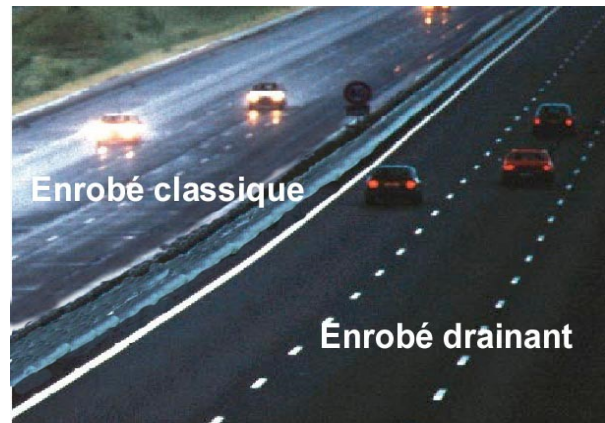


LES ENROBES DRAINANTS

1- Introduction

Après avoir présenté d'une façon générale ce qu'est un enrobé et son utilisation dans la chaussée routière, la présente fiche précise les caractéristiques des enrobés drainants, leurs propriétés, leur comportement en période hivernale, les mesures particulières qu'ils nécessitent en terme de construction des ouvrages, leurs domaines d'emploi et les solutions d'entretien. Elle évoque pour terminer la problématique du développement durable.



2- Qu'est-ce qu'un enrobé?

« Enrobé » est le terme employé communément pour désigner un béton bitumineux.

2.1- Composition

Le béton bitumineux est constitué de granulats et de filler¹ enrobés par un liant hydrocarboné, le bitume, qui assure leur cohésion.

Le bitume est obtenu par distillation du pétrole. Il est solide à température ambiante et liquide à 150°C.

Les granulats sont caractérisés par leur taille² et leur granulométrie, déterminée au moyen de tamis de différentes tailles par le pourcentage de passant à chaque tamis.

2.2- Fabrication

Le béton bitumineux est fabriqué dans des usines appelées « centrales à enrobés » fixes ou mobiles, dont les productions varient de quelques tonnes/heure à 400 tonnes/heure. Dans ces usines, les granulats sont concassés, criblés, séchés, chauffés à des températures comprises entre 150 et 170°C et enrobés avec du bitume. On distingue 2 types de postes :

- les postes continus qui sèchent, chauffent et mélangent les granulats et le bitume en continu (matériel mobile avec de grosses capacités de production),
- les postes discontinus qui réalisent l'enrobé gâchée par gâchée comme dans une bétonnière après pesée de chacun des constituants (matériel en général fixe qui permet plus facilement les changements de formule d'enrobé).

¹ Le filler aussi appelé « fines » est constitué d'éléments inférieurs à 0,080 mm provenant du broyage de roches calcaires.

² La taille des granulats est notée d/D, avec d la dimension des plus petits éléments et D celle des plus gros. Les granulats sont classés en 4 catégories : les sables (0/2, 0/4 ou 0/6), les gravillons (2/4, 4/6, 6/10, 10/14 ou 14/20), les cailloux (20/40 ou 40/60) et les graves (0/10, 0/14, 0/20 ou 0/30).

Il existe également des enrobés fabriqués à froid : dans ce cas, les granulats sont mélangés à une émulsion³ de bitume dont la faible viscosité permet la manipulation et l'utilisation de l'enrobé à faible température (<60°C).

2.3- Caractéristiques : les différents types d'enrobés

Les normes françaises issues de la normalisation européenne pour les enrobés précisent les familles d'enrobés, leurs compositions et leurs performances.

Les différentes formules d'enrobés sont caractérisées par leur granulométrie, le type de liant et la teneur en liant, le procédé de fabrication (chaud ou froid) et l'adjonction éventuelle de matériaux particuliers.

Parmi les techniques à chaud, on trouve :

- les bétons bitumineux semi-grenus (BBSG), à module élevé (BBME), minces (BBM), très minces (BBTM), **drainants (BBDr)**, pour trafic aéroportuaire (BBA), pour chaussée souple à faible trafic (BBCS),
- les graves bitumes (GB), les enrobés à module élevé (EME) et les asphaltes coulés (AC).

Parmi les techniques à froid, on trouve les enrobés froids, les enrobés coulés à froid (ECF) et les graves émulsion (GE).

3- La structure de chaussée routière

3.1- Les différentes couches de chaussée

Une chaussée routière est constituée de plusieurs couches de matériaux collées entre elles par des couches d'accrochage⁴. Plus on se rapproche de la surface, plus les matériaux sont élaborés.

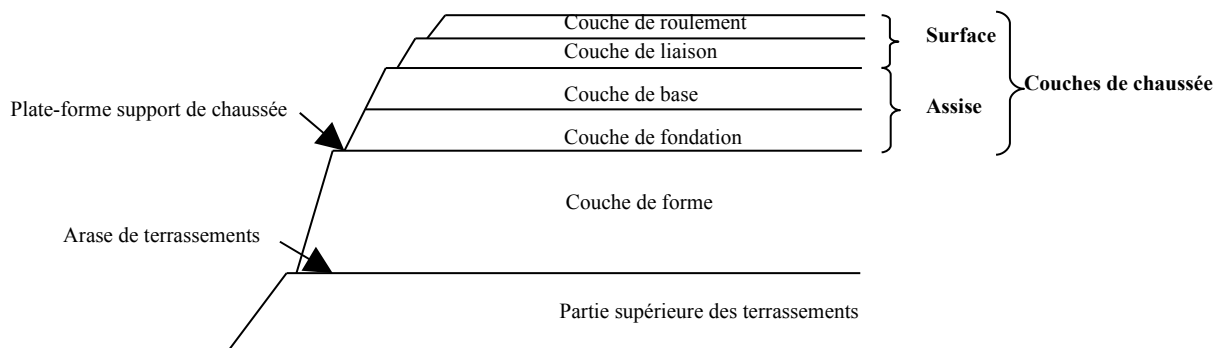


Schéma d'une structure de chaussée routière

3.2- L'utilisation des enrobés dans les couches chaussée

Les matériaux bitumineux sont utilisés dans toutes les couches de chaussée en fonction de leurs performances.

Les couches de roulement sont constituées de BBSG, BBME, BBM, BBA, BBCS, **BBDr** ou ECF.

Les couches de liaison sont constituées de BBSG, BBME, BBM, BBA ou BBCS.

Les couches d'assise sont constituées de GB, GE ou EME.

³ L'émulsion de bitume résulte de la dispersion d'un liant dans une phase aqueuse. Le mélange reste stable grâce à un émulsifiant qui facilite la dispersion des gouttelettes de bitume dans la phase aqueuse.

⁴ La couche d'accrochage est constituée par une émulsion bitumineuse répandue uniformément sur l'interface à coller. Son rôle est d'assurer le collage entre 2 couches d'enrobés et une bonne étanchéité du support.

3.3- La mise en oeuvre des enrobés

La mise en oeuvre des enrobés nécessite des engins spécifiques pour obtenir les exigences requises pour une chaussée routière.

Les enrobés sont répandus, nivelés et précompactés à l'aide d'un finisseur⁵. Ils sont ensuite compactés par le passage répété de compacteurs.

Pour les enrobés à chaud, le compactage doit être réalisé sur un matériau chaud et terminé avant son refroidissement.

4- La couche de roulement et ses fonctions

La couche de roulement est la couche supérieure de la chaussée. Ses fonctions sont les suivantes :

- assurer un bon niveau de sécurité pour l'usager : elle doit posséder de bonnes propriétés anti-dérapantes fournies par la macrotecture⁶ et la microtexture⁷ du revêtement,
- assurer le confort des usagers : elle doit avoir un bon uni⁸,
- protéger les couches inférieures des agressions du trafic routier et des conditions climatiques et environnementales (hydrocarbures, eau, air, lumière, température, sels de déverglaçage,...),
- sur le plan phonique, absorber une partie des bruits extérieurs au véhicule, en particulier les bruits de frottement des pneumatiques avec la chaussée.
- sur le plan esthétique, constituer un revêtement régulier.

5- Les enrobés drainants (BBDr)

5.1- Définitions

Il s'agit d'enrobés dont le pourcentage des vides et la forme des vides sont tels que les eaux pluviales peuvent circuler dans les vides communicants. Pour obtenir cette caractéristique, les BBDr ont une granularité 0/6 ou 0/10 discontinue, qui se caractérise par l'absence d'une fraction de granulats de taille intermédiaire (par exemple, pas de gravillons 2/4). D'autre part, leur formulation contient peu de sable et de filler et moins de liant qu'un enrobé classique en couche de roulement. Ainsi, lors du compactage de la couche de BBDr, l'arrangement des gros éléments crée des vides interstitiels qui ne peuvent pas être complètement comblés par des éléments plus petits et le mastic constitué par le mélange du sable, du filler et du liant.

Depuis décembre 2006, les BBDr font l'objet de la norme européenne NF EN 13108-7, qui détaille les spécifications⁹ pour les mélanges appartenant à la famille des BBDr et utilisés en couche de roulement.

La norme européenne définit la formule d'un enrobé à partir des spécifications de ses constituants.

La démarche consiste à définir une formule par :

- sa composition : granularité, pourcentage de vides, type de liant et teneur en liant,
- une caractéristique mécanique : la sensibilité à l'eau (tenue à l'eau).

La norme NF EN 13108-7 précise également la norme d'essai pour mesurer chacune de ces

5 Un finisseur est un engin automoteur se déplaçant sur un train de chenilles, équipé d'une table de répartition le plus couramment flottante qui permet le réglage de l'épaisseur (en général 4 cm pour un enrobé drainant) et le respect du nivellement de la couche à réaliser. Il est alimenté en matériaux en continu par des camions benne.

6 La macrotecture définit les irrégularités de surface d'un revêtement comprises entre 0,5 et 50 mm.

7 La microtexture définit les irrégularités de surface d'un revêtement comprises entre 0 et 0,5 mm.

8 L'uni (longitudinal) est l'ensemble des déformations généralement comprises entre 0,5 et 50 m que va rencontrer un véhicule lors de son roulage. Il contribue également à la sécurité des usagers de la route.

9 Les spécifications sont la traduction des exigences de résultat en s'appuyant sur un ensemble de grandeurs mesurables ou réparables selon des méthodes d'essais, auxquelles elles fixent des limites.

caractéristiques. Les types et méthodes d'essais pour les BBDr formulés conformément à la norme sont les suivants :

Caractéristique	Méthode d'essai
Masse volumique réelle des enrobés	EN 12697-5 méthode A dans l'eau
Pourcentages de vides des éprouvettes PCG	EN 12697-31
Perméabilité	EN 12697-19
Sensibilité à l'eau	EN 12697-12

Aujourd'hui, la norme européenne est basée sur une approche empirique car l'expérience sur les essais fondamentaux des BBDr est insuffisante. A terme, l'approche empirique devrait disparaître au profit de l'approche fondamentale¹⁰.

La norme française issue de la norme européenne recommande des formules pour les BBDr¹¹.

5.2- Propriétés

5.2.1- La perméabilité (ou vitesse de percolation)

La perméabilité du BBDr permet, par temps de pluie, d'évacuer une partie de la lame d'eau présente entre le pneumatique et la chaussée par les vides communicants et ainsi réduire fortement le risque d'aquaplanage et améliorer considérablement les conditions de visibilité par rapport à un enrobé classique, dont la drainabilité¹² n'est assurée que par sa macrotecture puisque l'eau ne s'écoule que superficiellement.

Lors de la réception¹³ d'un BBDr, 100% des vitesses de percolation doivent être supérieures à 0,6 cm/s et la valeur moyenne doit être supérieure à 1 cm/s.

Au très jeune âge, les BBDr tels que définis dans la norme présentent des vitesses de percolation voisines les unes des autres. Au fil du temps, le colmatage des BBDr entraîne une diminution de la perméabilité. Toutefois, l'évolution est très variable et dépend de nombreux paramètres tels que le squelette minéral du BBDr, le site, le trafic, la mise en œuvre...

L'expérience montre que la vitesse de percolation se maintient le plus possible dans le temps si :

- le pourcentage de vides initial est élevé et dans tous les cas supérieur à 20%,
- la densité et la vitesse du trafic sont importantes¹⁴,
- l'environnement et le trafic ne sont pas polluants (pas d'accès direct d'engins agricoles sortant des champs...).

Après colmatage, le BBDr possède néanmoins une bonne drainabilité superficielle grâce à sa macrotecture et limite les projections d'eau.

¹⁰ L'approche fondamentale est basée sur des essais de performance des matériaux : c'est la méthode la plus utilisée en France.

¹¹ Les formules recommandées sont les BBDr 0/6 classes 1 et 2 et les BBDr 0/10 classes 1 et 2 (selon l'appellation française). La teneur en vide des éprouvettes PCG (confectionnées à la presse à cisaillement giratoire) différencie les classes 1 et 2.

¹² La drainabilité est l'aptitude d'un revêtement de chaussée, à évacuer d'une manière naturelle par les canaux intergranulaires, les eaux de pluie.

¹³ La réception des travaux est l'acte par lequel le maître d'ouvrage déclare accepter l'ouvrage.

¹⁴ Le contact des pneumatiques sur la chaussée produit un phénomène de pompage; ce phénomène est amplifié par la densité et la vitesse du trafic.

L'efficacité du drainage des eaux internes d'un revêtement poreux ou drainant peut être estimée in situ à l'aide du drainomètre¹⁵ de chantier et/ou par la mesure en laboratoire du pourcentage des vides communicants par saturation d'eau.

5.2.2- L'adhérence

L'adhérence d'une chaussée correspond à sa capacité à mobiliser des forces de frottement entre le pneumatique d'un véhicule et la surface de la chaussée sous l'effet des sollicitations engendrées par la conduite. Sur chaussées sèches et propres, le niveau d'adhérence est en général satisfaisant. Sur chaussées mouillées ou humides, l'adhérence diminue considérablement et ce d'autant plus que la vitesse du véhicule augmente.

L'adhérence est directement liée à la texture du revêtement routier, constituée par :

- la macrotecture dont le rôle est d'évacuer la lame s'interposant entre le pneumatique et la surface de la chaussée,
- la microtexture dont le rôle est de rompre le film d'eau résiduel pour offrir le plus grand contact « sec » possible entre le pneumatique et la surface de la chaussée.

Une forte macrotecture est nécessaire lorsque la quantité d'eau à évacuer est importante (itinéraires à vitesses élevées); un bon niveau de microtexture est toujours nécessaire et d'autant plus important pour les itinéraires en sites difficiles (virages à faibles rayons,...).

Grâce à sa forte macrotecture et à ses vides communicants, le BBDr assure une très bonne drainabilité. Toutefois, au jeune âge, le BBDr offre une adhérence plutôt faible à basse vitesse du fait de la présence d'une pellicule épaisse de liant en surface et d'une mise à plat des gravillons¹⁶. Cette pellicule disparaît sous l'effet du trafic d'autant plus vite que le trafic est élevé. Lorsque la pellicule de liant a complètement disparu, l'adhérence atteint son niveau maximum, puis décroît lentement au fil des années, mais se maintient à un niveau tout à fait satisfaisant surtout à forte vitesse.

Il est possible de remédier au problème d'adhérence au jeune âge par le procédé de micro-incrustation de sable sur le BBDr lors de la mise en œuvre. Il consiste à répandre des éléments granulaires très fins à la surface du BBDr encore très chaud, puis à réaliser un compactage qui incruste ces éléments très fins dans le film superficiel de mastic bitumineux du BBDr. D'après les expérimentations, la perte de drainabilité due à la présence d'éléments très fins dans les vides du BBDr ne semblent pas dommageable pour la vitesse de percolation.

Il est possible d'apprécier la microtexture et la macrotecture des revêtements par la réalisation de mesures de coefficient de frottement « pneu »/revêtement.

Les mesures du coefficient de frottement longitudinal¹⁷ (CFL) sont réalisées avec la remorque « Adhéra » : une roue bloquée sur laquelle est appliquée une charge verticale est tirée à vitesse constante (40, 60, 90 ou 120 km/h) par un véhicule assurant l'arrosage du revêtement. On mesure le couple moyen équilibrant le couple de frottement exercé par la chaussée sur le pneumatique.

Les mesures du coefficient de frottement transversal¹⁸ (CFT) sont réalisées avec un appareil appelé « SCRIM ». Le CFT est mesuré sur chaussée mouillée avec une roue faisant un angle de 20° avec la direction de la vitesse du véhicule, équipée d'un pneumatique d'essai lisse de type motocyclette et chargée à 200 daN.

15 Cet appareil mesure la vitesse de percolation d'une colonne d'eau appliquée à la surface de la chaussée.

16 On dit que le BBDr a une macrotecture « en creux ».

17 Au delà de 40 km/h, le CFL intègre une partie de plus en plus forte de la macrotecture, en deçà il est une approche de la microtexture.

18 Compte tenu de la faible vitesse de glissement utilisée, cette mesure réalisée à 60 km/h est sensible à la microtexture du revêtement.

5.2.3- La résistance à l'orniérage

L'orniérage est la déformation longitudinale rémanente générée par le passage répété des charges sur la chaussée. Il peut résulter de :

- la fatigue de la chaussée par tassement des couches inférieures, due à un défaut de portance (ornière de grand rayon),
- la déformation¹⁹ d'un enrobé « mou » en couche de roulement, dans les fortes pentes ou les zones de freinage (ornière de petit rayon).

Les BBDr offrent une très bonne résistance à l'orniérage sous trafic lourd, car leur formule comprend moins de mastic sujet aux déformations.

Les BBDr n'offrent pas une bonne résistance aux efforts de cisaillement car les vides diminuent la densité des points de contact entre les granulats et augmentent de ce fait les efforts normaux et les efforts de cisaillement au niveau de ces points de contact. A cet effet, les granulats utilisés pour les BBDr doivent avoir une excellente dureté.

La norme NF EN 12697-22 décrit les procédures à suivre pour déterminer le comportement en déformation des matériaux bitumineux soumis à des charges roulantes.

5.2.4- L'aspect visuel

Quels que soient leur âge et le trafic, les BBDr offrent un excellent état de surface, dès lors qu'ils sont mis en œuvre sur des chaussées correctement dimensionnées, ne présentant pas de fissures actives ni de sollicitations tangentielles trop importantes (zones de freinage, giratoires, virages serrés,...).

Les BBDr sont sensibles aux « égratignures » accidentelles (déjantage,...). Toutefois, elles laissent une marque peu évolutive sur le revêtement.

5.2.5- Les propriétés acoustiques

Les bruits provoqués par les véhicules routiers proviennent de plusieurs sources :

- le bruit du moteur qui dépend du régime, de la charge et de l'état du système d'échappement,
- les bruits aérodynamiques dus à la turbulence de l'air,
- le bruit des transmissions mécaniques,
- le bruit du contact pneumatique-chaussée qui dépend du type de pneumatique, de la texture de la surface de chaussée et de la capacité d'absorption acoustique de la couche de surface,
- les vibrations et entrechoquements de divers éléments.

Le bruit de contact pneumatique-chaussée est fonction de la vitesse du véhicule et constitue plus de la moitié de l'énergie sonore totale à partir du 3ème rapport de boîte. Les mécanismes générateurs de ce bruit sont de deux natures principales :

- vibratoire,
- résonance d'air.

Les processus vibratoires sont provoqués par l'impact des pavés de gomme du pneumatique sur les granulats de surface, la déformation de la zone de contact entre le pneumatique et la chaussée et la rupture d'adhérence des pavés de gomme. Le mécanisme d'impact est la cause dominante lorsqu'il y a une forte macrotexture du revêtement et est principalement relié à la dimension D^{20} des granulats.

Pour les effets de résonance d'air, le phénomène principal est la compression/détente de l'air piégé

¹⁹ La déformation d'un enrobé en couche de roulement est appelée fluage de l'enrobé.

²⁰ D'une façon générale, dans une même famille de revêtements, plus le « D » des granulats est grand, plus le niveau de bruit est important. Un BBDr 0/10 sera plus bruyant qu'un BBDr 0/6.

dans les alvéoles non communicantes en périphérie du pneumatique. Le phénomène est donc minimal sur un revêtement comportant des vides communicants, en l'occurrence les BBDr.

Les techniques de couche de roulement les plus performantes d'un point de vue acoustique²¹ réduisent à la fois ces deux mécanismes, c'est le cas du BBDr 0/6.

Concernant les BBDr, le gain acoustique dû au phénomène d'absorption tend à s'atténuer dans le temps quel que soit le trafic, avec le phénomène de colmatage des vides communicants. Cet effet est plus important dans les sites soumis à une pollution permanente (poussières, boues,...). Toutefois, il est admis que, même à un âge avancé, un BBDr n'est pas plus bruyant qu'un revêtement fermé de même âge (à D identique).

5.2.6- Les propriétés photométriques

Les propriétés photométriques d'une surface routière décrivent le modèle de réflexion de la lumière par cette surface. Les matériaux de chaussée réfléchissent la lumière suivant un mode de réflexion mixte qui dépend de leur macrotecture et de leur microtexture :

- en partie spéculaire : le revêtement se comporte comme un miroir (un revêtement mouillé, brillant sous la pluie est spéculaire),
- en partie diffuse : la lumière se propage dans toutes les directions de l'espace quel que soit son angle d'incidence.

Pour les applications dans le domaine de l'éclairage (cas des routes éclairées en urbain et péri-urbain), on utilise deux paramètres pour caractériser un revêtement de chaussée :

- le coefficient de clarté Q_0 qui traduit la proportion d'énergie lumineuse réfléchie par la surface,
- le facteur de spécularité S_1 qui correspond à la proportion d'énergie lumineuse réfléchie dans une direction privilégiée (effet miroir).

Les BBDr sont très spéculaires lors de la mise en service de la chaussée. Après trois mois de mise sous circulation, on observe une stabilisation de l'évolution photométrique :

- la spécularité a diminué mais le revêtement reste spéculaire,
- le coefficient de clarté a légèrement diminué pour atteindre un niveau relativement faible.

Les BBDr sont classés comme des revêtements sombres et spéculaires et il est souhaitable de prévoir une installation d'éclairage peu sensible à la spécularité du revêtement (cas des chaussées éclairées). Pour procéder aux mesures de luminance sur site, il est préférable d'attendre que les propriétés photométriques du revêtement se soient stabilisées, soit au moins un an après la mise sous circulation.

5.3- Le comportement des BBDr en période hivernale

Les modes de transfert de l'énergie à la surface d'une chaussée s'effectuent par :

- la conduction dans la structure (mode de transfert principal de la chaleur dans la structure de chaussée),
- la convection entre l'air ambiant et la surface de la chaussée,
- le rayonnement à la surface (lié à la couleur du revêtement).

Le milieu atmosphérique introduit un « mode de transfert » supplémentaire qui est lié aux changements d'état de l'eau en surface de chaussée (évaporation ou fusion – condensation ou congélation).

²¹ Il existe plusieurs méthodes de mesure du bruit à proximité de la chaussée avec des procédures de mesure dites « au passage » et « en continu ». Des écarts de résultat sont constatés d'une méthode à l'autre et aucune relation n'est établie à ce jour entre les résultats de ces méthodes, mais elles confirment toutes les bonnes performances acoustiques des BBDr.

La mise en place de revêtements ouverts, par différence aux revêtements denses ou fermés, entraîne une modification notable du bilan thermique entre la surface de roulement et l'atmosphère, attribuable notamment à leurs propriétés thermiques et radiatives spécifiques. Le tableau suivant précise les propriétés thermiques des BBDr et leurs influences sur la température de surface :

Mode de transfert	Propriétés des BBDr	Influences T°s
Conduction	Matériau plus isolant qu'un BB dense (20% de vides occupés par de l'air en l'absence de précipitation) : constitue une barrière thermique à la surface de la chaussée.	La contribution de l'énergie géothermique à T°s est plus faible que pour un BB dense : T°s est plus basse.
Convection	Surface en contact avec l'atmosphère généralement plus élevée qu'un BB dense : les quantités d'énergie échangées par leur surface sont généralement plus importantes qu'un BB dense.	En période de refroidissement atmosphérique, un abaissement plus rapide de T°s. En période de réchauffement atmosphérique, une élévation plus rapide de T°s.
Rayonnement	Les BBDr conservent plus longtemps leur aspect noir qu'un BB classique car les mécanismes d'abrasion de la surface par le trafic sont plus réduits.	Abaissement plus important de T°s en période nocturne que pour un BB classique. Par fort ensoleillement, élévation de température plus importante.

Dans la réalité, les trois modes d'échanges d'énergie à la surface d'une chaussée sont combinés. On observe un déphasage dans le temps des courbes d'évolution de la température de surface d'un BBDr par rapport à un BB classique et surtout une température qui peut être inférieure de 2 à 3° à celle d'un BB classique.

Par temps de pluie, le comportement thermique des BBDr est modifié (l'air dans les vides est remplacé par l'eau) et il s'établit rapidement un équilibre thermique entre l'atmosphère et le revêtement de chaussée : la température de surface du BBDr est alors sensiblement équivalente à la température à la base de la couche de BBDr²².

Le temps de séchage des surfaces routières dépend de nombreux paramètres dont la température de surface du revêtement, la quantité d'eau interceptée par le revêtement, l'importance du trafic, la possibilité d'interception de l'eau par les pneumatiques, l'humidité atmosphérique,... D'une manière générale, le temps de séchage des BBDr est différent de celui des autres BB quel que soit le phénomène météorologique. En période de froid, il a été constaté que les BBDr « blanchissent » plus vite (formation de givre à la surface) que les BB classiques, le restent plus longtemps et sont moins faciles à traiter²³ lors d'évènement neigeux ou de formation de verglas. Ce constat a déjà amené certains gestionnaires à remplacer des couches de roulement en BBDr par d'autres revêtements moins sensibles à ce phénomène.

5.4- Les dispositions constructives particulières du point de vue de l'hydraulique

La nature du revêtement drainant nécessite la prise en compte de la spécificité hydraulique du matériau, celui-ci fonctionnant comme un drain.

Lors de l'élaboration d'un projet ou d'une phase d'entretien, il est indispensable de prendre en compte les précipitations prévisibles, d'examiner les pentes longitudinales et transversales²⁴ du support et de la couche de roulement, les profils en travers, d'identifier les exutoires permanents pour préciser les points susceptibles de perturber le régime hydraulique de la chaussée qui pourraient occasionner des résurgences d'eau et apporter des solutions constructives adaptées.

²² Ceci est également vrai pour des températures proches de 0°C ou < 0°C.

²³ Le traitement consiste à épandre sur la chaussée un fondant dont la nature et le dosage sont adaptés à chaque situation météorologique.

²⁴ Une chaussée en BB a toujours une pente transversale d'au moins 2,5% pour évacuer les eaux de pluie.

Le tableau suivant liste, pour chaque point dur, des solutions techniques possibles dans le cas de la réalisation d'un BBDr neuf :

Points durs	Solutions techniques possibles
Etat du support	Si le support est déformé (risque de piège à eau) ou faiblement fissuré (eau pouvant pénétrer dans la structure), faire un entretien préalable.
Bord extérieur de la bande d'arrêt d'urgence	Vérifier la continuité de l'exutoire. Laisser une zone caniveau avant la berme ²⁵ . Entretien régulier de cette zone.
Bord extérieur du BBDr en présence d'accotements	Réaliser un chanfrein en pente douce. Laisser le bord extérieur du BBDr libre, de manière à ce que l'eau puisse s'écouler. Réaliser des accotements avec des matériaux drainants.
Joints d'ouvrage d'art	Mettre en place un drain transversal en amont et penser à son exutoire.
Longues pentes longitudinales	Réaliser des tranchées drainantes en épi régulièrement espacées sur la ligne de plus grande pente.

5.5- Les domaines d'emploi

Les caractéristiques du site, la climatologie du site et l'état du support sont les conditions cumulatives qui déterminent les domaines d'emploi des BBDr.

5.5.1- Caractéristiques du site

Le niveau de trafic, la vitesse autorisée, la géométrie de la route et certaines zones particulières sont des paramètres déterminants pour l'utilisation des BBDr. Ils sont précisés dans le tableau suivant :

Caractéristiques du site		Peut-on utiliser des BBDr?
Autoroutes et voies rapides urbaines (vitesse ≥ 90 km/h)		Oui , sauf « zones particulières »
Routes à trafic élevé ($\geq T1$) ²⁶	En plaine, pas de virage de rayon ≤ 240 mètres	Oui , à condition qu'il n'y ait pas un risque de colmatage important à court terme (présence d'engins agricoles,...)
	En plaine, quelques virages ayant un rayon ≤ 240 mètres	Oui , à condition qu'il n'y ait pas un risque de colmatage important à court terme Traiter les virages et leurs approches avec une autre technique (BBTM,...) Vérifier que l'alternance « BBDr-autre revêtement » n'est pas trop fréquente sur l'itinéraire
	Route sinueuse	Fortement déconseillé , car adhérence transversale et tenue mécanique insuffisantes
Routes à trafic modéré à faible ($\leq T2$)	En plaine, pas de virage de rayon ≤ 240 mètres	Sans intérêt mais possible
	En plaine, quelques virages ayant un rayon ≤ 240 mètres ou route sinueuse	Sans intérêt et fortement déconseillé , car adhérence transversale et tenue mécanique insuffisantes
Voies urbaines, rues, voies rapides urbaines (vitesse = 70 km/h)		Fortement déconseillé , du fait d'un cisaillement important pouvant conduire à des dégradations, du fait d'un risque de colmatage important à court terme (zones de marché, stationnement,...)

²⁵ (Dans ce cas) la berme est la partie de l'accotement qui jouxte la bande d'arrêt d'urgence

²⁶ Un trafic T1 représente un trafic moyen journalier annuel compris entre 300 et 750 poids-lourds; un trafic T2 entre 150 et 300 poids-lourds.

Zones particulières	Zones de basculement de dévers (hors virages à faible rayon)		Oui (des dispositions particulières du point de vue de l'hydraulique sont nécessaires au delà de trois voies)
	Zones de forte pente ($\geq 4\%$) sur une longueur minimale de 200 mètres		Oui , mais étude particulière pour traiter les problèmes de résurgence d'eau et de viabilité hivernale
	Zones de grande largeur (≥ 3 voies)		Oui , mais étude particulière pour traiter les problèmes de résurgence d'eau (exemple de traitement : BBDr à épaisseur variable dans le profil en travers)
	Giratoires, carrefours, virages à très faible rayon (≤ 240 mètres)		Fortement déconseillé , car cisaillements importants
	Barrières de péage		Fortement déconseillé , car zone de cisaillement et risque de pollution par les hydrocarbures
	Zones de bouchons fréquents		Déconseillé , car risque de colmatage et de pollution par les hydrocarbures
	Ouvrages d'art	Longueur ≥ 100 mètres	Fortement déconseillé , pour des raisons de viabilité hivernale (zone d'anomalie thermique)
		Petite longueur	Oui , mais étude particulière pour traiter les problèmes d'évacuation d'eau
Tunnels		Fortement déconseillé , car problèmes d'éclairage	

5.5.2- Climatologie du site

La France est découpée en cinq zones climatologiques H1 à H5 déterminées en fonction du nombre de jours de verglas et de neige par an. Le tableau suivant précise les contraintes d'emploi des BBDr en fonction de ces zones :

Zones climatologiques françaises	Nombre de jours de verglas et de neige	Contraintes d'emploi
H1	<10	Oui , avec un renforcement de la surveillance hivernale des BBDr
H2	10 à 30	Oui , avec un renforcement conséquent des moyens de surveillance et d'intervention sur BBDr
H3	30 à 50	Limité aux itinéraires bénéficiant d'une structure d'exploitation autoroutière et ayant fait l'objet d'une définition spécifique des mesures d'exploitation hivernale sur BBDr
H4	50 à 90	Déconseillé sauf dispositions particulières
H5	>90	Très fortement déconseillé

Quelle que soit la zone climatologique, l'utilisation des BBDr nécessite des dispositions particulières pour l'exploitation hivernale.

5.5.3- Etat du support

La réalisation d'une couche de roulement en BBDr nécessite quelques conditions concernant l'état du support.

Sur un support déformé, il est possible d'utiliser des BBDr, mais il faudra au préalable reprofiler le support pour éviter les pièges à eau. Le fraisage ou le rabotage du support sont à proscrire, car ces opérations créent des sillons longitudinaux qui perturbent l'écoulement transversal en fond de couche.

Sur un support faiblement fissuré, sans fissures actives, il est également possible d'utiliser des BBDr à condition d'imperméabiliser le support au préalable par une couche d'accrochage adaptée.

Sur un support fissuré avec des fissures actives (dalles de béton, grave hydraulique avec faible couverture bitumineuse), il est fortement déconseillé d'utiliser des BBDr, car il y a un risque d'infiltration d'eau dans le corps de chaussée même avec un traitement préalable.

5.6- L'entretien des BBDr

5.6.1- L'entretien au cours de la durée de vie : le décolmatage

Le décolmatage nécessite l'utilisation de matériels spécifiques de traitement hydromécanique de surface. Il consiste à pulvériser de l'eau sous haute pression et à fort débit²⁷ sur la surface du revêtement pour décoller le colmatant accumulé dans les vides communicants et à aspirer le mélange eau-colmatant.

L'opération de décolmatage ne permet pas de retrouver les caractéristiques de vitesse de percolation initiale, mais un gain de 15% en moyenne dans le meilleur des cas. On est donc loin d'un décolmatage total du BBDr.

Les colmatants récupérés, en quantité pouvant aller jusqu'à 250 g/m², contiennent une quantité parfois importante de polluants (hydrocarbures, métaux lourds,...) qui doivent être éliminés dans des usines de traitement spécifiques.

5.6.2- L'entretien au terme de la durée de vie²⁸

Lorsque le revêtement arrive au terme de sa durée de vie, il convient de faire un entretien de la couche. Les familles de solutions suivantes ont fait l'objet d'expérimentations et leur faisabilité a été démontrée :

- enlèvement de la totalité de la couche par fraisage, puis remise en place d'une nouvelle couche (par forcément un BBDr),
- enlèvement de la couche par fraisage d'une ou plusieurs voies et remise en place d'une nouvelle couche (pas forcément un BBDr),
- recyclage du BBDr in situ ou en centrale en vue de reconstituer un nouveau BBDr,
- recouvrement d'un BBDr par un nouveau revêtement.

5.7- Les BBDr et la prise en compte du développement durable

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

Aujourd'hui, le thermorecyclage permet de recycler à chaud, en place ou en centrale, les couches de roulement en BBDr²⁹. Cette technique est une source d'économie de matières premières (granulat et bitume). D'autre part, si elle est réalisée in situ, elle permet également de contribuer à la sauvegarde de l'environnement en réduisant considérablement le tonnage des matériaux transportés.

En 2003 sur l'autoroute A43, un chantier innovant a consisté à réaliser une couche de roulement en BBDr, en utilisant 30% du BBDr recyclé de l'ancienne couche de roulement. Une planche d'essai a également été réalisée sur 1 km avec l'utilisation de 50% de BBDr recyclé.

Une expérimentation permanente est indispensable, pour développer de nouvelles techniques ou perfectionner les techniques existantes. Dans ce domaine, les marges de progrès sont aussi importantes que les enjeux écologiques...

27 La pression est généralement comprise entre 150 et 350 bars, le débit d'eau entre 120 et 200 litres par minute

28 La durée de vie d'une couche de roulement en BBDr est de l'ordre de 15 ans

29 Attention : cela ne signifie pas qu'une couche de roulement en BBDr peut être réalisée avec 100% de BBDr recyclé

CONCLUSION

Les enrobés drainants se sont développés en France à partir de 1984. Présentés au départ comme la solution technique idéale pour résoudre les problèmes de sécurité et de confort des usagers lors des événements pluvieux, le retour d'expérience a montré qu'ils avaient aussi des inconvénients réduisant notablement leurs conditions d'utilisation.

L'exemple des enrobés drainants rappelle que, face à un problème donné, l'ingénieur doit identifier les différentes techniques à sa disposition pour le résoudre, et quantifier les avantages et inconvénients des différentes solutions techniquement possibles, suivant un certain nombre de critères (prix, durabilité, délai de mise en œuvre, confort, sécurité, facilité et coût d'entretien, impacts sur l'environnement, etc...). C'est ensuite au décideur, en fonction de l'importance qu'il attribue à chacun de ces critères de décider de la solution à mettre en œuvre.

Bibliographie :

Aide au choix des couches de roulement vis-à-vis de l'adhérence	CFTR – Note d'information	Juillet 2002
Amélioration de l'adhérence au jeune âge	SETRA – Note d'information	Août 2005
Influence de la couche de roulement de la chaussée sur le bruit du trafic routier	CFTR – Note d'information	Juin 2001
Comprendre le comportement hivernal des enrobés drainants	SETRA – Guide technique	Octobre 1993
Enrobés drainants	SETRA – Note d'information	Juin 1997
Dispositions particulières pour l'exploitation hivernale des bétons bitumineux drainants	SETRA – Note d'information	Septembre 2001
Mesure de l'adhérence des chaussées routières	CFTR – Note d'information	Mars 2005
Propriétés photométriques des revêtements de chaussée	CFTR – Note d'information	Septembre 2006
Qualité d'usage des revêtements routiers en présence d'eau	SETRA – Note d'information	Septembre 1996
Retraitement des chaussées et recyclage des matériaux bitumineux des chaussées	SETRA – Guide technique	Juillet 2004
Utilisation des normes enrobés à chaud	SETRA – Guide technique	Janvier 2008
Mélanges bitumineux – Spécification des matériaux Partie 7 : bétons bitumineux drainants	NF EN 13108-7	Décembre 2006
Les difficultés de viabilité hivernale sur l'autoroute A84 mettant en cause le revêtement de chaussée en enrobé drainant	Conseil Général de l'environnement et du développement durable - Rapport	Août 2008
Réhabilitation de voie : 30% d'enrobés recyclés sur l'A43	Revue environnement – Forum chantier N29	Mars 2003

Contact : *olivier TIGNOL – SPT / CIEES*

tél : 05 61 58 62 62

mél : olivier.tignol@developpement-durable.gouv.fr