

GRAND-DUCHE DE LUXEMBOURG MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS

PONTS ET CHAUSSEES

CAHIER DES CHARGES 'ENDUITS SUPERFICIELS D'USURE' (CDC-ESU04)

Vu et présenté par le Directeur des Ponts et Chaussées

**Vu et approuvé par décision ministérielle N° 62837/011640
Luxembourg, le 22 juillet 2005
Le Ministre des Travaux Publics**

SOMMAIRE

1) Introduction	4
2) Les structures d'enduits	4
2.1) Enduit monocouche à simple gravillonnage (ESMS)	4
2.2) Enduit monocouche à double gravillonnage (ESMD)	4
2.3) Enduit bicouche (ESB).....	5
2.3.1) Enduit bicouche inversé (ESBi)	6
2.4) Enduit superficiel à haute performance (ESHP)	6
2.5) Enduit scellé (ESC).....	7
3) Les matériaux	8
3.1) Gravillons.....	8
3.1.1) Caractéristiques des gravillons pour enduits superficiels d'usure.....	8
3.2) Granulats pré-enrobés.....	9
3.3) Liants	9
3.3.1) Les émulsions de bitume	10
3.3.2) Bitumes fluidifiés.....	11
3.3.3) Emulsions de bitume à base bitume modifié ou bitume fluidifié modifié	11
3.3.4) Liants résineux	12
3.4) Dopes	12
4) Recommandations de base pour le dosage en liant et en gravillons	13
4.1) Correction du dosage de liant.....	14
5) Spécifications relatives au matériel de mise en oeuvre	15
5.1) Epanduses de liant	15
5.2) Gravillonneurs	16
5.3) Compacteurs	16
5.4) Balayeuses - Aspirateurs.....	16
5.5) Engins de reprise et de chargement	17
6) Préparation des chantiers	17
6.1) Approvisionnement en granulats	17
6.2) Approvisionnement en liant	18
6.3) Préparation du support	18
7) Exécution des travaux	19
7.1) Signalisation	19
7.2) Préparation de la chaussée	19
7.2.1) Traitement des zones déformées (problèmes de planéité).....	19
7.2.2) Réparation des flaches et nids de poule.....	20
7.2.3) Traitement de zones poreuses ou fissurées.....	20
7.2.4) Balayage préalable.....	20
7.2.5) Protection des endroits non enduits	20
7.3) Conditions atmosphériques	21
7.4) Stockage mobile des liants	21
7.5) Epandage du liant.....	22
7.5.1) Régularité transversale.....	23
7.5.2) Régularité longitudinale	23
7.5.3) Les joints transversaux.....	23
7.5.4) Les joints longitudinaux	23
7.6) Reprise après arrêt de chantier	23
7.7) Epandage des gravillons	24

7.8)	Mise en place de la mosaïque : Compactage	24
7.9)	Balayer-Aspirer	25
8)	Mise en service	25
9)	Contrôles et réception.....	26
9.1)	Contrôles préalables à l'exécution	26
9.1.1)	Contrôle des épanduses.....	26
9.1.2)	Contrôle des gravillonneurs.....	26
9.1.3)	Contrôles généraux avant l'exécution.....	27
9.2)	Contrôles lors de l'exécution.....	28
10)	Garanties et réception	28
Annexe 1) Recommandations pour l'auteur du projet d'enduit superficiel		28

1) Introduction

Malgré les aléas inévitables rencontrés lors des travaux d'enduisage, ceux-ci représentent néanmoins une des possibilités les plus adéquates et économiques, susceptibles d'apporter une bonne imperméabilité, une rugosité géométrique aux chaussées et une bonne drainabilité (pas d'aquaplaning).

Il faut néanmoins se rendre à l'évidence que la technique des enduits superficiels d'usure a des limites d'emplois sur les routes à trafic dense en poids lourds et sur les chaussées comportant des rampes importantes, des virages serrés et des zones de freinage où les efforts tangentiels engendrés sont élevés.

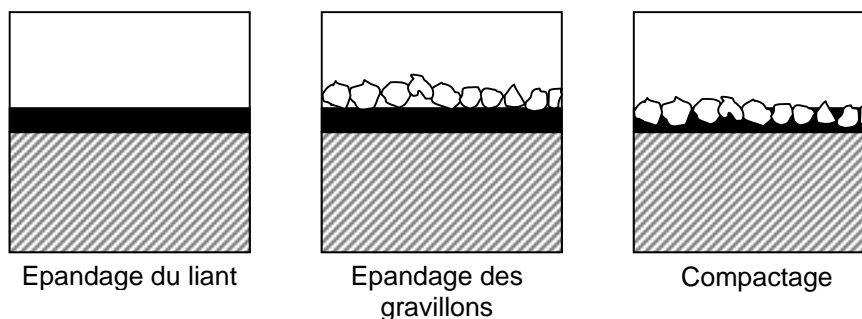
2) Les structures d'enduits

On distingue les structures d'enduits superficiels d'usure suivants :

2.1) Enduit monocouche à simple gravillonnage (ESMS)

L'enduit superficiel monocouche à simple gravillonnage consiste en l'épandage d'une couche de liant suivi immédiatement d'un gravillonnage de gravillons calibrés.

Cet enduit nécessite un bon support homogène. Cette structure s'utilise surtout pour des chaussées à faible trafic et pour la voirie urbaine et dans les agglomérations. Elle ne supporte pas des efforts tangentiels trop importants et ne convient pas pour des supports trop poreux.

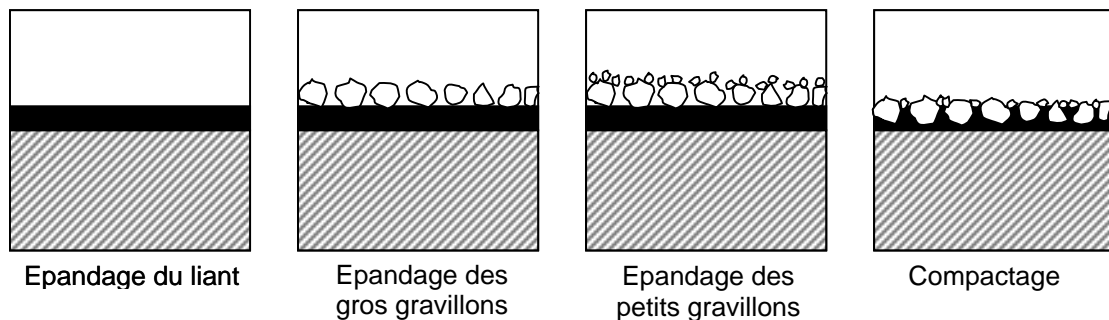


2.2) Enduit monocouche à double gravillonnage (ESMD)

L'enduit superficiel monocouche à double gravillonnage consiste en l'épandage d'une couche de liant suivi immédiatement d'un gravillonnage en deux phases : d'abord une couche de gravillons gros, immédiatement suivi d'une couche de gravillons plus fins. La combinaison la plus courante est le 8/12 suivi du 4/8.

Le gravillonnage des gros éléments est réalisé de façon à obtenir une mosaïque monocouche non jointive, sans aucun chevauchement de pierres, laissant apparaître le liant entre les gravillons, afin que les petits éléments puissent venir se caler dans les interstices et consolider la mosaïque principale.

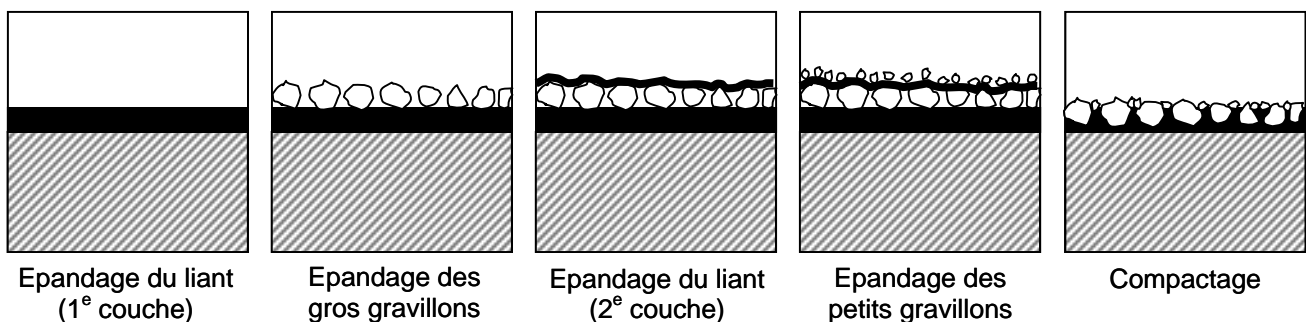
Cet enduit nécessite un bon support 'dur' et homogène. Cette structure, qui présente une rugosité élevée ainsi qu'une bonne drainabilité superficielle, s'utilise surtout pour des chaussées à trafic intense, lourd et rapide.



2.3) Enduit bicouche (ESB)

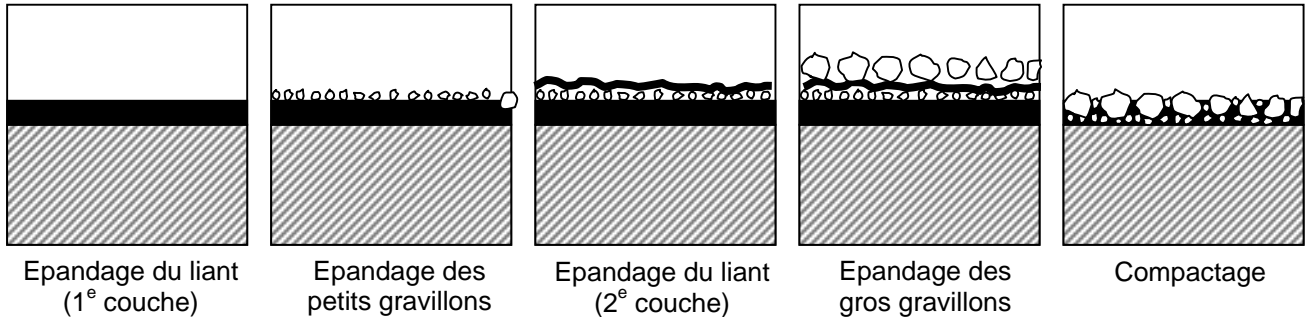
L'enduit superficiel bicouche correspond à la combinaison de deux enduits simples, réalisés successivement et sans intervalle de temps. Dans l'enduit inférieur, généralement réalisé en 8/12, la mosaïque n'est pas jointive ; la deuxième couche étant alors réalisée en 4/8, tout en utilisant le même liant. Afin d'éviter les ressuyages de liant dans le cas des liants anhydres, une attention particulière est à apporter aux dosages en liant.

Cet enduit peut être appliqué sur un support hétérogène et est bien adapté aux régions humides et/ou froides ainsi qu'aux travaux en arrière saison. Cette structure, qui présente une imperméabilisation importante du support, s'utilise surtout pour des chaussées à trafic intense, lourd et rapide.



2.3.1) Enduit bicouche inversé (ESBi)

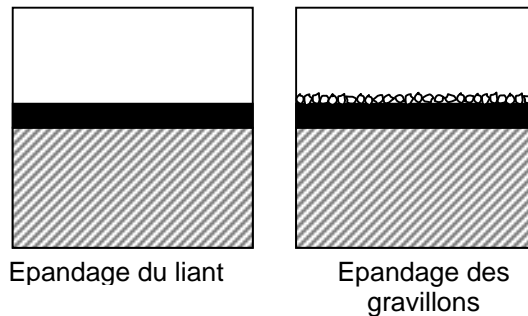
L'enduit superficiel bicouche inversé représente une variante de la technique de bicouche et prévoit l'application de petits gravillons en première couche et des gros en deuxième couche.



2.4) Enduit superficiel à haute performance (ESHP)

L'enduit superficiel à haute performance représente une technique similaire à celle de l'enduit superficiel monocouche mais en utilisant des gravillons à très haute résistance au polissage CPA et à l'usure et un liant spécial dont le constituant principal est une résine réactive (p.ex. époxy,..). L'application du liant requiert un équipement particulier très élaboré. Cet enduit ne nécessite pas de compactage.

Cet enduit peut être appliqué sur tout type de revêtement hydrocarboné fermé et en bon état, exception faite des enrobés fraîchement posés, non encore usés. Cette structure, qui a été conçue en vue d'améliorer la sécurité dans des zones sensibles, telles que carrefours, virages dangereux, etc., présente des très bonnes rugosités et des fortes résistances aux efforts tangentiels.



2.5) Enduit scellé (ESC)

L'enduit à sceller par un enrobé coulé à froid consiste en un traitement de surface dans lequel un enduit monocouche légèrement ouvert est stabilisé par un enrobé coulé à froid.

Les prescriptions pour enduit monocouche et pour enrobés coulés à froid sont applicables.

En plus toute circulation sur l'enduit est interdite. La mise en œuvre de l'enrobé coulé à froid suit celle de l'enduit le plus rapidement possible et est dans tous les cas effectuée le jour même.

L'élimination des gravillons excédentaires est réalisée avant mise en œuvre de l'enrobé coulé à froid.

La mise en service de la chaussée traitée est autorisée immédiatement après rupture complète de l'émulsion et compactage éventuel de l'enrobé coulé à froid.

Les matériaux et les dosages à respecter pour l'exécution d'un enduit scellé seront spécifiés dans les documents d'adjudication.

3) Les matériaux

3.1) Gravillons

Les gravillons correspondent aux prescriptions du cahier des charges 'granulats'.

Pour la réalisation des enduits superficiels du présent cahier des charges, on distingue les calibres 4/8 et 8/12.

Néanmoins des calibres voisins peuvent être acceptés par l'Administration.

Le choix de la granularité se fait selon les critères suivants :

- trafic lourd et/ou support hétérogène : gravillons plus gros (8/12)
- trafic faible et/ou support homogène : gravillons plus fins (4/8)

Dans les zones urbanisées il est recommandé de recourir à une granularité plus fine, pour des raisons de réduction du bruit de roulement.

3.1.1) Caractéristiques des gravillons pour enduits superficiels d'usure

Les granulats utilisés pour la confection d'enduits superficiels suffisent aux catégories, conforme à l'EN13043, du Tableau 1):

Tableau 1) Catégories des caractéristiques de granulats pour enduisage selon le cahier des charges 'granulats'

Essai	Norme	Catégorie
Granulométrie	EN933-1	G _{C 90/10}
Indice de forme	EN933-4	SI ₂₀
Aplatissement	EN933-3	FI ₁₅
Pourcentage de grains concassés	EN933-5	C _{100/0}
Teneur en fines	EN933-1	f _{0.5}
Passant 0.5mm	EN933-1	≤ 1
Fragmentation	EN1097-2	LA ₂₅
Usure	EN1097-1	MDE ₂₅
Polissage	EN1097-8	PSV ₅₀
Gel-Dégel	EN1367-1	F ₂

Remarques particulières concernant certaines propriétés:

- Angularité : Les granulats possèdent un maximum d'arêtes vives. Les granulats provenant de roches massives sont à préférer aux granulats concassés d'origine alluvionnaire, qui sont d'ailleurs exclus des chantiers importants.
- Propreté : Il est nécessaire de rappeler que la présence de poussières entrave l'adhérence des gravillons au liant et peut donner lieu à divers défauts ultérieurs, notamment le rejet de gravillons.
- Adhésivité gravillons – liant : l'adhésion mécanique mesurée moyennant l'essai Vialit avec des gravillons secs doit être supérieure à 80, avec des gravillons humides elle est supérieure à 90. Une attention particulière quant à leur affinité au liant est à apporter aux gravillons alluvionnaires.

Pour les enduits superficiels à haute performance (ESHP) on utilise généralement des bauxites calcinées ou des matériaux similaires présentant des CPA voisins ou supérieurs à 70 et de bonnes résistances mécaniques.

3.2) Granulats pré-enrobés

Les caractéristiques des granulats pré-enrobés doivent aussi être conformes au Tableau 1).

Le pré-enrobage (parfois encore appelé « laquage ») consiste à enrober les gravillons d'un mince film de liant, à raison de 1% en masse de la pierre (à raison de minimum 0,7 % en poids) : l'opération s'effectue en poste d'enrobage, après chauffage et dépoussiérage des gravillons.

Les granulats pré-enrobés ne sont pas à utiliser lorsque le liant utilisé est une émulsion de bitume en raison des mécanismes de rupture de celle-ci.

Les granulats pré-enrobés, d'aspect uniformément noir, seront non collants au toucher, ne formeront pas de mottes et s'écouleront librement.

En cas d'utilisation de liants fluidifiés, des granulats pré-enrobés sont demandés en particulier pour l'exécution des travaux en avant et arrière saison (avant le 1er mai et après le 1er septembre) et dans tous les cas où l'administration le juge utile et sur toutes les routes à circulation importante désignées par l'administration.

Toutefois on évitera d'utiliser de tels granulats par forte chaleur.

Les caractéristiques des gravillons sont les mêmes que pour les gravillons énoncés sous 3.1).

3.3) Liants

On distingue les catégories suivantes de liants:

- émulsions cationiques à base de bitume routier, à rupture rapide et à teneur en bitume > 65%
- émulsions cationiques à base de bitume modifié avec élastomères ou plastomères
- bitumes fluidifiés
- bitumes fluidifiés avec élastomères ou plastomères
- liants résineux pour enduits à hautes performances

Les liants à base de goudron et de dérivés du goudron (origine carbochimique) ne sont pas autorisés. Il en est de même pour l'utilisation de fluidifiants aromatiques et des huiles de fluxage.

Les émulsions, bitumes fluxés ou fluidifiés, ne sont pas mélangeables sans inconvénients ou risques graves.

De façon générale, l'emploi d'émulsions permettra des réalisations d'enduits plus tôt ou plus tard dans l'année qu'avec des liants anhydres (particulièrement à partir de septembre lorsque le support atteint des températures inférieures à 10°C).

En structure monocouche, les liants anhydres sont plus généralement choisis, les émulsions de bitume étant préférées en enduit bicouche.

Pour des trafics importants des liants modifiés sont à retenir, avec en préférence un liant anhydre visqueux qui permet une stabilisation plus rapide de l'enduit.

Il incombe à l'Administration de faire le choix entre un bitume modifié ou non, par contre le choix entre une émulsion ou un bitume fluidifié est laissé à l'entrepreneur.

Tableau 2) Période d'exécution des enduits superficiels

Mois	Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Septembre		Octobre	
Température de l'air	< 10°C		10-15°C		15-25°C		15-25°C		15-25°C		10-15°C		< 10°C	
Période	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31
Trafic lourd			Bitume modifié fluidifié Bitume fluidifié Emulsion de bitume ou de liant modifié											
Trafic léger			Bitume fluidifié Emulsion de bitume ou de bitume modifié											

3.3.1) Les émulsions de bitume

Les émulsions de bitume se distinguent par une période d'évolution très courte et une adhérence non troublée par la présence d'une légère humidité.

Au moins les propriétés suivantes des émulsions de bitume sont à déclarer lors de leur fourniture :

Essais sur l'émulsion :

- Indice de rupture
- Teneur en eau

Essais sur liant résiduel :

- Pénétrabilité
- Solubilité
- Masse volumique relative

Dans tous les cas, les fournitures d'émulsions de bitume sont toujours accompagnées d'une fiche technique actuelle renseignant sur leurs caractéristiques et le cas échéant se référant sur des spécifications normatives existantes pour l'usage projeté (p.ex. normes NF T65-011, prEN 13808, DIN1995-3,...).

3.3.2) Bitumes fluidifiés

Les bitumes fluidifiés se distinguent par une période d'évolution plus longue et sont préférables pour chaussées à faible trafic.

Les bitumes fluidifiés sont fabriqués à partir d'un bitume de base de classe 70/100 et de pétrole lampant.

Au moins les propriétés suivantes des bitumes fluidifiés sont à déclarer lors de la fourniture :

Essais sur le bitume fluidifié :

- Teneur en liant résiduel
- Viscosité cinématique
- Point d'éclair
- Distillation à températures diverses
- Densité aux températures d'application Indice de rupture

Essais sur liant résiduel :

- Pénétrabilité
- Solubilité

Dans tous les cas, les fournitures de bitumes fluidifiés sont toujours accompagnés d'une fiche technique actuelle renseignant sur leurs caractéristiques et le cas échéant se référant sur des spécifications normatives existantes pour l'usage projeté (p.ex. norme NF T65-002, DIN1995-4,...)

3.3.3) Emulsions de bitume à base bitume modifié ou bitume fluidifié modifié

Les émulsions de bitume à base de bitume modifié ou de bitume fluidifié modifié se caractérisent surtout par une amélioration au niveau de la susceptibilité thermique et de la cohésion et une augmentation de la viscosité augmentée et du pouvoir élastique.

Au moins les propriétés suivantes des bitumes fluidifiés sont à déclarer lors de la fourniture :

Essais sur le bitume fluidifié :

- Teneur en liant résiduel

Essais sur liant résiduel :

- Ramollissement B&A
- Point de Fraass
- Ductilité à 5°C
- en cas d'utilisation d'élastomères : Retour élastique

Dans tous les cas, les fournitures d'émulsions de bitume (fluidifiés) modifiés sont toujours accompagnées d'une fiche technique actuelle renseignant sur leurs caractéristiques et le cas échéant se référant sur des spécifications normatives existantes pour l'usage projeté.

3.3.4) Liants résineux

Les liants résineux se distinguent par une très forte adhérence aux revêtements bitumineux et une très forte adhésivité aux gravillons. Ils ont en plus une bonne résistance à la traction et un de bonnes propriétés d'allongement à la rupture.

3.4) Dopes

Pour résoudre les problèmes d'adhésivité, notamment à l'interface liant-granulat, il peut être indiqué de recourir à l'application d'un dope d'adhésivité.

On distingue deux moyens de dopes :

- le dopage dans la masse, qui a essentiellement une action de maintien du collage liant-gravillons dans le temps. Compte rendu des faibles concentrations (environ de 0.3% en poids de liant) et dans le souci d'obtenir une bonne homogénéité, il est indiqué d'effectuer cette opération à poste fixe avec des équipements adéquats
- le dopage à l'interface qui permet surtout de favoriser le mouillage immédiat du gravillon au contact avec le liant. Le dosage en produit pur appliqué est de l'ordre de 3 g/m². Le produit pulvérisé est une solution ou une dispersion généralement dosée à 10% de produit actif.

Afin de ne pas perturber la rupture des émulsions, le dopage dans la masse et celui de l'interface sont à proscrire ainsi que le traitement préalable des gravillons.

L'entrepreneur peut parer, par l'ajoute d'un produit dopant ou par l'utilisation de granulats pré-enrobés, au risque de dégradation de l'enduit pouvant résulter par suite de forte pluie survenant par après. Le dope devra être accepté préalablement par l'administration, sans que l'entrepreneur ne soit dégagé partiellement par cet agrément de la responsabilité du résultat des travaux.

Si des granulats nus sont mis en oeuvre, l'emploi d'un dope d'adhésivité à l'interface liant répandu – granulats à répandre est fortement conseillé.

Néanmoins la possibilité d'un dopage dans la masse du liant ou d'un pré-traitement des granulats reste possible.

4) Recommandations de base pour le dosage en liant et en gravillons

Le dosage en liant est à fixer par les responsables de l'administration en commun accord avec l'entrepreneur qui assumera la responsabilité du choix adéquat de la qualité à mettre en oeuvre. Ils se baseront sur les quantités énoncées aux recommandations annexées.

Tableau 3) Recommandations de base pour le dosage en liant et en gravillons

Structure de l'enduit	Granularité	Taux minimal en liant résiduel		gravillons
		bitume fluidifié ou émulsion	bitume modifié fluidifié ou émulsion modifiée	
	d/D	kg/m ²	kg/m ²	l/m ²
ESMG	4/8	1.2	1.1	7-8
	8/12	1.4 *	1.3 *	10-12
ESMD	8/12	1.3	1.2	8-9
	4/8			4-5
ESB	8/12	1.0	0.9	9-10
	4/8	1.2	1.1	5-6
ESBi	4/8	1.2	1.1	5-6
	8/12	1.0	0.9	9-10
ESHP	1/3	liant spécial (résine réactive): dosages suivant les recommandations du fabricant		gravillon à CPA très élevé
* Note : Vu le taux d'épandage de liant très élevé lors de l'utilisation d'un gravillon 8/12 et d'une émulsion de bitume, des risques d'écoulement et de rupture différenciée de l'émulsion existent				

Lors de l'utilisation de scories EAF une attention particulière est attirée sur la masse volumique réelle plus élevée de ce matériau lors de la commande des gravillons et au niveau du dosage pondéral des gravillons.

Toutefois l'utilisation de scories EAF de calibre 8/12 n'est pas recommandé en technique ESGM et ESBi dus aux phénomènes prononcés de rejets et par conséquent un risque élevé de bris de glace.

4.1) Correction du dosage de liant

Le cumul des différentes corrections de dosage évoquées en fonction des divers paramètres peut conduire à un écart important par rapport au dosage de base. L'expérience a montré qu'un écart supérieur à 30-35% permettrait encore des traitements corrects sur des routes peu circulées. Par contre, en sous dosage, le maximum semble se situer au niveau de -15 à -20%.

Le tableau ci-dessous permet une approche pour déterminer le correctif global à appliquer au taux de base pour un cas précis d'enduit superficiel à réaliser.

Tableau 4) Correctif des dosages en liant par rapport aux taux de base

Paramètres	ESMG	ESMD	ESB		ESBi	
			1ère	2è	1ère	2è
Trafic :						
- faible	+10	+10	+10	+10		
- moyen	0	0	0	0		
- élevé	-10	-10	-10	-10		
Environnement :						
- très ensoleillé	-5	-5	-5	-5	-5	-5
- ensoleillé	-2	-2	-2	-2	-2	-2
- normal	0	0	0	0	0	0
- ombragé	+5	+5	+5	+5	+5	+5
- très ombragé	+10	+10	+10	+10	+10	+10
Etat du support :						
- rugueux	+12	+12	+10	+2	+10	+2
- lisse sans ressuage	0	0	0	0	0	0
- lisse tendance ressuage	-5	-5	-5	-1	-5	-1
- ressuage	-10	-10	-10	-2	-10	-2
Perméabilité :						
- poreux	+5	+5	+5	0	+5	0
- non poreux	0	0	0	0	0	0
Catégorie du liant :						
- Bitume fluidifié 400/600	+4	+4	+4	+4	+4	+4
- Bitume fluidifié 800/1400	+3	+3	+3	+3	+3	+3
- Emulsion 65%	+6	+6	+6	+6	+6	+6
- Anhydre modifié	+1	+1	+1	+1	+1	+1
- Emulsion modifié	0	0	0	0	0	0
Epoque de réalisation :						
- avril/août	0	0	0	0	0	0
- à partir de septembre	+5	+5	+5	+5	+5	+5
Dureté du support :						
- très poinçonnable	-7	-7	-7	-7	-7	-7
Profil en long						
- droit et plat	0	0	0	0	0	0
- droit montée	-5	-5	-5	-5	-5	-5
- sinueux et plat	+2	+2	+2	+2	+2	+2
- sinueux montée	-2	-2	-2	-2	-2	-2

5) Spécifications relatives au matériel de mise en oeuvre

5.1) Epanduses de liant

Les épanduses de liant doivent être calorifugées et comportent un à deux indicateurs de température (en principe au point bas et au point haut de la citerne et d'une façon générale, le plus près possible de l'orifice d'aspiration) et une jauge.

L'épandage des liants est assuré par pompe avec retour. La mise sous pression du liant par air comprimé est interdite.

La rampe d'épandage est équipée de plusieurs diffuseurs en forme de jets à lames plates triangulaires ou de jets coniques pour un épandage à haute ou moyenne pression assurant une distribution transversale et longitudinale satisfaisante et homogène. Pour les liants répandus à chaud l'épanduse doit être équipée d'un système de maintien en température de la rampe de répandage et de ses accessoires. Elle peut aussi être complétée par dispositif de pulvérisation de dope. Les gicleurs doivent être adaptés à la viscosité du liant.

Le taux d'épandage est à contrôler par l'essai décrit à la norme EN12272-1. Cet essai consiste à recueillir une partie du liant épandu à l'aide de bacs ou de panneaux ou de plaques absorbantes d'une surface minimale de 0.5m^2 disposés uniformément sur toute la largeur d'épandage. L'écart de dosage est au maximum de 10%, dans la gamme de dosage entre 0.8 à 2.0 kg/m^2 . L'essai de contrôle de l'épandage ne dispense pas d'un contrôle visuel permanent et rend une intervention immédiate indispensable en cas d'obstruction d'un diffuseur. L'ajustement de l'épandage en largeur doit se faire en continu. L'asservissement du débit de répandage à la vitesse d'avancement du véhicule et aux variations de largeur de la rampe est très fortement conseillé ; à défaut, le compte tours et tachymètre sont placés coté à coté et , si possible, simultanément vers le chauffeur et vers l'homme-vannes.

Avant toute application de liant, il est indispensable de s'assurer de la présence effective des gravillonneurs et de limiter la surface enduite de liant à la quantité de gravillons pouvant être épandue sans attente. L'avance du liant épandu par rapport aux gravillons ne peut excéder 10m.

Les épanduses sont équipées d'un dispositif électronique qui permet un pilotage instantané du dosage de liant et l'asservissement du débit d'épandage à la vitesse du véhicule. Il est évident que le bon état du matériel de répandage et sa propreté (citerne, tuyauterie, filtres, rampes) constituent un élément important du succès.

5.2) Gravillonneurs

Afin de ne pas circuler directement sur le liant, les gravillonneurs portés circulent toujours en marche arrière.

Il est recommandé que l'inclinaison de la benne, qui est généralement d'un angle de 30 à 40° par rapport à l'horizontale, puisse être commandée à partir du poste de conduite situé à l'arrière du véhicule.

Tous les gravillonneurs doivent garantir une répartition transversale régulière et homogène des gravillons épandus qui est liée à la qualité du dispositif de répandage. La régularité de la répartition longitudinale ne peut être obtenue que par l'asservissement du dispositif gravillonneur à la vitesse du véhicule.

La mise en place d'un cloisonnement transversal de la benne permet d'assurer un écoulement plus régulier du granulat.

5.3) Compacteurs

On utilise soit :

- des compacteurs à pneumatiques lisses possédant en général 7 à 9 roues, chargées de 1 à 3 t par roue. La pression de gonflage des pneus sera le plus élevé possible (de l'ordre de 7 à 8 bars). Les systèmes dits isostatiques tendant à égaliser les pressions au sol sont conseillés.
- des cylindres mixtes pneus-bille doivent être utilisés sans vibrations (2 à 3 passes) et la bille doit avoir une charge par centimètre de génératrice < 30kg. Il doit s'agir cependant de matériel adapté aux travaux d'enduisage (rapide et pas trop lourd) et non de matériel destiné à la construction des chaussées.

Dépendant de la largeur et la longueur du tronçon en exécution, il faut au moins 2 compacteurs. Le cas échéant la distance entre le 1^{er} compacteur et le gravillonneur sera toujours inférieure à 40 m.

Un balayage des joints longitudinaux avant d'application sur la bande suivante est de rigueur.

5.4) Balayeuses - Aspirateurs

L'opération de balayage est nécessaire :

- avant l'épandage du liant, afin de nettoyer le support
- après l'exécution de l'enduit, afin d'éliminer les rejets de gravillons

Les balayeuses et/ou aspirateurs servent à l'élimination du rejet qui ne devrait pas excéder 5 %.

Le rejet est à éliminer dans les plus brefs délais compatibles avec la prise du liant. De toute façon un délai supérieur à 4 jours ne peut être toléré.

5.5) Engins de reprise et de chargement

Il est nécessaire de prendre toute disposition afin que lors des reprises il n'y ait pas d'évolution des granulats et surtout de leur propreté.

Pour les grandes aires aménagées, tous les engins de chargement sont utilisables. Sur les aires de petites surfaces ou non aménagées, les engins à bennes ouvrables ou les pelleteuses à chargement continu, sont préférables aux chargeurs frontaux à godet classique. Les pelleteuses à chargement continu peuvent posséder un dispositif de pulvérisation de dope.

Il sera probablement nécessaire d'abandonner quelques mètres cubes de granulats plutôt que de les polluer en arrachant des matériaux constitutifs de l'aire de stockage.

6) Préparation des chantiers

La préparation des chantiers est une opération importante, qui conditionne dans une forte mesure la réussite ou l'échec des travaux d'enduisage.

6.1) Approvisionnement en granulats

Pour garantir le bon déroulement des travaux il est très avantageux d'avoir un approvisionnement continu et rapide de granulats. Généralement ceci est garanti par la réalisation d'un stock à proximité et à accès facile des chantiers. Les stocks sont constitués de manière à ce que les manœuvres des engins de gravillonnage ne constituent pas un danger pour la circulation générale (proximité de carrefour, zones à faibles visibilitées). L'approvisionnement complet d'une aire de stockage intervient dans un laps de temps suffisamment court pour que toutes possibilités de surveillance et de réception soient assurées.

Il est impératif d'assurer le maintien en bon état des aires de stockage et d'éviter toute pollution des granulats par des éléments argileux et terreux.

Prendre les dispositions pour éviter le mélange de granulats de nature et de calibres différents.

6.2) Approvisionnement en liant

Le liant provient soit directement des usines productrices, soit des centres de stockage et de réchauffage fixes ou des centres mobiles. Dans le premier cas, les livraisons s'effectuent dans des porteurs calorifugés contenant le liant à sa température de répandage.

Dans le deuxième cas, les répanduses s'approvisionnent à partir d'un stock fixe où un réchauffage et un malaxage continus ont lieu. Il y a lieu de ne pas chauffer trop longtemps le liant à une température trop élevée. Lors du réchauffage à température d'épandage, des surchauffes doivent être évitées à tout prix. Elles auraient comme conséquence une cokéfaction partielle du liant, modifiant ainsi ses caractéristiques et provoquant des bouchages des jets des rampes.

Les matériels habituels de chantier n'étant pas susceptibles de garantir une homogénéité satisfaisante des mélanges des liants de base avec des huiles de fluxage ou des dopes d'adhésivité, il est exclu d'envisager cette opération hors des usines ou des centres de stockage fixes, sauf à utiliser du matériel mobile spécialisé.

Pour éviter une élévation prématurée de la viscosité des liants et même dans certains cas leur dénaturation, il y a lieu de tenir compte des températures de stockage, de réchauffage et de répandage conseillées dans les fiches techniques par le producteur respectivement le fournisseur du liant.

6.3) Préparation du support

Il va sans dire que la qualité de la préparation du support contribue fortement à la qualité d'un enduisage.

Les travaux de réfection et de reprofilage du support doivent être exécutés le plus longtemps possible avant la réalisation de l'enduit.

Des défauts, comme des nids de poule, des flaches ou des ornières, seront bouchés avec des enrobés denses à chaud soigneusement compactés.

Les réparations partielles à l'émulsion par le système de "point à temps" sont à éviter. Ces exécutions sont manuelles et hétérogènes, le dosage en liant étant souvent excessif, on préprogrammera les ressuyages ultérieurs. Pour éviter des ressuyages, il faut recourir le moins possible aux travaux de réparations aux enrobés ouverts à froid. Si des enrobés de ce type ont été mis en oeuvre en hiver par suite de manque ou de la non maniabilité d'enrobés denses à chaud, il ne faut pas hésiter à les enlever dès le début du printemps et à les remplacer par des enrobés denses à chaud.

7) Exécution des travaux

Une condition primordiale à la réussite d'un enduit superficiel réside dans la qualité de l'équipe qui l'exécute et de l'utilisation de matériel adapté, bien réglé et fiable. Cette équipe doit donc avoir l'habitude de réaliser ensemble ce genre de travail, en particulier le conducteur de chantier ainsi que l'épandeur du liant disposent d'une grande expérience dans les travaux d'enduisage. De façon générale, il faut éviter, dans la mesure du possible, que les différents agents soient interchangeables à tout propos. Le rôle du conducteur de chantier est essentiel.

Il faut travailler pendant la belle saison (voir aussi Tableau 2). Exécutés dans des conditions équivalentes, ce sont toujours les enduisages de fin de saison qui sont les plus fragiles.

La température ambiante ne doit pas descendre au-dessous de 10°C au cours de la journée (voir aussi 7.5).

L'arrêt des épandages est impératif en cas de pluie ou de chaussée très mouillée.

Le pré-enrobage, le prétraitement ou l'enduit interface, permettent d'augmenter l'affinité liant-granulats, mais ne sont en aucun cas des solutions permettant de travailler dans des conditions climatiques défavorables.

La mise en œuvre de la deuxième couche, dans le cas des enduits bi-couche, devra se faire au plus tard une semaine après exécution de la première couche. La circulation ne sera pas admise pendant ce temps.

L'Administration est à avertir avant tout début de travaux d'enduisage.

7.1) Signalisation

Les travaux d'enduits superficiels étant généralement sous circulation, il est impératif d'avertir les usagers de la route moyennant une signalisation correcte et efficace de l'exécution des travaux et de la présence sur la chaussée de personnels et de matériels.

Durant les travaux et tant qu'il existe un risque lié à la présence de gravillons roulants ou mal fixés, des signaux de danger (signal A,9a), de limitation de vitesse (signal C,14) et d'interdiction de doubler (signal C,13ba) sont maintenus aux extrémités des sections enduites. Il est recommandé de prescrire une vitesse maximale de 50km/h sur un enduit fraîchement posé. L'absence de marquage est également indiquée à l'utilisateur.

Cette signalisation routière est à mettre en place et à enlever par l'Administration. La signalisation sera d'autant mieux respectée que les panneaux et dispositifs divers seront enlevés sitôt qu'ils n'auront plus leur raison d'être.

7.2) Préparation de la chaussée

7.2.1) Traitement des zones déformées (problèmes de planéité)

L'opération consiste à éliminer des ornières ou tôles ondulées inférieures à 2cm, soit par fraisage soit par reprofilage local moyennant un enrobé coulé à froid. Lorsque les déformations sont plus importantes il convient de procéder à un fraisage local de la couche déformée et le remplacement par une couche d'enrobés à chaud.

7.2.2) Réparation des flaches et nids de poule

L'opération consiste à enlever le revêtement au droit des flaches et nids-de-poule et à mettre une ou plusieurs couche d'enrobés à chaud en remplacement de celui-ci. L'utilisation d'enrobé à froid n'est pas autorisée à cause d'un piégeage des fluidifiants éventuellement contenus dans les enrobés à froid.

7.2.3) Traitement de zones poreuses ou fissurées

Les zones très poreuses ou finement fissurées sont à traiter préalablement par l'application d'une émulsion cationique de bitume ou de bitume aux élastomères suivie d'application de gros sable de concassage (0/2) ou de gravillons concassés de calibre 2/4. Lors de l'épandage du liant à la lance il faut particulièrement veiller à une distribution uniforme et sans excès de l'émulsion. Le taux d'épandage est fonction de l'état du support.

Des fissures larges (>5mm) doivent être réparées par exemple par des masses de scellement bitumineuses ou par un rabotage local du revêtement dans le cas de plusieurs fissures rapprochées.

7.2.4) Balayage préalable

La surface de la chaussée doit être parfaitement propre et exempte de poussières, saleté ou corps étrangers, particulièrement aux bords de chaussées, afin de permettre une adhésion du liant sur le support. Le balayage et la nature des balais doivent être adaptés aux types de saletés à éliminer. Il est également nécessaire de prévoir l'élimination des marquages thermoplastiques.

Sur les chaussées très circulées il se produit un autonettoyage et les opérations de balayage préalable peuvent s'avérer inutiles.

Il faudra que la rotation du balai ne soit pas asservie à l'avancement de la balayeuse ou puisse en être rendue indépendante pour pouvoir, par une rotation sur place, décaper les saletés rebelles. Les fibres des balais, quelle que soit leur nature (nylon, acier, piassava, miste) doivent être en bon état et suffisamment dures pour assurer un grattage énergique.

7.2.5) Protection des endroits non enduits

Avant l'épandage du liant, les zones à ne pas enduire, comme les rigoles, égouts, bouches d'incendie etc. sont recouvertes par des moyens adaptés par l'entreprise exécutive, qui procédera aussi à leur nettoyage éventuel après enduisage.

7.3) Conditions atmosphériques

La période favorable pour la réalisation d'enduits superficiels se situe entre avril et septembre, mais avec des liants visqueux tels que les bitumes modifiés fluidifiés cette saison est réduite de mai à septembre. Il faut en effet que le temps soit favorable le jour même de l'enduisage, mais il est indispensable que l'enduit jouisse ensuite d'une période suffisante de temps chaud afin que le liant évolue comme prévu et que la mosaïque puisse bien se consolider sous l'action du trafic.

Pour les liants anhydres la température ambiante doit normalement être supérieur à 10°C durant la journée, pour les émulsions elle est supérieure à 5°C, et il faut que la chaussée soit sèche pour entamer l'enduisage. Les journées très chaudes sont également peu favorables pour les enduits sur routes à circulation importantes en tenant compte d'une ouverture au trafic délicate et des risques d'arrachage des gravillons.

Un orage survenant juste après la mise en oeuvre de l'enduit entraînera les dispositions suivantes :

- soustraire le plus rapidement possible l'enduit à la circulation
- en fin d'orage, attendre l'écoulement total des eaux de ruissellement
- épandre un dope d'adhésivité
- attendre le séchage des gravillons
- compacter à nouveau
- remettre en circulation à très faible vitesse

7.4) Stockage mobile des liants

Les citernes de stockage sont calorifugées, équipées d'un système de réchauffage, de préférence thermostaté à circulation d'un fluide de transfert et munies de thermomètre de contrôle. Pour des questions de sécurité, les transvasements s'opèrent avec des manches métalliques et les circuits de pompage ne doivent conduire à aucune mise en pression ou dépression des citernes.

Les émulsions répandues à température ambiante ne nécessitent pas de calorifugeage de la citerne de stockage.

7.5) Epandage du liant

Préalablement à l'épandage du liant, différents points doivent être vérifiés :

- maîtrise de la bonne température du liant préconisée tout au long de l'épandage
- bonne propreté du filtre, du corps de rampe et des pulvérisateurs
- respect de la hauteur de la rampe
- affichage correct du dosage de liant à appliquer
- contrôle in-situ vérifiant la bonne répartition du liant (voir aussi art. 9)

Avant toute application de liant, il est indispensable de s'assurer de la présence effective des gravillonneurs et de limiter la surface enduite de liant à la quantité de gravillons qui peut être épandue sans attente.

Il importe que le liant soit uniformément réparti sur la chaussée, tant longitudinalement que transversalement. Toute irrégularité se marquera par l'apparition de défauts dans l'enduit.

Au moment de l'épandage, le liant doit avoir une viscosité adéquate pour être pompé, dosé et distribué par le système de rampe et de pompe de l'épandeuse. Cette viscosité étant liée à la température, il importe que cette température soit effectivement observée et corrigée si nécessaire. En plus la température sera adaptée à la période d'épandage ; en effet l'épandage à temps froid implique des températures de liant plus élevées

Des températures d'épandage recommandées pour les liants usuels sont reprises au tableau ci-dessous

Tableau 5) Températures d'épandage recommandées pour les liants usuels

	Bitume pur fluidifié	Bitume modifié fluidifié	Emulsions
Température recommandée pour l'épandage du liant	140 – 150 °C	150 – 160 °C	50 – 75°C
Température ambiante durant la journée	>10°C	>15°C	>5°C
Température minimale du sol	10°C	10°C	10°C

Dans l'épandeuse, le réchauffage, lorsqu'il est indispensable, ne doit pas apporter une élévation de température supérieure à 30°C et se fait avec circulation du liant pour éviter toute localisation de chaleur.

7.5.1) Régularité transversale

La régularité transversale d'épandage est principalement fonction du bon réglage de la rampe : calibrage et position des becs, hauteur de la rampe, fonctionnement correct des vannes ou clapets, positionnement des allonges. Il est fortement recommandé d'utiliser des jets correcteurs de débit en extrémité de rampe ou une tôle placée latéralement sur la rampe, afin de conserver un taux d'épandage correct en rive, c.à.d. au moins un double recouvrement de la surface.

Sur les routes à plusieurs voies de circulation, la largeur d'épandage doit être adaptée à la largeur de ces voies. A tout prix on évitera de situer un joint ou raccord dans la frayée des roues.

Dans le cas des températures très élevées, il peut être conseillé de surseoir à l'exécution de l'enduit.

7.5.2) Régularité longitudinale

L'alimentation de la rampe au moyen d'une pompe doseuse asservie à la vitesse d'avancement du véhicule garantit la régularité longitudinale de l'épandage. Il est nécessaire d'épandre le taux de liant aux taux prescrit et de maintenir ce taux constant tout au long du chantier.

7.5.3) Les joints transversaux

Les joints transversaux doivent être rectilignes et sans surdosage.

A chaque démarrage, il est fortement conseillé d'épandre le liant, sur quelques dizaines de centimètres, sur une bande de papier placée transversalement à l'épandage. Afin d'obtenir des extrémités propres et nettes, il est judicieux de procéder de la même façon en début de section.

Le balayage manuel des joints transversaux est obligatoire.

7.5.4) Les joints longitudinaux

Afin d'assurer l'uniformité du dosage en liant, deux bandes jointives doivent se recouvrir sur une largeur aussi faible que possible avec un maximum de 20 à 25cm ; pour les bicouches les joints longitudinaux sont décalés d'au maximum 15 à 20cm. Avant d'exécuter la deuxième bande, les granulats de rejet au bord de la bande précédente sont retroussés par balayage.

7.6) Reprise après arrêt de chantier

Lors d'une reprise après un arrêt de chantier et afin d'assurer une homogénéité longitudinale du dosage, il faut que l'épandeuse roule à sa vitesse normale au moment de la commande de l'ouverture de la rampe par l'homme-vannes. Elle doit donc démarrer quelques mètres avant, ce qui ne présente pas de difficultés. L'extrémité de la bande répandue sera recouverte de papier 'Kraft', sur lequel tombera le débit des jets pendant l'ouverture ; ce procédé couramment utilisé permet un raccord parfait sans écart de dosage.

Les granulats de rejet du bord de la bande précédente doivent être éliminés avant l'enduisage de la bande suivante.

7.7) Epandage des gravillons

Lors de l'épandage, les gravillons doivent être aussi secs que possible et non poussiéreux, tel que spécifié à l'art. 3.1)

Le réépandage des granulats doit suivre au plus près la mise en œuvre du liant (en général inférieur à 30m) afin de permettre un bon mouillage des gravillons. Ce délai de répartition des gravillons est inférieur à 1 minute dans le cas des liants modifiés et des émulsions de bitume. Dès que la surface à traiter atteint une certaine importance la constitution d'un stock de gravillons à proximité du chantier est recommandée. Pour les bicouches il faut particulièrement veiller à ce que la première couche soit bien dosée, sans excès, et parfaitement répartie.

Idéalement les gravillons sont répartis sur une largeur correspondant exactement à la largeur du liant épandue. La largeur de la chaussée est déterminante pour la largeur d'épandage du liant, donc pour un traitement en un seul ou deux passages respectivement à l'aide de deux véhicules travaillant en échelon. Tout comme pour le liant, tout défaut à l'exécution des raccords longitudinaux doit être corrigé. Les joints longitudinaux et transversaux doivent faire l'objet de soins attentifs, pour éviter les manques ou excès. Il s'impose de balayer les gravillons tombés en dehors de la zone enduite, avant le réépandage de la bande contiguë afin de réaliser un raccord net. En pratique, il s'est montré indispensable qu'un ou deux ouvriers soient affectés en permanence à la réfection des défauts de gravillonnage.

Le gravillonnage manuel n'est toléré que pour la réalisation des corrections ou pour le traitement de surlargeurs locales de la chaussée.

Le taux de gravillonnage est contrôlé conformément à l'article 9)

7.8) Mise en place de la mosaïque : Compactage

Le cylindrage a pour effet d'opérer un premier arrangement de la mosaïque avant la mise en circulation de l'enduit. Il a pour but de coucher les gravillons, de limiter leurs superpositions et d'amorcer un premier sertissage des gravillons par le liant. La mise en place de la mosaïque ne sera définitivement formée qu'après plusieurs jours de circulation.

Pour que cette opération soit efficace, il faut que le compacteur suive de très près (intervalle maximal de 2 minutes) le réépandage du gravillon au moins pour les premiers passages.

Le nombre de passages d'un compacteur à pneumatique est au minimum de 3 pour les routes à fort trafic et de 6 passages pour les routes à faible trafic.

Le premier passage se fera à vitesse réduite, afin de ne pas retourner les gravillons. Le rouleau passera ainsi autant de fois qu'il s'avère nécessaire pour stabiliser l'enduit, à une vitesse inférieure à 8 km/h. Ceci implique que pour des chantiers importants (>4000m²/j), à avancement rapide, deux compacteurs soient nécessaires.

D'une manière générale des rouleaux à pneus sont à utiliser ; les rouleaux à jantes lisses ne peuvent être utilisés que si le support est suffisamment plan. Néanmoins par temps chaud, si les gravillons collent aux pneus souillés de liant, l'emploi d'un rouleau à jantes lisse devient indispensable du moins pour le premier passage.

Dans le cas précis des bicouches, il n'est pas nécessaire de compacter la première couche, en contrepartie le compactage final sera efficace ; l'ensemble des deux couches sera compacté par trois passages au moins d'un compacteur à pneumatiques.

La première couche de l'enduit monocouche à double gravillonnage sera compacté par un passage d'un compacteur à pneumatiques ; l'ensemble des deux gravillonnages sera compacté à nouveau par au moins 3 passages d'un compacteur à pneumatiques.

L'enduit à haute performance ne nécessite pas de compactage.

7.9) Balayer-Aspirer

La technique de l'enduit implique, inévitablement, un rejet de gravillons provenant :

- d'une part d'un excès lors de la mise en œuvre (néanmoins le plus faible possible)
- d'autre part d'un rejet dû à la mise en place de la mosaïque sous circulation (arrachement des gravillons et réduction de l'épaisseur moyenne de l'enduit)

Si les dosages en gravillons prescrites ont été respectés, des rejets d'environ 5% restent acceptables et possibles jusqu'après le premier hiver.

Dès l'action suffisante du trafic, généralement au bout de 24 ou 48 heures, et afin d'éviter les bris de pare-brise, les gravillons en excès seront éliminés par brossage ou mieux encore par passage de la brosse aspiratrice. L'opération sera répétée, si nécessaire, pour éliminer les gravillons ultérieurement arrachés par le trafic.

8) Mise en service

Aucune circulation n'est admise sur la surface avant achèvement du compactage et rupture complète en cas d'utilisation d'émulsion. Tout trafic, excepté celui pour la mise en œuvre des couches consécutives, est interdit sur les premières couches des enduits bicouches et monocouche à double gravillonnage. Il est impératif d'attendre que les gravillons soient parfaitement secs avant de remettre en circulation la section fraîchement enduite.

Avant l'ouverture à la circulation on contrôlera sur quelques gravillons que l'adhérence soit suffisante en tentant d'arracher les gravillons manuellement ou à l'aide du talon.

A l'exception d'un enduit à haute performance et en fonction des conditions climatiques, le trafic peut généralement être admis à une vitesse réduite après un délai de trente minutes à compter de la fin du compactage ; pour les ESHP le délai est d'environ 2 heures. Pendant la première heure de mise sous circulation, il incombe à l'entrepreneur de prendre toutes les dispositions pour limiter la vitesse de 30km/h des usagers de la route. A cette vitesse le trafic exerce un post-compactage efficace.

En cas de fortes chaleurs à la suite de la mise sous circulation de l'enduit, il y a lieu de prévoir un sablage de l'enduit.

9) Contrôles et réception

9.1) Contrôles préalables à l'exécution

Tous les éléments de contrôle sont repris dans un rapport de contrôle journalier.

9.1.1) Contrôle des épandeuces

La capacité à respecter les dosages de liant prescrits ainsi que leur régularité transversale et longitudinale doivent être contrôlés au moins une fois en début d'une campagne d'enduisage. Ces opérations peuvent être réalisées soit dans une enceinte choisie par l'Administration, soit au dépôt de la d'entreprise en présence d'agents de l'Administration, en conformité avec les normes EN12272-1 ou NF P98-275-1. Le coefficient de variation transversale (CVT) mesuré lors de ces essais doit être inférieur à 10%.

A part ces essais annuels il est recommandé d'effectuer des essais préalables au démarrage du chantier, par exemple sur un délaissé.

Il va de soi qu'il incombe à l'entreprise de s'assurer en début de campagne et plusieurs fois en cours de campagne du bon état et du fonctionnement des dispositifs suivants :

- système de réchauffage des citernes
- thermomètres
- tachymètres, manomètre et compte tours
- jauge
- système d'alimentation de la rampe

Une rampe correctement réglée en début de campagne doit, en principe et moyennant un entretien convenable, conserver son réglage initial pour la durée de la campagne. Les contrôles sur chantier ne serviront qu'à déceler une dérive éventuelle.

9.1.2) Contrôle des gravillonneurs

En ce qui concerne le respect du dosage prescrit, un étalonnage doit être effectué au début de chaque chantier, les conditions de fonctionnement dépendent étroitement des granulats utilisés (forme, granularité, état d'humidité, épaisseur moyenne).

Avant le début des travaux ces opérations peuvent être réalisées sur une planche d'essai en marge du chantier concerné en conformité avec les normes EN12272-1 ou NF P98-276-1. Le coefficient de variation transversale mesuré lors de ces essais doit être inférieur à 15%.

Le rouleau distributeur, les bavettes du camion gravillonneur ainsi que le système d'asservissement du gravillonneur sont contrôlés à intervalles régulier en début et en cours de campagne de gravillonnage par l'entrepreneur.

9.1.3) Contrôles généraux avant l'exécution

Indépendamment des contrôles décrits aux articles 9.1.1) et 9.1.2), un contrôle permanent doit être assuré sur chantier.

Un contrôle approximatif du dosage de liant au sol peut être effectué, avec une précision de 2%, par pesage des épanduses afin de déterminer le poids de liant appliqué sur une surface connue. A noter que la largeur à prendre en compte est la largeur 'noircie' diminuée de 20cm.

Le contrôle du dosage moyen en granulats est effectué en rapportant le volume de matériaux (mesuré par cubage des bennes de camions préalablement arasées) à la surface recouverte (la surface traitée pendant une journée de travail).

Dans tous les cas, il importe de réaliser des prélèvements conservatoires de liant et de granulats qui permettront, en cas d'échec, de mieux cerner les causes du problème. Ces prélèvements sont soigneusement stockés en récipients étanches parfaitement repérés. Ils sont conservés un an au moins, dans des conditions permettant leur analyse ultérieure. La conservation des prélèvements d'émulsions est limitée à un mois ; il est donc conseillé d'effectuer des contrôles au cours de la réalisation des enduits.

Les contrôles comprennent en plus:

- le contrôle du bon état et fonctionnement du balai mécanique
- la vérification visuelle de la conformité des gravillons approvisionnés (nature, calibre, forme, propreté, le cas échéant la qualité du pré-enrobage,..)
- l'inspection de l'état de la chaussée (propre et sec), et notamment le nettoyage préalable de celle-ci, ainsi que la bonne exécution des réparations préalables
- la vérification de la correspondance du liant fourni avec les prescriptions du présent cahier des charges moyennant les bons de livraison

En plus, il convient de s'assurer que les conditions atmosphériques ainsi que les prévisions météorologiques permettent l'exécution correcte des travaux d'enduisage et une bonne évolution de l'enduit superficiel.

9.2) Contrôles lors de l'exécution

Ces contrôles comprennent:

- la surveillance de l'écart entre l'épandeuse de liant et le gravillonneur
- la surveillance de la bonne exécution des joints de reprise
- la vérification de l'uniformité du gravillonnage et des irrégularités d'épandage du liant : dès observation d'un de ces défauts le surveillant doit exiger une intervention immédiate de l'entreprise
- la surveillance du premier compactage, qui se fera à vitesse réduite et le plus rapidement possible après l'épandage des gravillons
- la vérification que le compacteur effectue au moins trois passages
- le prélèvement des gravillons, le cas échéant, en vue d'un examen ultérieur en laboratoire
- le contrôle ponctuel du taux d'épandage de liant et des gravillons

10) Garanties et réception

Le délai de garantie est fixé à 2 ans à partir de la réception de l'ensemble des travaux d'enduisage exécutés.

Concernant la réception des travaux et les dispositions exécutoires sur le délai de garantie, le cahier spécial des charges – clauses administratives 'CPDC-CA' est d'application.

Annexe 1) Recommandations pour l'auteur du projet d'enduit superficiel

Ces recommandations constituent une aide pour le choix des enduits superficiels par l'auteur du projet.

L'auteur du projet doit impérativement indiquer dans les dossiers de soumission certaines précisions indispensables à l'entrepreneur pour l'établissement d'un prix et l'exécution des travaux, et notamment :

- le type de l'enduit
- le(s) calibre(s) des gravillons
- le choix entre un bitume ordinaire ou un bitume modifié
- le choix éventuel de la couleur

La décision de l'auteur du projet se fera suite à une inspection approfondie des lieux et sera basée sur la prise en considération des facteurs suivants :

- But visé
 - imperméabilisation, couche d'usure, rugosité, drainabilité superficielle
- Catégorie de trafic
 - trafic faible : (<1000 véhicules et <100 poids lourds par voie et par jour)
 - trafic élevé : (>4000 véhicules ou > 800 poids lourd par voie et par jour)
 - trafic moyen : situation intermédiaire au trafic faible et au trafic élevé
- Nature du support
 - enrobé asphaltique fermé ou drainant
 - enduit ou enrobé coulé à froid
 - béton de ciment
 - pavage en pierre naturelle, en béton de ciment ou en briques
 - fondation (grave traité ou non, pénétration)
- Dureté du support
 - dur, non poinçonnable
 - mou, poinçonnable à une température > 40°C
- Texture du support
 - lisse : hauteur au sable < 0.8mm
 - normale : hauteur au sable entre 0.8mm et 1.2mm
 - rugueux : hauteur au sable entre 1.2mm et 1.7mm
 - très rugueux : hauteur au sable > 1.7mm
- Etat du support
 - neuf, utilisé mais homogène, hétérogène
 - porosité (perméabilité, présence de fines fissures)
 - profil correct, ondulations, ornières, affaissement, etc.
 - fissures, faïençage, trous, etc.
 - accotements (niveau, végétation, etc.)
 - écoulement des eaux (absence de flaques, etc.)
- Site – Environnement
 - rase campagne
 - sous-bois, site très ensoleillé
 - côtes, pentes, virages
 - agglomérations
 - problématique du bruit

Choix du type d'enduit

Enduit monocouche à simple gravillonnage	<ul style="list-style-type: none"> - indiqué pour la majorité des voies supportant une circulation réduite - ne convient pas lorsque la porosité du support est excessive - n'accepte pas les efforts tangentiels trop importants - ne convient pas pour trafic de >1000 véhicules ou >100 poids lourds par voie et par jour
Enduit monocouche à double gravillonnage	<ul style="list-style-type: none"> - destiné à créer une rugosité élevée - concerne les chaussées à trafic rapide, à support en état satisfaisant - présente un niveau sonore élevé
Enduit bicouche	<ul style="list-style-type: none"> - adapté aux chaussées à trafic élevé - enduit à durabilité élevée - convient aussi pour routes à trafic rapide, risque amoindri de bris de glace - applicable aux supports hétérogènes - indiqué pour l'imperméabilisation du support - préférable aux monocouches en arrière-saison

Tableau 6) Indications pour l'utilisation des différents types d'enduits

Site	Support	Trafic		
		lourd	moyen	léger
Hors agglomération	lisse, sans ressuage	ESB 8/12 – 4/8 ESMD 8/12 – 4/8	ESB 8/12 – 4/8 EMDG 8/12 – 4/8 ESMS 8/12 ESMS 4/8	ESMS 8/12 ESMS 4/8
	rugueux	ESB 8/12 – 4/8	ESB 8/12 – 4/8 ESMS 8/12 ESMS 4/8	ESB 8/12 – 4/8 ESMS 8/12 ESMS 4/8
	hétérogène poreux	déconseillé	ESB 8/12 – 4/8	ESB 8/12 – 4/8
En agglomération	lisse sans ressuage	déconseillé	ESB 8/12 – 4/8 EMDG 8/12 – 4/8 ESMS 4/8	ESMS 4/8
	rugueux	déconseillé	ESMS 4/8	ESMS4/8
	hétérogène poreux	déconseillé	déconseillé	ESMS 4/8
ESMS : enduit superficiel monocouche à simple gravillonnage ESMD : enduit superficiel monocouche à double gravillonnage ESB : enduit bicouche				

Tableau 7) Recommandations pour le choix du type de l'enduit

Choix du calibre des gravillons

	Calibre D > 8mm	Calibre D ≤ 8mm
Trafic	élevé	faible
Site	rural	urbain
Bruit	élevé	faible
Hétérogénéité du support	élevée	faible
Texture de l'enduit	forte	faible
Drainabilité superficielle de l'enduit	élevée	faible

Tableau 8) Indications pour le choix du calibre des gravillons

Choix du type de liant

Bitumes fluidifiés	<ul style="list-style-type: none"> - évolution lente ; délai étendu de mise en place de la mosaïque - préférables aux gravillons pré-enrobés - à préférer pour les monocouches sur routes à faible trafic
Emulsions	<ul style="list-style-type: none"> - évolution rapide - usage de pierres nues - réalisation en avant et en arrière de saison - ESMS : contre-indiqué pour gravillons 8/12 : risque d'écoulement et de rupture différenciée de l'émulsion - à préférer pour les bicouches ; viscosité élevée, bon mouillage et adhésivité initiale des gravillons, mise sous trafic aisée
Bitume de base modifié	<ul style="list-style-type: none"> - trafic important - efforts tangentiels (virages à faible rayon) - contraintes climatiques (chaud l'été ; froid l'hiver) - contraintes d'exposition (mise en service rapide)

Tableau 9) Critères de choix entre émulsion et bitume fluidifié et de bitume de base modifié

Choix de la viscosité initiale du bitume

Ce choix devra être fait par l'entreprise exécutante et constitue une partie de leur savoir-faire. De ce fait il est indiqué des prendre en compte les considérations suivantes :

1. trafic lourd et climat chaud : liant visqueux et à évolution rapide
trafic faible et climat froid : liant moins visqueux et à évolution lente
2. prise en compte de la saison d'exécution
3. adaptation de la température du liant aux conditions atmosphériques existantes