1. Composition

(*) Courbe granulométrique : Les BBDr les plus couramment utilisés sont des 0/10 discontinus 2/6,3 présentant 3,5 à 4,5 % de fines et 10 à 14 % de passant à 2 mm.

() Teneur en liant** : On trouvera en annexe 2 de la Partie I, à titre indicatif, des teneurs en liant en fonction de la masse volumique réelle des granulats pour des formulations usuelles de BBDr 0/10 discontinus 2/6,3 en 4 cm d'épaisseur. Ces teneurs en liant ne correspondent pas à des valeurs minimales.

4 - COMPOSITION - PERFORMANCES

4.1. Composition

Courbe granulométrique (*)

Teneurs en liant (**)

4.2. Performances

On se reporte à la norme "bétons bitumineux drainants" pour :

- Le pourcentage de vides à la PCG,
- L'essai Duriez.

5 - FABRICATION - MISE EN OEUVRE

Les conditions de fabrication et de mise en oeuvre définies par la norme N FP 98-150 et par la norme BBDr sont complétées par les dispositions figurant en Partie I, et par les dispositions suivantes :

Couche d'accrochage

Le dosage minimum de la couche d'accrochage est de 400 g/m² de liant résiduel. Celle-ci peut être gravillonnée par un gravillon 4/6,3 ou 2/4, à raison d'environ 3 l/m².

Compactage

Avec les enrobés drainants au bitume modifié par des polymères, on utilise des cylindres à jante lisse (ou des vibrants travaillant en statique).

Perméabilité

() A l'heure actuelle des valeurs supérieures à 0,8 cm/s sont couramment obtenues sur 90 % des points avec des moyennes de l'ordre de 1,1 à 1,2 cm/s (chantiers 1992-1993).*

6 - CARACTERISTIQUES SUR CHANTIER - CONTROLES

En complément aux documents généraux rappelés en Partie I (chapitre 6, Caractéristiques sur chantier), et à la norme BBDr, les exigences particulières suivantes sont spécifiées :

Perméabilité

Le contrôle au drainomètre de chantier (NF P 98-254.3) doit conduire à des vitesses de percolation supérieures à 0,6 cm/s en tout point, avec une moyenne supérieure à 1 cm/s (*).

Page laissée blanche intentionnellement

**BÉTONS BITUMINEUX
POUR COUCHES
DE SURFACE DE
CHAUSSÉES SOUPLES
A FAIBLE TRAFIC**

(BBS)

NF P 98-136

2.2. Support

(*) En construction de chaussée neuve, on pourra appliquer le Manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic (1981) et retenir, conformément aux épaisseurs préconisées dans le tableau XVI (choix de la couche de surface), les types de BBS figurant dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 - Choix du type de BBS en construction

<i>Classe de trafic à la mise en service</i>	<i>Durée de service courte ou risque admis grand</i>	<i>Durée de service longue</i>
<i>t4</i>		<i>6 à 8 BB : BBS2 ou BBS3</i>
<i>t3-</i>	<i>4 à 5 BB : BBS1 ou BBS2</i>	<i>10 BB : BBS4</i>
<i>t3+</i>	<i>6 à 8 BB : BBS2 ou BBS3</i>	<i>12 BB : BBS4</i>

1 - DOMAINE D'APPLICATION

Couche de surface de chaussées souples à faible trafic pour travaux de construction ou d'entretien des chaussées.

Les faibles trafics sont définis par un nombre de poids lourds (véhicule de charge utile > 5 t), en moyenne journalière annuelle sur la voie la plus chargée, inférieur ou égal à 150 (classe de trafic \leq T3 - cf. Partie I, ch. 1, §.2.)

2 - CONDITIONS D'EMPLOI

2.1. Granularités- Epaisseur

Le choix de la granularité 0/10 ou 0/14 se fait essentiellement en fonction de l'épaisseur moyenne de mise en oeuvre :

- 0/10 : BBS1 en 4 à 5 cm
BBS2 en 4 à 6 cm
- 0/14 : BBS3 en 8 cm
BBS4 en 10 à 12 cm

2.2. Support

Les bétons bitumineux pour chaussées souples à faible trafic sont réservés aux chaussées souples traditionnelles à trafic inférieur ou égal à T3.

Chaussées neuves (*)

2.3. Adhérence - Imperméabilité

() La macrotecture et l'adhérence offertes par les BBS2 (0/10 continus) sont significativement plus faibles que celles des trois autres types de BBS.*

L'imperméabilité des 4 formules est équivalente, et de niveau satisfaisant.

2.4. Particularités à la fabrication et à la mise en oeuvre

() Le BBS1 s'apparente aux formules de BBMc 0/10 et comme ces dernières implique un respect rigoureux des proportions de sable et de gravillons à la fabrication.*

L'obtention d'un uni satisfaisant avec le BBS4 est délicate compte tenu de son épaisseur d'application.

Les BBS 1 et 2, de granularité 0/10, présentent généralement une meilleure homogénéité que les BBS 3 et 4, de granularité 0/14, qui présentent une tendance à la ségrégation.

Entretien

En entretien, les BBS1 et BBS2 doivent être réservés à des supports ne présentant pas de fissuration grave (pas de mouvements verticaux ou de basculement aux lèvres des fissures) et dont la déflexion caractéristique est limitée aux valeurs maximales du tableau 2 en fonction du trafic cumulé projeté en nombre de poids lourds NPL.

Tableau 2 - Déflexion caractéristique maximale

NPL	Entre 3.10^5 et 10^6	Inférieur à 3.10^5
Déflexion caractéristique 10^{-2} mm	150	200

Les BBS3 et BBS4 sont appliqués, en entretien de chaussées souples dégradées, en épaisseur adaptée au type de BBS envisagé et à l'état et la portance du support, à l'issue d'une étude de dimensionnement de renforcement.

Les déformations permanentes maximales autorisées sans reprofilage préalable (par fraisage ou par apport de matériaux spécialement formulés) sont définies par la norme.

2.3. Adhérence - Imperméabilité

Le BBS2 n'est utilisé qu'en couche de liaison revêtue d'un enduit, ou en support de cloutage (*).

2.4. Particularités à la fabrication et à la mise en oeuvre (*)

3.1. Granulats

3.2. Liant hydrocarboné

Nature du bitume

(*) Un bitume pur est généralement utilisé.

Classe de bitume pur

(**) Cf Partie I, Tableau 10 donné à titre indicatif.

4.1. Composition

Courbe granulométrique :

(*) L'utilisation éventuelle de sable roulé (ou broyé) autorisée par la norme pour les BBS 2, 3 et 4 doit être étudiée au vu des résultats d'essais à la PCG.

L'utilisation d'une fraction 0/6,3 autorisée par la norme (BBS 2, 3 ou 4) rend difficile l'obtention d'une courbe granulométrique permettant de satisfaire les performances visées par la norme, en raison de leur faible pourcentage en éléments inférieurs à 2 mm. En outre, les risques de ségrégation avec une telle fraction sont accrus.

Teneur en liant :

(**) On trouvera en annexe 3 de la Partie I, à titre indicatif, les teneurs en liant correspondant aux valeurs **minimales** de module de richesse K visées par la norme, pour les courbes indicatives qu'elle fournit et pour des valeurs usuelles de masse volumique réelle des granulats.

3 - CONSTITUANTS

3.1. Granulats

Cf Partie I, Tableau 5, 6 et 7.

3.2. Liant hydrocarboné

Nature du bitume (*)

Classe de bitume pur (**)

4 - COMPOSITION - PERFORMANCES

4.1. Composition

Courbe granulométrique (*)

Teneur en liant : La norme NFP 98-136 prescrit des valeurs minimales du module de richesse (**).

4.2. Performances

On se reporte à la norme BBS pour les points suivants :

- Pourcentage de vides à la PCG,
- Essais Duriez.

[Faint, illegible text in the left margin]

[Faint, illegible text in the right margin]

Texte

5 - FABRICATION - MISE EN OEUVRE

Les conditions de fabrication et de mise en oeuvre définies par la norme NF P 98-150 et par la norme BBS sont complétées par les dispositions figurant en Partie I et par les suivantes.

Compactage

Se reporter aux indications données pour les BBSG.

6 - CARACTERISTIQUES SUR CHANTIER - CONTROLES

On se reporte aux documents généraux rappelés en Partie I (chapitre 6, Caractéristiques sur chantier) et à la norme BBS.

Page laissée blanche intentionnellement

BÉTONS BITUMINEUX TRÈS MINCES

(BBTM)

NF P 98-137

2.2. Support

(*) Les BBTM doivent être appliqués sur des supports ne présentant éventuellement que de la fissuration de surface ayant pris naissance "par le haut" par suite du vieillissement du bitume du support. Sur des supports présentant des fissures dégradées ou actives (avec mouvement des lèvres horizontal ou vertical), le délai de réapparition des fissures en surface est très court même avec un dispositif retardant la remontée de fissures.

(**) En l'absence de valeurs de caractéristiques mécaniques (module) des BBTM, le tableau 1 donne des déflexions caractéristiques limites **indicatives**, à confirmer par l'expérience locale.

Ces déflexions limites s'entendent pour des **chaussées support comportant au moins 10 cm de matériaux bitumineux en place** (pour $T \leq T3$, figurent entre parenthèses des valeurs relatives à des chaussées ne comportant que 5 cm d'enrobé en place).

Tableau 1 - Déflexion caractéristique maximale indicative du support

Classe de trafic	$\leq T3$	T2	T1	T0
Déflexion caractéristique indicative 10^{-2} mm	100 (90)	80	65	50

Sur des chaussées présentant ces déflexions limites, des déformations d'origine structurelle (orniérage à grand rayon) peuvent apparaître environ 10 ans après l'application du BBTM.

1 - DOMAINE D'APPLICATION

Couche de roulement pour travaux de construction ou d'entretien des chaussées en vue d'améliorer les caractéristiques de surface de la chaussée.

2 - CONDITIONS D'EMPLOI

2.1. Granularité - Epaisseur

Les BBTM sont conçus pour être appliqués en épaisseur moyenne de 2 à 2,5 cm, les épaisseurs les plus faibles étant obtenues avec les granularités 0/6,3 et les plus fortes avec les granularités 0/14.

2.2. Support (*)

Les BBTM peuvent être utilisés en **couche de roulement initiale ou en entretien de chaussées, neuves** dimensionnées conformément au Catalogue 1977 des structures types de chaussées neuves et à son actualisation 1988, **ou renforcées** conformément au Guide de dimensionnement des renforcements de chaussées souples (1978) et ne présentant pas de problème structurel.

En entretien de chaussée souple traditionnelle, ils ne peuvent être utilisés que sur des supports présentant un niveau de déformabilité compatible avec le trafic (sous réserve de leur état de fissuration) (**).

(*) 2.3. Adhérence - Imperméabilité

La plupart des formules 0/10 présentent une discontinuité granulaire conduisant à une macrotexture élevée, supérieure à celle obtenue avec les formules 0/6,3, qui offrent cependant une bonne adhérence à toutes les vitesses.

L'étanchéité n'est pas assurée par ce type de revêtement, en particulier avec les formulations de type 2 à fort pourcentage de vides qui les apparente à des BB drainants très minces : l'imperméabilité doit être recherchée au niveau de la couche d'accrochage par son dosage et la régularité de celui-ci.

(*) 2.4. Particularités à la fabrication et à la mise en oeuvre

Les BBTM sont particulièrement sensibles aux conditions météorologiques à la mise en oeuvre. La qualité de la couche d'accrochage est prépondérante pour leur tenue ultérieure, on pourra avoir recours à l'utilisation d'une émulsion de bitume modifié.

Les BBTM 0/14 sont délicats à la fabrication (tendance à la ségrégation) et peuvent présenter de ce fait un aspect hétérogène à la mise en oeuvre.

3.2. Liant hydrocarboné

(*) Nature du bitume

L'utilisation d'un bitume modifié est recommandée pour les niveaux de sollicitation élevés (cf. Partie I, Ch. 1, §.3.) ou sur zones singulières à sollicitations élevées : circulation canalisée à vitesse lente (rampes), giratoires, zones de freinage. Il existe cependant des exemples de bon comportement avec des bitumes purs sous trafic T0.

() Classe de bitume pur**

Cf Partie I, Tableau 8, donné à titre indicatif.

Les déformations permanentes maximales autorisées sans reprofilage préalable par fraisage ou par apport de matériaux spécialement formulés) sont définies dans la norme.

2.3. Adhérence - Imperméabilité (*)

2.4. Particularités à la fabrication et à la mise en oeuvre (*)

3 - CONSTITUANTS

3.1. Granulats

Cf Partie I, tableau 5.

3.2. Liant hydrocarboné

Nature du bitume (*)

Classe de bitume pur (**)

4.1. Composition

(*) Courbe granulométrique :

Les BBTM les plus couramment utilisés sont les suivants :

- *BBTM 0/10 discontinu 2/6,3 de type 1 ou 2, présentant respectivement un passant à 2 mm de l'ordre de 25 % à 30 % ;*
- *BBTM 0/6,3 discontinu 2/4.*

() Teneur en liant :**

En bitume pur 35/50 ou 50/70, les teneurs en liant courantes (pour des granulats de masse volumique = 2,65 g/cm³) sont les suivantes :

- *BBTM 0/10 discontinu 2/6,3 : 5,7 à 6,2 % ;*
- *BBTM 0/6,3 discontinu 2/4 : 6,2 à 6,4 %.*

En cas d'emploi d'un liant modifié ou d'ajout de fibres le dosage est généralement majoré de 0,2 point.

4.2. Performances

() Les pourcentages de vides à la PCG à 25 girations sont généralement compris entre 7 et 13 %, sauf pour les formules à faible dosage en sable (20 à 25 %) qui, avec des pourcentages en vides de 14 à 18 %, se rapprochent de formules drainantes en couche très mince.*

4 - COMPOSITION - PERFORMANCES

4.1. Composition

Courbe granulométrique (*)

Teneur en liant (**)

4.2. Performances

On se reporte à la norme BBTM pour :

- le pourcentage de vides à la PCG (*) ;
- l'essai Duriez ;
- la durabilité de la texture.

L'essai de durabilité de la rugosité géométrique visé au tableau 4 de la norme est obligatoire pour une formule nouvelle ou l'adaptation d'une formule ou lorsque les derniers essais avec la même formule ont plus de cinq ans, dans les cas suivants :

- formulation avec sable roulé ou broyé ou issu d'un concasseur à axe vertical ;
- niveau de sollicitation (cf. Partie I, Ch 1, §.3.) fort, ou zones singulières à sollicitations élevées : circulation canalisée à vitesse lente (rampes), courbes à faible rayon (giratoires par exemple), zones de freinage (carrefour à feux),...

Les formules présentant plus de 5 mm de déformation à l'essai de durabilité géométrique visé au §.6.4.c. de la norme sont éliminées.

Couche d'accrochage

() Nature : Même si le BBTM est au bitume pur, on utilisera de préférence, pour les trafics $\geq T1$ un liant de couche d'accrochage au bitume modifié.*

() La norme BBTM prévoit que la hauteur au sable vraie mesurée après mise en oeuvre d'un BBTM 0/10 doit être en tout point supérieure ou égale à 0,8 mm et que celle mesurée sur un BBTM 0/6 doit être en tout point supérieure ou égale à 0,6 mm.*

Pour la macrotecture, les valeurs de HS vraie couramment obtenues avec un BBTM 0/14, BBTM 0/10 et BBTM 0/6 sont respectivement comprises entre 1,1 et 1,5 ; 1 et 1,3 ; 0,7 et 0,9.

5 - FABRICATION - MISE EN OEUVRE

Les conditions de fabrication et de mise en oeuvre définies dans la norme NF P 98-150, et par la norme BBTM sont complétées par les dispositions figurant en Partie I, et par les dispositions suivantes :

Couche d'accrochage

Nature : (*)

Dosage : Pour les BBTM de type 1 dont le pourcentage de vides à 25 girations à la PCG est supérieur ou égal à 14 %, ainsi que pour les BBTM de type 2, le dosage minimum est de 400 g/m² de liant résiduel.

Compactage

On utilise des cylindres à jante lisse (ou des vibrants en statique) pour les BBTM au bitume modifié par des polymères.

6 - CARACTERISTIQUES SUR CHANTIER - CONTROLES

Les exigences sont spécifiées dans les documents généraux rappelés en Partie I (chapitre 6, Caractéristiques sur chantier) et dans la norme BBTM. (*).

Page laissée blanche intentionnellement

GRAVES BITUME

(GB)

NF P 98-138

2.1. Granularités - Epaisseur

() Les épaisseurs les plus couramment rencontrées en GB 0/20 sont de 12 à 13 cm.*

2.2. Classe de performance - Support

() La GB de classe 3 présente une tenue en fatigue un peu meilleure que la GB de classe 2. Elle pourra donc être utilisée chaque fois qu'une étude économique aura montré son intérêt (réduction d'épaisseur due à la meilleure tenue en fatigue entraînant une économie supérieure au surcoût du dosage en bitume). Ce sera généralement le cas pour les chaussées de type 18 (GB/GNT) et 19 (structures inverses) du Catalogue de Structures types de chaussées neuves (Actualisation 1988) faisant appel à cette classe de GB (GB"enrichie"), ainsi qu'en couche de fondation sur plate-forme non traitée de faible portance, et dans certains cas de renforcement de chaussées.*

2.3. Caractéristiques de surface

() par exemple, lorsque sa réalisation tardive ne permet pas l'exécution de la couche de roulement en BB dans de bonnes conditions (avant l'hiver).*

1 - DOMAINE D'APPLICATION

Couche d'assise pour travaux de construction ou de renforcement de chaussées.

2 - CONDITIONS D'EMPLOI

2.1. Granularités - Epaisseur

Le choix de la granularité 0/14 ou 0/20 se fait essentiellement en fonction de l'épaisseur moyenne de mise en oeuvre :

- 8 à 12 cm pour les GB 0/14
- 10 à 15 cm pour les GB 0/20 (*)

2.2. Classe de performance - Support

La GB de classe 1 ne présente pas un niveau de performances mécaniques suffisant pour être utilisée sur le réseau routier national.

GB de classe 2 ou 3 : (*)

2.3. Caractéristiques de surface

Compte tenu de son dosage en bitume, la GB de classe 3 peut éventuellement faire office de couche de roulement provisoire pendant quelques mois (*), sous réserve :

- que les caractéristiques des granulats soient conformes à celles exigées pour une couche de roulement,
- qu'elle ne soit pas à base de gravillons calcaires,
- que la macrotecture (HS vraie) obtenue soit du même ordre de grandeur que celle d'un béton bitumineux semi-grenu.

(*) 2.4. Particularités à la fabrication et à la mise en oeuvre

Les graves bitume 0/20 présentent généralement un aspect plus ouvert et plus ségrégé que les graves bitume 0/14. Pour des épaisseurs de l'ordre de 10 cm il est donc préférable de retenir des GB 0/14.

Par ailleurs un bon niveau d'uni est délicat à obtenir sur les GB 0/20 en épaisseur supérieure à 13 cm.

3.2. Liant hydrocarboné

Nature du bitume

() Les GB font généralement appel au bitume pur. L'emploi d'un bitume modifié peut être envisagé en cas de risque d'orniérage important, ou dans certains cas de traverses d'agglomération.*

Classe de bitume pur

*(**) La classe de bitume pur conseillée est la classe 35/50, ou parfois 50/70 en zone montagneuse.*

4.1. Composition

(*) Courbe granulométrique :

La courbe est généralement continue. Lorsqu'une discontinuité est envisagée, il faut veiller au phénomène de ségrégation à la fabrication.

() Teneur en liant :**

*On trouvera en annexe 3 de la Partie I, à titre indicatif, les teneurs en liant correspondant aux valeurs **minimales** de module de richesse K visées par la norme, pour les courbes indicatives qu'elle fournit et pour des valeurs usuelles de masse volumique réelle des granulats.*

2.4. Particularités à la fabrication et à la mise en oeuvre (*)

3 - CONSTITUANTS

3.1. Granulats

Les classes granulaires 0/6,3 - 6,3/14 et 6,3/20 sont déconseillées.

Spécifications : Partie I, Tableaux 6 et 7.

3.2. Liant hydrocarboné

Nature du bitume (*)

Classe de bitume pur (**)

4 - COMPOSITION - PERFORMANCES

4.1. Composition

Courbe granulométrique (*)

Teneur en liant : La norme NF P 98-138 prescrit des valeurs minimales de module de richesse (**).

4.2. Performances

() La valeur du pourcentage de vides à 10 girations à l'essai PCG fournit une indication intéressante sur la maniabilité du matériau. On cherchera à obtenir une valeur d'au moins 14 % pour avoir une stabilité convenable lors de la phase de compactage.*

4.2. Performances

On se reporte à la norme "grave bitume" pour :

- le pourcentage de vides à la PCG (*),
- l'essai Duriez,
- les performances mécaniques, (module de fatigue)
- l'orniérage : les cas de réalisation de l'essai sont donnés dans la norme GB et précisés dans la **Partie I, Ch 4, § 2.1. et 2.2.**

Lorsque l'essai d'orniérage doit être réalisé, les spécifications à demander sont les suivantes :

Tableau 1 : Performances exigées à l'orniéreur dans le cas où l'essai est spécifié.

		Niveau de sollicitation (1)	
		Fort	Faible
GB en couche de base	$e (2) \leq 5 \text{ cm}$	$\leq 10 \%$ à 30 000 cycles	Seuil minimal de la norme GB ($\leq 10 \%$ à 10 000 cycles)
	$e (2) > 5 \text{ cm}$	Seuil minimal de la norme GB ($\leq 10 \%$ à 10 000 cycles)	
GB en couche de fondation			

(1) Cf. Partie I, Ch. 1, § 3.

(2) e est l'épaisseur totale des couches susjacentes.

5.1. Le CCTP prescrit l'atelier de compactage

(*) Atelier de compactage

Le compactage des graves bitume est généralement assuré

- soit par des compacteurs vibrants ou mixtes,
- soit par l'association de compacteur(s) à pneumatiques et de cylindre(s) vibrant(s).

L'utilisation de rouleaux vibrants est avantageuse pour des matériaux difficiles à compacter ou dans le cas de conditions atmosphériques défavorables (froid, vent). Il faut alors veiller au risque de fissuration longitudinale au droit de la bille. Devant le rouleau, le matériau est poussé et forme une vague. Pour réduire ce phénomène, on utilise des rouleaux à bille motrice; on peut aussi envisager de faire les passes aller en dynamique et les passes retour en statique.

Dans tous les cas où l'on manque d'expérience sur un enrobé donné, le rouleau vibrant monobille ou tandem doit être, par sécurité, suivi d'un compacteur à pneumatiques. L'utilisation d'un compacteur mixte vibrant/rouleau à bille déportable permet de compacter plus aisément le bord de bande.

Caractéristiques des engins

*(**) Cette valeur peut être ramenée à 20 m.N. avec des matériaux maniables ou pour des épaisseurs faibles.*

(*) Uni

Il est souhaitable de contrôler l'uni en particulier si la couche de base doit servir de couche de roulement provisoire.

5 - FABRICATION - MISE EN OEUVRE

Les conditions de fabrication et de mise en oeuvre définies par la norme NF P 98-150 et par la norme GB sont complétées par les dispositions figurant en Partie I et par les suivantes.

5.1. Le CCTP prescrit l'atelier de compactage

Atelier de compactage (*)

Caractéristiques des engins

- Compacteurs à pneumatiques lestés à 5 t/roue, pneumatiques gonflés à des pressions de l'ordre de 0,7 à 0,8 MPa.
- Cylindres vibrants de masse/cm de génératrice comprise entre 30 et 40 kg. Moment des excentriques < 30 m.N(**). Fréquence de vibration maximale compatible avec un fonctionnement normal de l'engin.

5.2. L'atelier de compactage est précisé dans le PAQ de l'entreprise

Les éléments du § 5.1. (texte et commentaires) ont valeur de commentaire pour aider à juger la proposition de l'entreprise.

6 - CARACTERISTIQUES SUR CHANTIER - CONTROLES

En complément aux documents généraux rappelés en Partie I (chapitre 6, Caractéristiques sur chantier), et à la norme GB, certaines caractéristiques font l'objet de commentaires.

Uni (*)

Page laissée blanche intentionnellement

ENROBÉS A MODULE ÉLEVÉ

(EME)

NF P 98-140

2.1. Granularités - Epaisseur

() Par défaut d'un recul suffisant l'utilisation des EME 0/10 sur le réseau national est déconseillée en épaisseur moyenne inférieure à 7 cm ; on recommande une épaisseur minimale en tout point d'au moins 6 cm. L'épaisseur moyenne maximale est celle de la norme (10 cm).*

2.2. Classes de performance - Support

(*) EME de classe 2

Les EME de classe 2 sont plus rigides et ont de meilleures performances en fatigue que les GB de classe 3. Leur domaine d'emploi préférentiel est donc celui où l'on recherche de faibles épaisseurs de chaussée sur des supports déformables, tels que les réfections ou renforcements de chaussée en traverse d'agglomération, ainsi que les cas où la tenue à l'orniérage est particulièrement recherchée. Ils sont également utilisés en décaissement partiel pour la réfection des voies lentes de routes à chaussées séparées fortement circulées.

() EME de classe 1**

Les EME de classe 1, pour lesquels on dispose en 1993 d'un recul insuffisant, présentent une rigidité identique à ceux de classe 2, mais des performances en fatigue plus proches de celles d'une GB de classe 3.

2.3. Caractéristiques de surface

() Ils sont généralement recouverts par des BBM, des BBTM ou des BB ultra-minces.*

2.4. Particularités à la fabrication et à la mise en oeuvre

() Les EME 0/20 présentent généralement un aspect plus ouvert et plus ségrégé que les EME 0/14. Pour des épaisseurs de 10 à 12 cm, il est donc préférable de retenir un EME 0/14. Ces matériaux particulièrement rigides (bitumes très durs) doivent être répandus dans de bonnes conditions météorologiques (surveillance étroite des températures de mise en oeuvre pour assurer un compactage satisfaisant). Enfin, compte tenu de leurs caractéristiques mécaniques élevées et de leur mise en oeuvre en épaisseur plus faible que les GB, la tenue de la couche d'EME est plus sensible aux sous-épaisseurs qu'une solution traditionnelle en grave-bitume.*

1 - DOMAINE D'APPLICATION

Couche d'assise pour travaux de construction ou d'entretien des chaussées.

2 - CONDITIONS D'EMPLOI

2.1. Granularités - Epaisseur

Le choix de la granularité 0/14 ou 0/20 se fait essentiellement en fonction de l'épaisseur moyenne de mise en oeuvre :

- 6 à 10 cm pour les EME 0/10 (*)
- 7 à 12 cm pour les EME 0/14
- 10 à 15 cm pour les EME 0/20

2.2. Classes de performance - Support

EME de classe 2 (*)

EME de classe 1 : Ils sont à réserver aux cas où l'on recherche des caractéristiques élevées vis à vis de l'orniérage **sans besoin de performances exceptionnelles en fatigue.** (**)

2.3. Caractéristiques de surface

Les EME présentent une macrotecture insuffisante pour être utilisés en couche de roulement (*)

2.4. Particularités à la fabrication et à la mise en oeuvre (*)

3.1. Granulats

(*) Pour les EME de classe 2, les spécifications minimales d'angularité (Partie I, tableau 7) pourront se révéler insuffisantes pour l'obtention des performances en orniérage et en module.

3.2. Liant hydrocarboné

(*) Il s'agit le plus souvent de liant à base de bitume pur de pénétration 10 à 25/10e mm, et de température "Bille et Anneau" comprise entre 60 et 80 °C.

4.1. Composition

(*) **Courbe granulométrique :**

La courbe est généralement continue. Pour les EME 0/14 elle se rapproche de celle d'un BBSG 0/14, et pour les EME 0/20, de celle d'une GB 0/20.

(**) **Teneur en liant :**

On trouvera en annexe 3 de la Partie I, à titre indicatif des teneurs en liant correspondant aux valeurs minimales de module de richesse visées par la norme, pour des courbes granulométriques et des valeurs de masse volumique réelle des granulats usuelles.

4.2. Performances

(*) La valeur de pourcentage de vides à 10 girations à l'essai PCG fournit une indication intéressante sur la maniabilité du matériau. On cherchera à obtenir une valeur d'au moins 14 % pour les EME de classe 1 et d'au moins 11 % pour les EME de classe 2 pour avoir une stabilité convenable lors de la phase de compactage.

Il est fréquent d'obtenir des pourcentages de vides (à 80, 100 ou 120 girations respectivement pour les 0/10, 0/14 et 0/20) assez faibles, de l'ordre de 3 à 5 %.

(**) Compte tenu de leur épaisseur de mise en oeuvre assez faible, le dimensionnement des EME (particulièrement ceux de classe 2) est très sensible à leurs performances mécaniques (module et fatigue). Il est donc important de vérifier ces dernières conformément à la norme.

3 - CONSTITUANTS

3.1. Granulats

Cf Partie I, tableaux 6 et 7 (*).

3.2. Liant hydrocarboné (*)

4 - COMPOSITION - PERFORMANCES

4.1. Composition

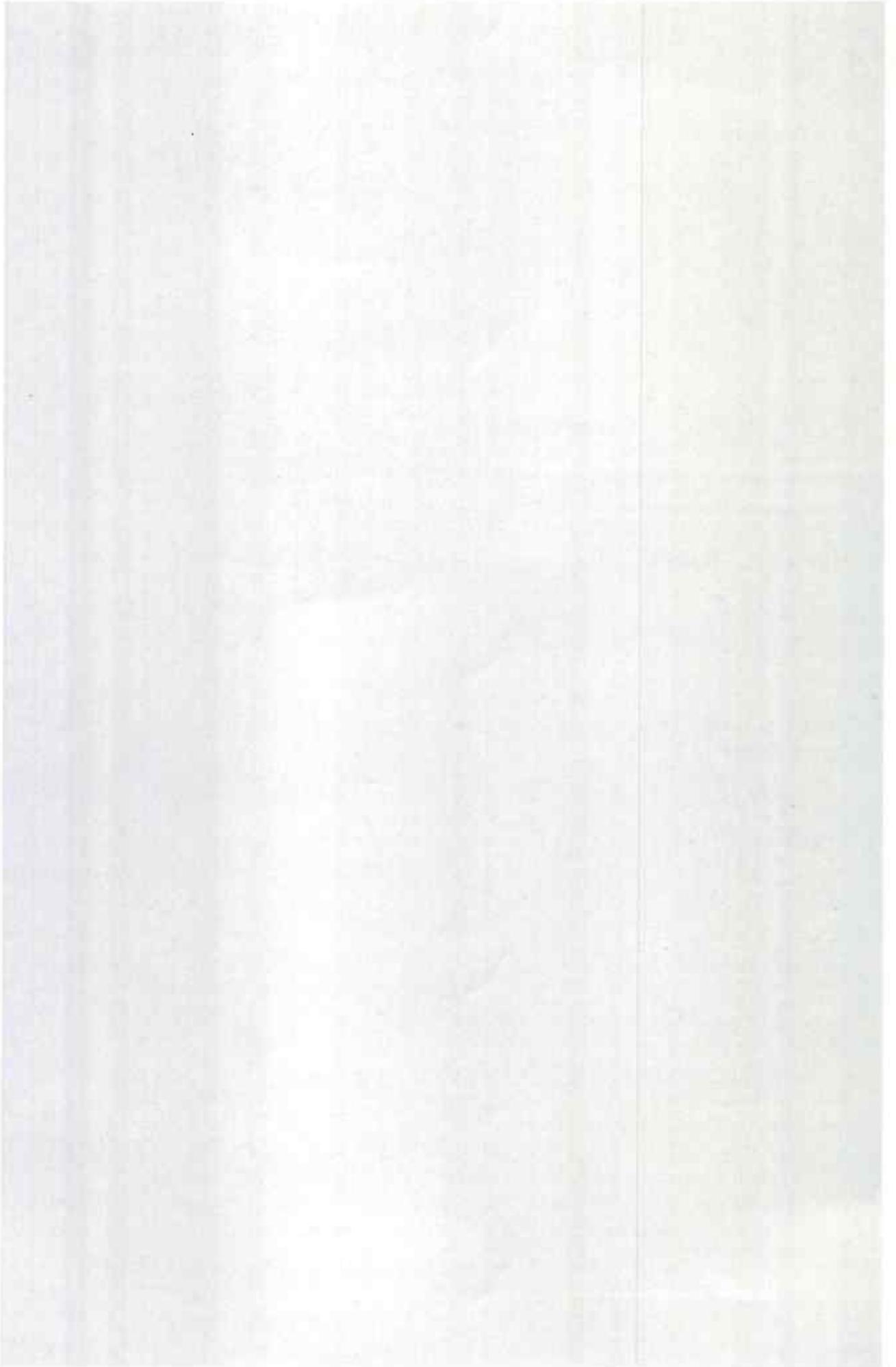
Courbe granulométrique (*)

Teneur en liant : La norme NF P 98-140 prescrit des valeurs minimales du module de richesse (**).

4.2. Performances

On se reporte à la norme "enrobés à module élevé" pour :

- le pourcentage de vides à la PCG (*),
- l'essai Duriez,
- les performances mécaniques, (**)
- l'orniérage : les cas de réalisation de l'essai sont donnés dans la norme EME complétée et précisés dans la **Partie I, Ch 4, § 2.1. et 2.2.**
Quel que soit le niveau de sollicitation, les exigences sont celles de la norme "enrobés à module élevé" ($\leq 8\%$ à 30 000 cycles).



Texte

5 - FABRICATION ET MISE EN OEUVRE

Les conditions de fabrication et de mise en oeuvre définies par la norme NF P 98-150 et par la norme EME sont complétées par les dispositions figurant en Partie I du présent document, et par les suivantes :

Compactage : se reporter aux indications données pour les GB

6 - CARACTERISTIQUES SUR CHANTIER - CONTROLES

On se reportera aux documents généraux rappelés en Partie I (chapitre 6, Caractéristiques sur chantier), et à la norme EME.

Page laissée blanche intentionnellement

BÉTONS BITUMINEUX À MODULE ÉLEVÉ

(BBME)

NF P 98-141

() Les BBME sont une catégorie particulière de BBSG, présentant des niveaux de performance (module de rigidité, résistance à l'orniérage) élevés.*

2.2. Support

() Comme les BBSG, les BBME sont, par rapport aux autres couches de surface, les produits les mieux adaptés aux supports fissurés, compte tenu de leur épaisseur. Mais comme pour les BBSG, la fissuration réapparaît en surface au bout d'un délai croissant avec l'épaisseur et inverse de l'amplitude du mouvement des lèvres des fissures actives.*

*(**) Sur des chaussées présentant ces déflexions limites, des déformations d'origine structurelle (orniérage à grand rayon) peuvent apparaître environ 10 ans après l'application du BBME.*

En outre, dans les cas marqués d'une étoile, il existe un risque de fatigue du BBME dans le même délai.*

1 - DOMAINE D'APPLICATION

Couche de roulement et de liaison pour travaux de construction ou d'entretien des chaussées.(*)

2 - CONDITIONS D'EMPLOI

2.1. Granularités - Epaisseur

Le choix de la granularité 0/10 ou 0/14 se fait essentiellement en fonction de l'épaisseur moyenne de mise en oeuvre :

- 6 à 7 cm pour les BBME 0/10
- 7 à 9 cm pour les BBME 0/14

2.2. Support (*)

Les BBME peuvent comme les BBSG être utilisés en **couche de roulement ou de liaison initiale, ou en entretien de chaussées neuves** dimensionnées conformément au Catalogue 1977 des structures types de chaussées neuves et à son actualisation 1988, ou renforcées conformément au Guide de dimensionnement des renforcements des chaussées souples (1978). Mais, étant plus rigides que les BBSG, ils peuvent être utilisés en **entretien de chaussée traditionnelle** sur des supports un peu plus déformables. La déflexion caractéristique maximale admissible sur la chaussée support figure dans le tableau 1. (Calculs effectués pour les valeurs seuils des caractéristiques mécaniques de la norme).

Les valeurs indiquées s'entendent pour des **chaussées support comportant au moins 10 cm de matériaux bitumineux en place** (pour $T \leq T3$, figurent entre parenthèses des valeurs relatives à des chaussées support ne comportant que 5 cm d'enrobé en place).

Tableau 1 - Déflexion caractéristique maximale du support ()**

Classe de trafic		$\leq T3$	T2	T1	$\geq T0$	
Déflexion caractéristique 10^{-2} mm	6 cm	classe 1	135 (120)	105	80	60
	BBME	classe 2-3	140 (125)	110	85	60
	8 cm	classe 1	170 (135)	125	95	70
	BBME	classe 2-3	180 (140*)	130	100	70*

* Voir commentaire ci-contre

2.3. Fissuration thermique

() Les performances mécaniques des BBME de classe 1 peuvent généralement être obtenues sans avoir recours à un bitume dur (pénétration < 35). Il n'en va pas de même pour les BBME de classe 2 ou 3. L'emploi d'un bitume dur en couche de roulement comporte un risque de fissuration thermique en surface difficile à apprécier. La prudence est donc recommandée pour leur utilisation en couche de roulement dans les régions présentant de forts écarts thermiques journaliers ou saisonniers.*

2.4. Adhérence - Imperméabilité

() Plus encore qu'avec les BBSG, le niveau de macrotecture obtenu sur les BBME est faible.*

L'influence de la granularité 0/10 ou 0/14 est faible : macrotecture légèrement meilleure pour les 0/14, adhérence en CFL (coefficient de frottement longitudinal) équivalente.

L'imperméabilité est bonne pour les deux granularités.

2.5. Particularités à la fabrication et à la mise en oeuvre

() Même observation que pour les BBSG : meilleure homogénéité avec les granularités 0/10, tendance à la ségrégation avec les granularités 0/14.*

3.2. Liant hydrocarboné

() Il s'agit le plus souvent de produit d'entreprise à base de bitume de pénétration assez diverse, souvent dur, modifié par additif de type polymère ou fibres. La teneur en liant est généralement supérieure de 0,2 à 0,4 ppc à celle des BBSG.*

Les BBME sont par ailleurs des produits adaptés aux sites pour lesquels on recherche particulièrement des performances anti-ornières.

Les déformations permanentes maximales autorisées sans reprofilage préalable (par fraisage ou par apport de matériaux spécialement formulés) sont définies dans la norme.

2.3. Fissuration thermique (*)

2.4. Adhérence - Imperméabilité (*)

2.5. Particularités à la fabrication et à la mise en oeuvre (*)

3 - CONSTITUANTS

3.1. Granulats

Cf Partie I, Tableaux 5, 6 et 7.

3.2. Liant hydrocarboné (*)

4.1. Composition

(*) Courbe granulométrique : La courbe est en général semblable à celle des BBSG, continue avec un passant à 2 mm compris entre 28 et 40 %. L'emploi d'une courbe discontinue avec une forte proportion de gravillons conduit à une augmentation de la texture, mais il y a lieu alors de vérifier la résistance à l'orniérage.

() Teneur en liant :** On trouvera en annexe 3 de la Partie I, à titre indicatif, des teneurs en liant correspondant aux valeurs minimales de module de richesse visées par la norme, pour des courbes granulométriques et des valeurs usuelles de masse volumique réelle des granulats.

4.2. Performances

(*) performances mécaniques

Il est important de vérifier, conformément à la norme, les performances mécaniques des BBME, en particulier pour un usage sur chaussées traditionnelles, lorsqu'on veut les utiliser pour le dimensionnement.

4 - COMPOSITION - PERFORMANCES

4.1. Composition

Courbe granulométrique (*)

Teneur en liant : La norme NF P 98-141 présente des valeurs minimales du module de richesse (**).

4.2. Performances

On se reporte à la norme BBME pour :

- le pourcentage de vides à la PCG : Cf norme BBME
- l'essai Duriez : cf norme BBME
- les performances mécaniques (*)
- l'orniérage : les cas de réalisation de l'essai sont donnés dans la norme BBME et précisés dans la **Partie I, Ch 4, § 2.1. et 2.2.** Lorsque l'essai d'orniérage doit être réalisé, les spécifications à demander sont les suivantes :

Tableau 1 : Performances exigées à l'orniéreur dans le cas où l'essai est spécifié.

		Niveau de sollicitation (1)	
		Fort	Faible
BBME en couche de roulement		Classe 3 de la norme BBME (≤ 5 % à 30 000 cycles)	Classe 1 de la norme BBME (≤ 10 % à 30 000 cycles)
BBME en couche de liaison	e (2) ≤ 5 cm	Classe 2 de la norme BBME (≤ 8 % à 30 000 cycles)	
	e (2) > 5 cm	Classe 1 de la norme BBME (≤ 10 % à 30 000 cycles)	

(1) Cf. Partie I, Ch. 1, § 3.

(2) e est l'épaisseur totale des couches susjacentes.

() La norme BBME prévoit qu'un BBME en couche de roulement doit avoir une hauteur au sable vraie supérieure à 0,4 mm en tout point.*

Texte

5 - FABRICATION - MISE EN OEUVRE

Les conditions de fabrication et de mise en oeuvre définies par la norme NF P 98-150 et par la norme BBME, sont complétées par les dispositions figurant en Partie I et par les suivantes :

Compactage : se reporter aux indications données pour les BBSG.

6 - CARACTERISTIQUES SUR CHANTIER - CONTROLES

On se reporte aux documents généraux rappelés en Partie I (chapitre 6, caractéristiques sur chantier) et à la norme BBME. (*)

Ce document est propriété de l'administration, il ne pourra être utilisé ou reproduit,
même partiellement, sans l'autorisation du SETRA ou du LCPC

© 1994 SETRA - Dépôt légal décembre 1994 - ISBN 2-11-085750-1

Page laissée blanche intentionnellement

Depuis 1991, plusieurs normes homologuées ont été éditées par l'AFNOR dans le domaine des enrobés à chaud. Ces normes ont un caractère très général, elles définissent différentes classes de constituants, de performances... mais ne précisent pas les classes à choisir en fonction des conditions d'emploi, ceci étant laissé à la discrétion de chaque Maîtrise d'Ouvrage.

Le présent document a pour objet de préciser, par référence aux normes, les exigences particulières de la Direction des Routes sur le réseau national. Il remplace les recommandations, directives, notes techniques SETRA-LCPC sur les enrobés à chaud publiées entre 1972 et 1985.

Since 1991, several official standards have been published by the French Standards Association, AFNOR, on the subject of hot asphalt mixes. These standards are of a very general nature. They define various categories of constituent elements, of hot asphalt mix performances but do not indicate the categories to be chosen according to specific conditions of use, this being left to the discretion of individual project owners.

The object of this document is to indicate, by reference to the standards, the specific requirements of the Directorate of Roads in the national road network. It supersedes the SETRA and LCPC recommendations, directives and technical memos on hot asphalt mixes, published between 1972 and 1985.

Cette publication fait partie d'un ensemble de deux documents, disponible sous la référence D 9457

- au bureau de vente des publications du SETRA
46, avenue Aristide Briand - B.P. 100 - 92223 Bagneux Cedex - FRANCE
Tél. : (1) 46 11 31 53 et 46 11 31 55 - Télécopie : (1) 46 11 31 69
- au service IST - Publications du LCPC
58, boulevard Lefebvre - 75732 Paris Cedex 15 - FRANCE
Tél. : (1) 40 43 52 26 - Télécopie : (1) 40 43 54 98

Prix de vente : 200 F