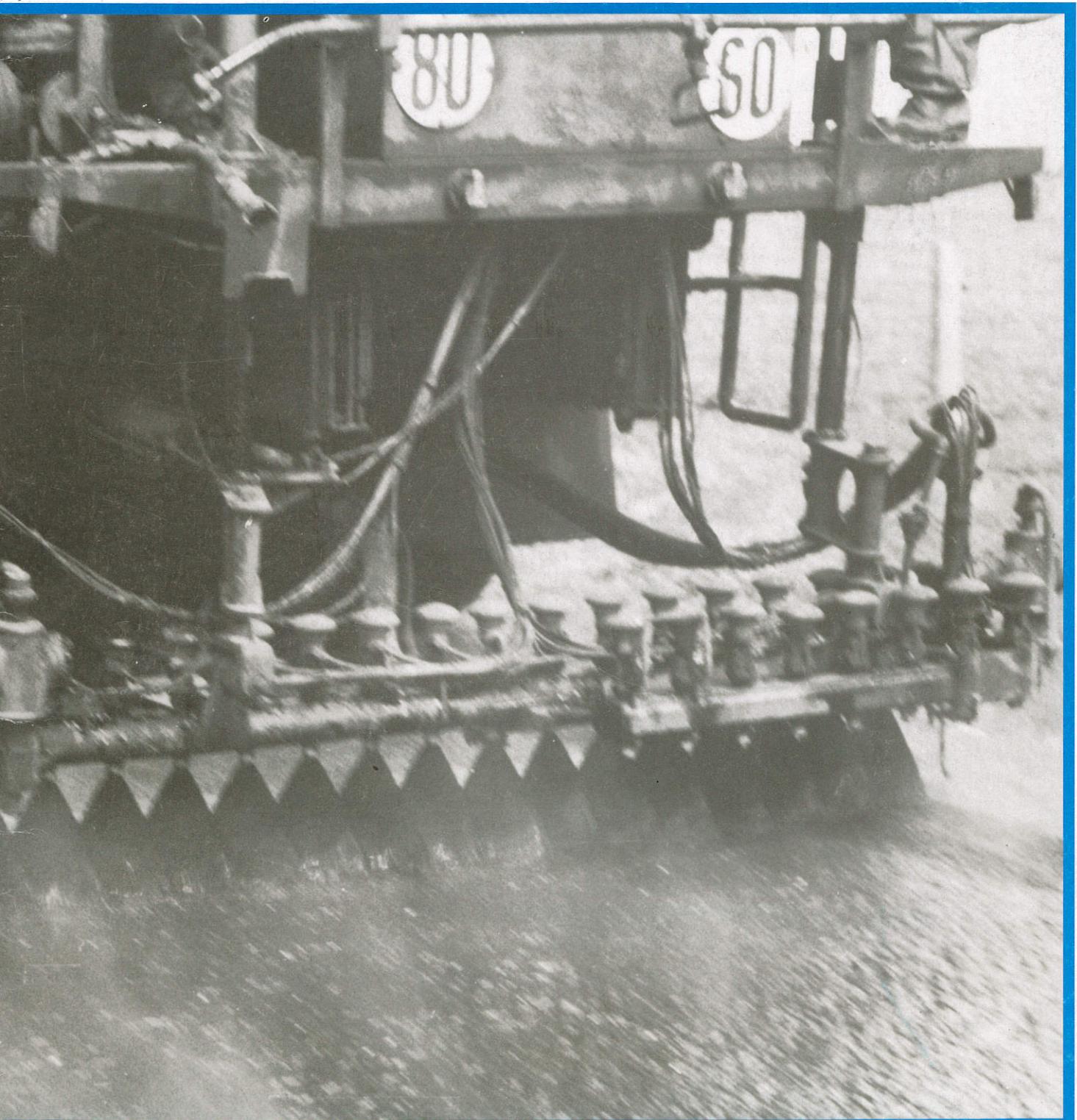


CLUB D'ECHANGE D'EXPERIENCES
SUR LES ROUTES DEPARTEMENTALES

Club Régional
Massif-Central

ENDUITS D'ENTRETIEN

FICHES PRATIQUES





GENERALITES

Généralités

Les réseaux routiers départementaux et communaux représentent une longueur de 760 000 kilomètres (96% des voies classées).

La quasi totalité de leurs chaussées est entretenue par revêtements superficiels au prix d'un investissement annuel de plusieurs milliards de francs.

Les gestionnaires doivent donc faire preuve d'une compétence technique à la mesure de cet enjeu financier afin d'assurer la réussite la plus complète des campagnes d'enduits.

RÔLE DE L'ENDUIT

L'enduit superficiel est un procédé d'entretien consistant à répandre un liant "noir" et des gravillons sur la surface de la chaussée pour :

Protéger la route

en assurant l'étanchéité de la chaussée pour que les eaux superficielles ne puissent y pénétrer.

Cette fonction est assurée par le liant.

Protéger l'utilisateur

en procurant à la chaussée une rugosité qui garantira la bonne adhérence des pneumatiques des véhicules.

Cette fonction est assurée par les gravillons.

RÉALISER UN ENDUIT

La technique des enduits n'est simple qu'en apparence, car de nombreux paramètres interviennent.

Les fiches suivantes définissent une démarche permettant de limiter les risques d'erreur, donc d'échec en éclairant les choix à faire :

- sur les sections à traiter : *Fiche 4*
- sur les structures : *Fiche 5*
- sur le liant : *Fiche 3*
- sur les gravillons : *Fiche 3*
- sur les dosages : *Fiche 6*
- sur les matériels : *Fiche 7*



LE CALENDRIER D'UNE CAMPAGNE

ANNÉE N-2

- Choix des sections à traiter l'année N
- Définition des travaux préparatoires
- Evaluation des crédits nécessaires

ANNÉE N-1

- Ajustement du programme
- Réalisation des travaux préparatoires :

Assainissement :

- drainage
- fossés et exutoires
- aqueducs

Chaussées :

- purges
- emplois partiels
- reprofilages localisés
- prétraitement
- pontages (enrobés)

NB: La réussite des enduits dépend en grande partie de L'HOMOGENÉITÉ DU SUPPORT

Dépendances :

- dérasement
- élagage
- signalisation
- Choix de la technique et formulation (équipe)
- Ajustement des crédits nécessaires

ANNÉE N

Hiver :

- Etablissement des marchés
- Préparation des dépôts
- Commande des gravillons, contrôles

Printemps :

- Délignage
- Fauchage
- Dernières réfections
- Affinement des dosages

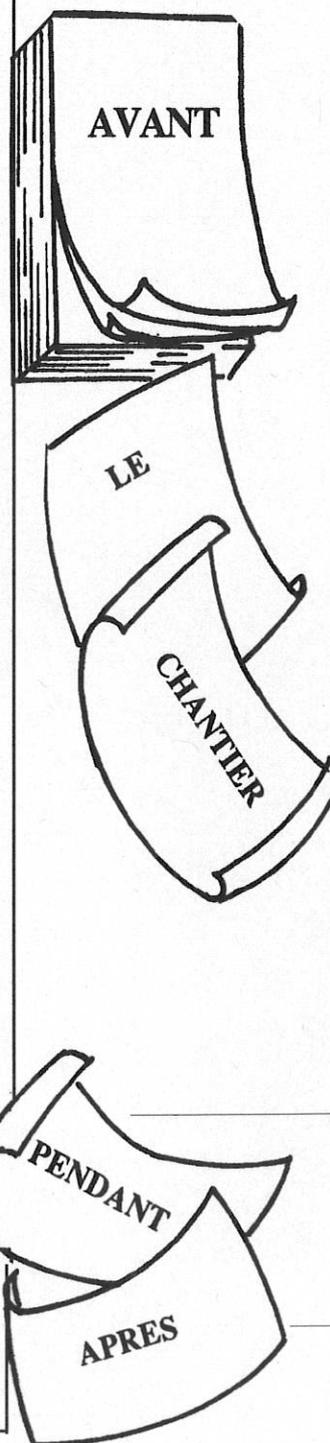
Eté :

- Exécution des enduits
 - Avant : signalisation
 - Pendant : surveillance
 - Après : élimination du rejet
rétablissement du marquage

ANNÉE >N

- Suivi et évaluation annuelle.

Calendrier





CONSTITUANTS

LE LIANT

Choix des Constituants

C'est le liant qui assure la continuité du revêtement .

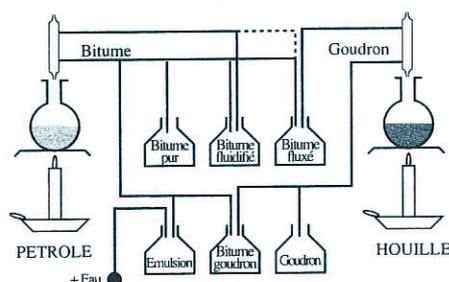
Il doit réunir des propriétés diverses et apparemment contradictoires :

- adhésion vis à vis des gravillons et du support,
- souplesse par basse température mais aussi dureté lorsqu'il fait chaud,
- aptitude à la déformation tout en résistant à l'arrachement.

LE BITUME

Composant de base des liants pour enduits, le bitume est la fraction de distillation la plus lourde des pétroles bruts.

Le bitume pur est toutefois trop visqueux pour être employé directement et doit subir une préparation particulière.



LE GOUDRON

Les goudrons routiers proviennent du traitement du goudron de houille obtenu après cokéfaction à haute température de charbons sélectionnés.

LES LIANTS POUR ENDUITS

LES LIANTS CHAUDS CLASSIQUES

- **les bitumes fluidifiés** : ils sont fabriqués à partir de bitume avec ajout de solvant léger type kérosène. Ces liants ont une adhésivité médiocre qui nécessite un dopage.
- **les bitumes fluxés** : ils sont fabriqués à partir de bitume avec ajout d'huile provenant de la distillation du goudron de houille ou de pétrole. L'adhésivité est meilleure mais un dopage dans la masse est recommandé.
- **les bitumes goudrons** : ils sont fabriqués à partir de bitume avec ajout de goudron (60/40) qui améliore l'adhésivité.

LES ÉMULSIONS

Elles sont constituées par de fines gouttelettes de bitume (quelques microns de diamètre) dispersées mécaniquement dans de l'eau savonneuse contenant un tensio-actif en phase aqueuse acidifiée.

L'adhésivité est favorisée par le bon mouillage du gravillon que procure l'émulsion.

Les émulsions peuvent être utilisées sur un support légèrement humide.

L'émulsion à 69% est la plus utilisée en réalisation d'enduits.

LES LIANTS MODIFIÉS

Plus récents sur le marché, ils présentent de grandes qualités de cohésion, d'adhésivité, d'élasticité et de tenue aux températures extrêmes.

Pour leur emploi il est conseillé de consulter les avis techniques.

CHOIX DU LIANT SUIVANT TRAFIC ET SAISON D'EMPLOI

Les liants pour enduits sont caractérisés entre autres par leur viscosité**.

La viscosité du liant doit tenir compte de la période de mise en œuvre et du trafic :

- plus le trafic sera important,
- plus la température ambiante sera élevée,
- plus l'altitude sera basse,
- **plus le liant devra être visqueux.**

NB : Quel que soit le liant utilisé, la période estivale est toujours la plus favorable à l'exécution des enduits.

** Voir définition des essais en fiche 9

Liant	Trafic *	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept
Bitume Fluxé	Moyen			—	—	—	
	Faible		—	—	—	—	
	Très faible	—	—	—	—	—	—
Emulsion de Bitume	Moyen		—	—	—	—	
	Faible		—	—	—	—	
	Très faible	—	—	—	—	—	—
Liant modifié	Fort Moyen	Selon nature du produit					

* Voir définition des classes de trafic au verso fiche 5

.../...

LES GRAVILLONS

Le gravillon donne à la chaussée sa rugosité superficielle.
Il contribue aussi à la diminution des projections d'eau par temps de pluie.

On utilise les classes granulaires **d/D** suivantes : **2/4 - 4/6,3 - 6,3/10 et 10/14**.

Les caractéristiques des gravillons utilisés doivent répondre à des **spécifications** d'autant plus sévères que les sollicitations sont intenses.

Caractéristiques		Spécifications					
		Essai *	Trafic **	<T3 FAIBLE	T3 MOYEN	T2	T1 FORT
Liées à la roche	Résistance aux chocs	<i>Los Angelès (LA)</i>	≤ 25	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 15
	Résistance à l'usure	<i>Micro-Deval (MDE)</i>	≤ 20	≤ 15	≤ 15	≤ 15	≤ 10
	Résistance au polissage	<i>C.P.A. (CPA)</i>	≥ 0,50	≥ 0,50	≥ 0,50	≥ 0,50	≥ 0,55
Liées à la fabr.	Granularité	<i>Granulométrie > à D et < à d</i> }	≤ 15 %	≤ 15%	≤ 15%	≤ 15%	≤ 15%
	Forme		<i>Aplatissement (A)</i>	≤ 15	≤ 15	≤ 15	≤ 10
	Propreté	<i>Propreté (P)</i>	≤ 2	≤ 2	≤ 1	≤ 0,5	≤ 0,5
Angularité		<i>Concassage (Ic ou Rc)</i>	Ic=100	Rc>2	Rc>2	Rc>4	Rc>4

* Voir définition des essais en fiche 9

** Voir définition des classes de trafic au verso de la fiche 5

La courbe granulométrique doit en outre se trouver à l'intérieur d'un fuseau de régularité établi pour la classe granulaire de référence d/D.

Les essais de réception des granulats doivent de préférence être réalisés sur les lieux de fabrication avant livraison.

Leur fréquence, en l'absence de règle contractuelle, est fonction de la connaissance qu'on peut avoir des conditions de production : si les installations fonctionnent de façon régulière, une série de contrôles Granulométrie/Forme/Propreté pour 100 à 200 tonnes de matériaux permet a priori un suivi correct.

NB : Les qualités de propreté obtenues à la fabrication ne doivent pas se perdre lors des stockages intermédiaires.

Les aires de dépôt devront donc être éloignées des couverts, drainées et stabilisées.

En cas de stockage prolongé, les tas seront bâchés au moyen d'une feuille de plastique solide.



Les critères de choix des sections qui nécessitent la réalisation d'un enduit d'usure sont :

L'ÉTAT GÉNÉRAL

Essentiellement défini par l'aspect visuel de la chaussée constaté à l'occasion de tournées d'inspection du réseau.

Les sections à traiter en priorité seront :

- les sections présentant des signes de faïençage ou d'arrachement de gravillons,
- les sections ressuantes ou glissantes pouvant présenter des dangers pour l'utilisateur.

NB : *Les sections déformées nécessiteront une préparation préalable et adaptée du support.*

LES OBJECTIFS D'ENTRETIEN

- Traitement par itinéraires (ou par sections de grande longueur).
- Référence à un niveau de service.
- Renouvellement préventif.
- Dessertes spécifiques (industrie, tourisme).

L'ÂGE

Au delà de 10 ans, le liant a subi un vieillissement excessif et remplit moins son rôle d'étanchéité.

NB : *Un renouvellement précoce des enduits d'usure conduit à des réductions de dépenses en travaux curatifs et à une élévation du niveau de service.*



CHOIX DE LA STRUCTURE

Choix de la structure

On distingue 4 types de structure d'enduits dont les coûts unitaires croissent en fonction de leur complexité et du nombre de couches :

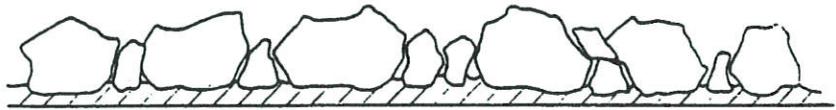
LES MONOCOUCHE SIMPLE GRAVILLONNAGE (MSG)

- 1 couche de liant
- 1 couche de granulats



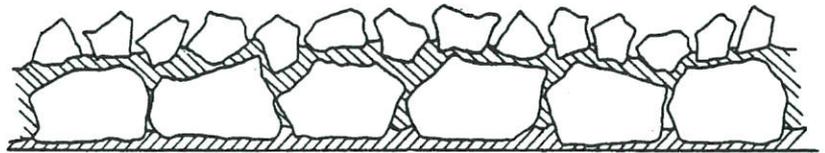
LES MONOCOUCHE DOUBLE GRAVILLONNAGE (MDG)

- 1 couche de liant
- 1 première grille de granulats
- 1 deuxième grille de granulats plus petits



LES BICOUCHE (BIC)

- 1 couche de liant
- 1 première grille de granulats
- 1 couche de liant
- 1 deuxième grille de granulats plus petits

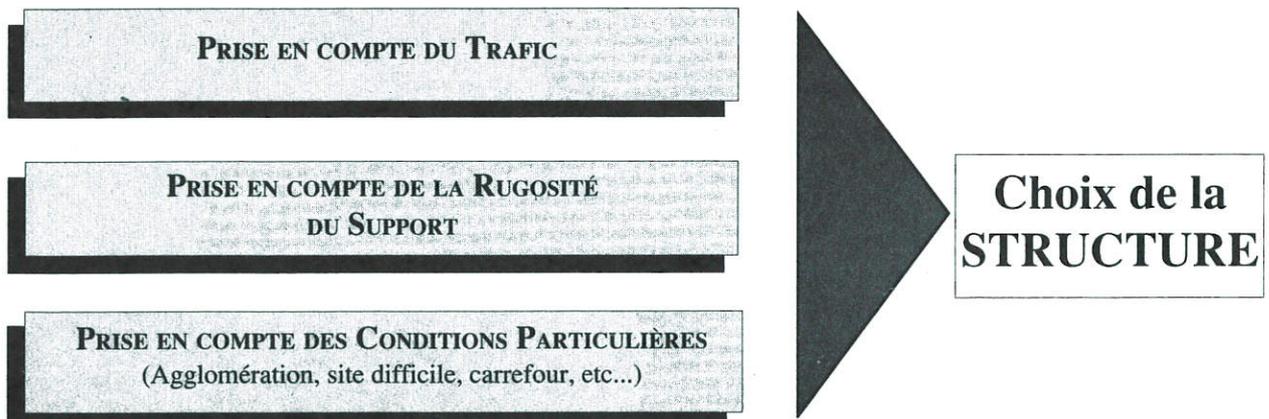


LES SANDWICHES (GLG : granulats - liant - gravillons)

- 1 première grille de granulats
- 1 couche de liant
- 1 deuxième grille de granulats plus petits



Le raisonnement du gestionnaire doit suivre le cheminement suivant :



.../...

IDENTIFICATION

du SUPPORT

Un volume de 25 cm³ de sable fin est répandu circulairement sur le sol jusqu'à arrasement au sommet des gravillons.

Le diamètre de la tache obtenue et la "hauteur de sable" correspondante définissent la RUGOSITE DU SUPPORT existant.

SUPPORT ▼	Hauteur au sable(mm)	Diamètre de la plage(cm)
Très lisse	 28	 0,4
Lisse	 20	 0,8
Normal	 16	 1,2
Rugueux	 13	 1,7
Très rugueux		

du TRAFIC

Lorsqu'on ne dispose pas de relevé automatiques (voies secondaires), la valeur du trafic peut être connue avec une bonne approximation en effectuant quelques comptages manuels.

Le TRAFIC JOURNALIER TOTAL sera sensiblement égal à 12 fois celui dénombré pendant l'heure la plus chargée de la tranche 16-19h d'une après-midi moyenne (sauf situation particulière).

TRAFIC ▶	Fort		Moyen		Faible		Très faible
PL/sens/j	750	300	150	50	25	5	
Trafic total *	15000	6000	3000	1000	500	100	
Classe	T0	T1	T2	T3	T4	T5	

* Sur la base de 10% de PL

Cette identification permet de choisir la structure la mieux adaptée :

GRILLE DE CHOIX DES STRUCTURES

TRAFFIC SUPPORT		FORT	MOYEN	FAIBLE	TRES FAIBLE
		Très Lisse	MSG 10/14	MSG 10/14	MSG 6/10
R A S E C A M P A G N E	Lisse à Normal	MDG 10/14 -4/6	MDG 10/14 -4/6	MSG 6/10	MSG 4/6 MSG 6/10
	Rugueux	BIC 10/14-4/6	BIC 6/10-4/6	BIC 6/10-4/6	BIC 6/10-2/4 (4/6)
		MSG 6/10	MSG 6/10	MSG 4/6	MSG 4/6 (6/10)
	Très Rugueux	MSG 4/6	MSG 4/6	MSG 4/6	
	Ressuant ou Hétérogène		GLG 10/14-4/6	GLG 6/10-4/6	GLG 6/10-4/6
A G G L O M E R A T I O N	Très Lisse		MSG 6/10	MSG 6/10	MSG 6/10
	Lisse à Normal	MDG 6/10-4/6	MDG 6/10 -4/6	MSG 6/10	MSG 4/6
	Rugueux	BIC 10/14-4/6	BIC 6/10-4/6	BIC 6/10-4/6 MSG 4/6	MSG 4/6 BIC 6/10-4/6
		Ressuant ou Hétérogène		GLG 6/10-4/6	GLG 6/10-4/6



CHOIX DES DOSAGES

Choix des Dosages

DOSAGES DE REFERENCE

Constituants Structure	GRANULATS (l/m ²)				LIANTS (kg/m ²)	
	10/14	6/10	4/6	2/4	Bitume fluxé	Emulsion à 69%
M.S.G.	12	9	7		1,300 1,150 0,950	1,850 1,400 1,100
M.D.G.	9	7	5	4	1,350 1,100	1,900 1,600
BIC.	11 11	9 9	7	5	1,050 + 0,950 1,050 + 1,150 0,950 + 0,850	1,000 + 1,300 1,000 + 1,600 0,900 + 1,200
G.L.G.	8	7	7 7 7	6	1,450 1,300 1,000	1,750 1,450 1,200

Les dosages sont donnés en poids de liant répandu (y compris eau ou fluxants) et non en poids de bitume pur.

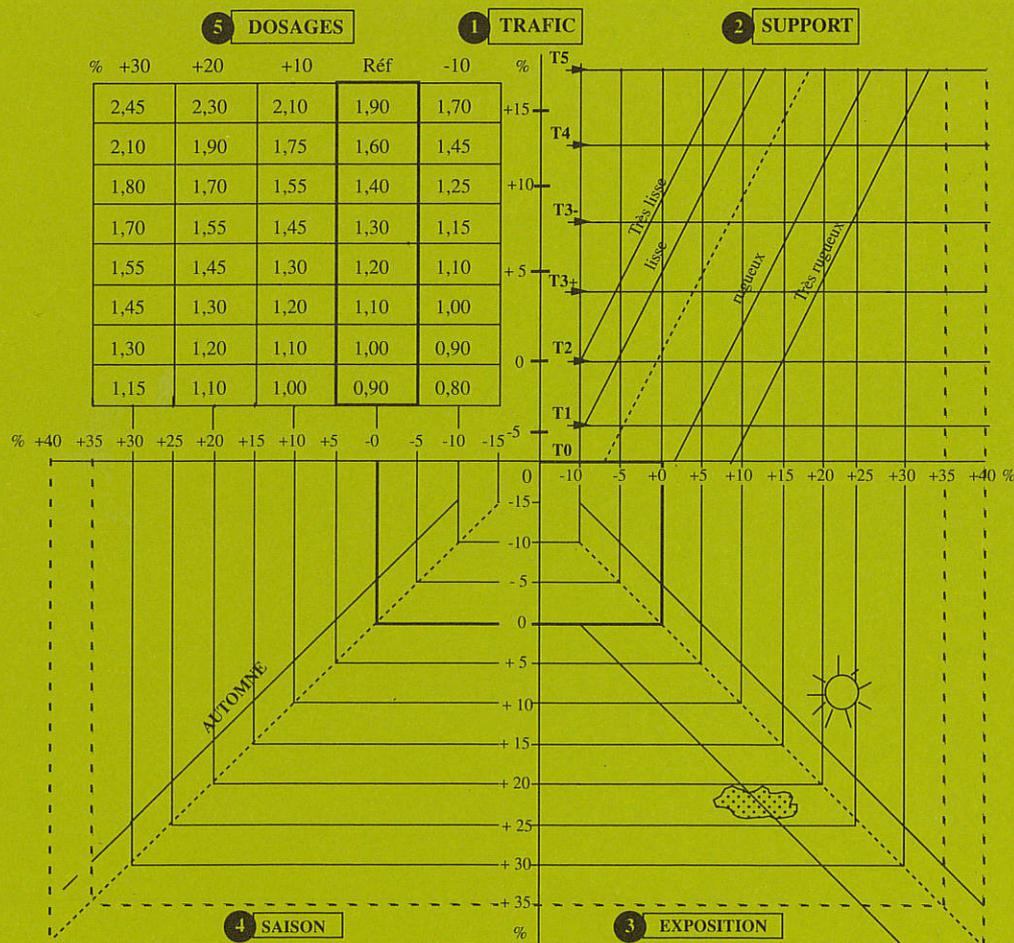
Ces dosages de référence correspondent à un trafic T2 et à un support homogène, maigre, et sans ressuage.

Ils doivent être adaptés à chaque cas à traiter.

L'abaque ci-dessous permet de déterminer le dosage en liant corrigé en fonction du trafic effectivement supporté par la voie et de la rugosité réelle du support, mais aussi de l'environnement général du tronçon et de la période d'exécution du chantier.

Des correctifs complémentaires peuvent également prendre en compte le profil en long de la chaussée (-5% dans les tronçons en rampe), la forme des gravillons (-3% si les gravillons sont plats) ou l'altitude de la chaussée (+4% à 1000m).

NB : Si la correction globale excède 30%, le risque d'échec est grand et il est préférable de rechercher une technique mieux adaptée à la situation.



MODE D'EMPLOI :

Par une suite de rappels horizontaux et verticaux articulés sur les lignes repères des 3 premiers quadrants, on peut lire sur chaque axe la valeur cumulée des correctifs liés successivement au trafic, à la rugosité de la surface, à l'exposition de la chaussée et à la saison de réalisation des travaux.

La valeur exacte du dosage à retenir peut être lue dans le 4^{ème} quadrant, à l'intersection de la ligne verticale prolongeant le dernier rappel avec la ligne horizontale contenant le dosage de référence.

Les lignes repères pointillées correspondent à une situation "normale" à correction nulle.

.../...

RESUME DE LA DEMARCHE

EXEMPLE

- 1 - CHOIX DE LA SECTION

DONNEES :

RD 39 (3,600 km)

AGE : 9 Ans

ETAT : Légèrement faïencé

TRAFIC : 800 Véh/j ---> Classe T4

SUPPORT : HS = 0,6 ---> Surface lisse

ENVIRONNEMENT : Couverts boisés

SAISON DES TRAVAUX : Septembre

- 2 - CHOIX DE LA STRUCTURE

TRAFIC / SUPPORT	FORT	MOYEN	FAIBLE	TRES FAIBLE
Très Lisse	MSG 10/14	MSG 10/14	MSG 6/10	MSG 6/10
Lisse à Normal	MDG 10/14 -4/6	MDG 10/14 -4/6	MSG 6/10	MSG 4/6 MSG 6/10
Rugueux	BIC 10/14-4/6 MSG 6/10	BIC 6/10-4/6 MSG 6/10	BIC 6/10-4/6 MSG4/6	BIC 6/10-2/4 ou4/6 MSG 4/6 (6/10)
Très Rugueux	MSG4/6	MSG4/6	MSG4/6	
Ressuant ou Hétérogène		GLG 10/14-4/6	GLG 6/10-4/6	GLG 6/10-4/6

- 5 - CHOIX FINAL

Monocouche simple gravillonnage 6/10
à raison de 1,750 kg d'émulsion/m²
(et 9 l de gravillons /m²)

- 3 - CHOIX DU LIANT

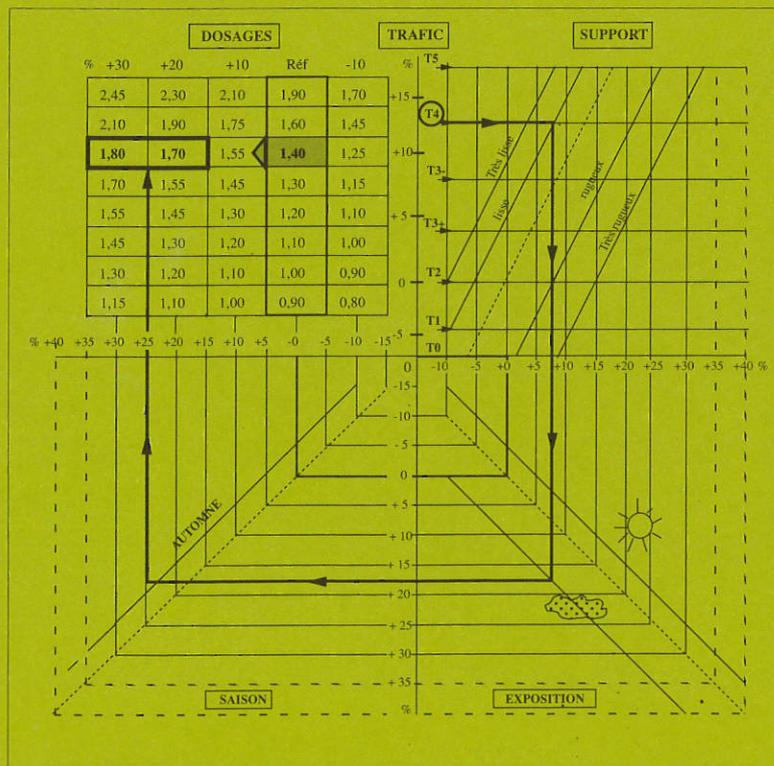
BF **EB** LM

(Fin de saison = Emulsion de bitume)

- 4 - CHOIX DU DOSAGE EN LIANT

Constituants	GRANULATS(l/m ²)				LIANTS (kg/m ²)	
	10/14	6/10	4/6	2/4	Bitume fluxé	Emulsion à 69%
M.S.G.	12	9	7		1,300 1,150 0,950	1,850 1,400 1,100
M.D.G.	9	7	5	4	1,350 1,100	1,900 1,600
B.I.C.	11 11	9 9	7		1,050 + 0,950 1,050 + 1,150 0,950 + 0,850	1,000 + 1,300 1,000 + 1,600 0,900 + 1,200
G.L.G.	8	7	7 7 7	6	1,450 1,300 1,000	1,750 1,450 1,200

- a - Dosage de référence



- b - Dosage corrigé

AVERTISSEMENT : Cette démarche permet d'éviter les erreurs grossières d'appréciation mais elle ne saurait dispenser le gestionnaire de toute réflexion préalable, notamment dans les situations inhabituelles ou une concertation avec le laboratoire et l'applicateur peut s'avérer profitable.



LES MATERIELS

Matériels

Un atelier d'enduisage est composé de plusieurs engins motorisés accomplissant une tâche spécifique.

NETTOYAGE DE LA CHAUSSEE

Il existe trois grandes catégories de balayeuses :

Les balayeuses tractées :

Elles sont attelées derrière un véhicule dont le déplacement entraîne le balai.

Les balayeuses semi-portées :

Elles sont munies d'une prise de force ou d'un système d'entraînement autonome.

Les balayeuses automotrices :

Ce sont des engins spécifiques avec leur propre châssis porteur et propulseur.

Il est souhaitable que ces engins disposent de deux balais de texture différente.

LE REPANDAGE DU LIANT

Les répanduses sont constitués essentiellement :

- d'un véhicule porteur,
- d'une citerne de 6 à 12 t de capacité,
- d'un dispositif de transfert de liant,
- d'une rampe d'épandage,
- d'appareils de contrôle.

L'épandage du liant par pompe doseuse est le principe le plus courant.

Les rampes d'épandage comportent des diffuseurs régulièrement

disposés sur le corps central et les allonges.

Elles sont équipées de jets coniques ou plus généralement de jets plats .

Dans ce cas le répandage est réalisé par recouvrement de 3 jets.

Le réglage du dosage en liant s'effectue en fonction :

- de la densité du liant,
- de la largeur de répandage,
- du nombre de tours de la pompe,
- de la vitesse du véhicule.

Les répanduses modernes sont dotées d'un système d'asservissement électronique permettant un réglage précis et automatique du dosage en liant.

L'EPANDAGE DES GRAVILLONS

Deux types de matériel assurent ce travail :

Les gravillonneurs portés :

Ce sont des dispositifs qui s'adaptent à l'arrière des camions benne de 6 à 8 m³ et qui doivent permettre le réglage du débit des gravillons.

L'extraction des gravillons peut être facilitée par la rotation d'un rouleau entraîné mécaniquement.

Leur répartition est généralement réalisée par des goulottes et un bavolet (écran diffuseur).

NB : Une écluse articulée placée en travers de la benne évite une concentration de la charge lors du lavage.

Les gravillonneurs automoteurs : Ces engins spécialisés permettent d'obtenir une meilleure régularité transversale et longitudinale mais ils sont le plus souvent réservés aux chantiers d'enduisage sur route à fort trafic.

LE COMPACTAGE

Les matériels les plus utilisés sont :

Les compacteurs à pneumatiques de 6 à 10 tonnes, efficaces sur les profils en travers bombés,

Les compacteurs à bille métallique pour des profils en travers plats,

Les cylindres mixtes pneus-bille.

Le compactage a pour fonction d'homogénéiser la mosaïque et d'enchâsser les gravillons dans le liant.

Il doit être particulièrement soigné sur les routes à faible trafic.

L'ELIMINATION DES REJETS

Deux sortes d'engins permettent d'éliminer rapidement les gravillons en excès :

*les balayeuses ,
les aspiratrices.*

.../...

COMPOSITION DE L'ATELIER TYPE

- Une balayeuse,
- un ravitailleur (lorsque les chantiers sont éloignés des centres de fabrication ou de stockage),
- une ou deux répanduses pouvant fonctionner en alternance ou en parallèle,
- trois à six camions-gravillonneurs (ce nombre étant fonction de l'éloignement des dépôts et du type de structure à réaliser).
- un tracto-chargeur pour manutentionner les gravillons,
- un ou deux compacteurs à pneus (et éventuellement un cylindre à jantes lisses en " finition"),
- un fourgon pour transporter ou déplacer les hommes et le matériel (signalisation en particulier).

VERIFICATION DES MATERIELS

Répanduses

- fiabilité des organes de commande et de contrôle (thermomètres, compte tours, pompe, jauge....),
- propreté des filtres, des jets, des pulvérisateurs de dope,
- hauteur correcte et uniforme de la rampe à liant,
- alignement des allonges,
- absence de fuites.

Gravillonneurs

- propreté des bennes,
- planéité des fonds,
- réglage du système de distribution,
- étanchéité des trappes d'épandage,
- absence de jeu dans les commandes.

Compacteurs

- lestage convenable (1,5 T minimum par roue),
- pression de gonflage aussi forte que possible.



LES PREPARATIFS

* Avant le début de la campagne, le GESTIONNAIRE doit :

- notifier à l'applicateur le programme définitif à réaliser,
- procéder au repérage sur place des points de changements éventuels de dosage en liant (rampes, couverts, modifications de l'état de surface),
- vérifier la propreté des dépôts et l'identification des tas (s'il assure la mise à disposition des granulats),
- préparer les déviations possibles pour contourner le chantier en cas de nécessité,
- prévoir les conditions de surveillance du chantier (consignes, compte-rendus, contrôles internes ou extérieurs).

* Avant le début des travaux, le CHEF DE CHANTIER doit :

- s'assurer de la qualification et de la disponibilité du personnel,
- vérifier le bon état des engins (voir verso fiche 7)
- établir le planning des interventions,
- organiser les déplacements du matériel de façon rationnelle,
- s'informer des prévisions météorologiques,
- reconnaître les sections à revêtir afin de prévenir toute difficulté (obstacles, défauts divers...)
- vérifier la mise en place de la signalisation d'approche et de position.

Préalablement au répandage le support sera soigneusement balayé.

NB: En cas de souillure tenace (boue tassée et séchée par exemple), une intervention complémentaire au balai métallique pourra être nécessaire.

Avant de commencer le répandage, le chef de chantier s'assurera

LE CHANTIER

que la température au sol est d'au moins 10° lorsque des liants chauds sont utilisés (5° peuvent suffire avec les émulsions). La température des liants chauds ne sera jamais inférieure à 130° (pour les plus fluides) et à 155° (pour les plus visqueux) ; les émulsions seront mises en œuvre entre 60° et 75°c.

NB: Une sonde à thermocouple peu onéreuse permet de contrôler facilement les températures aussi bien du sol que de l'air ou du liant.

Le gravillonnage suivra le répandage à moins de 40 mètres et à vitesse uniforme.

La longueur de bande traitée sera fixée en fonction de la capacité d'approvisionnement des camions-gravillonneurs.

Le compactage sera réalisé dans les 5 minutes suivant le gravillonnage ; le compacteur effectuera au moins 5 passages croisés sur la surface revêtue à une vitesse de 6 à 8 km/h.

NB: Un seul passage suffit sur la première couche d'un enduit bicouche.

Le chantier sera arrêté en cas de chute de pluie ou de baisse de la température.

- Joints longitudinaux

Lorsque l'enduit est réalisé par demi largeurs, le sous-dosage en liant constaté en extrémités de rampe lors de la confection de la première bande sera rattrapé au droit du joint axial par un recouvrement de la bande contiguë sur une largeur d'environ 40 cm. Le gravillonnage du joint ne sera effectué qu'après réalisation de cette seconde bande.

Dans le cas d'enduits bicouches, les joints de chaque couche seront décalés.

- Joints transversaux

La répandeuse démarrera sur une feuille de papier fort étendue provisoirement à l'extrémité de la bande précédente de manière à assurer un raccord homogène.

LA SECURITE

D'une façon générale, toutes les mesures d'exploitation seront prises pour donner aux usagers et au personnel d'exécution la meilleure sécurité possible et pour assurer la sauvegarde des revêtements.

- *Sectionnement*

Aucun enduit ne devra être commencé en entrée de courbe.
En fin de journée, la dernière section enduite devra l'être sur toute la largeur de la chaussée.

- *Circulation*

Le trafic automobile pourra être soit régulé par alternats, soit piloté en navettes, soit dévié.
La remise en circulation s'effectuera sous vitesse limitée.

- *Signalisation*

Pendant les travaux, un ensemble de panneaux conforme aux schémas annexés à l'Instruction sur la signalisation temporaire sera mis en place : Le dispositif devra être homogène, clair, visible et stable.

Les agents travaillant sur la chaussée porteront des gilets réflectorisés.

Après les travaux et tant que subsistera un risque lié à la présence de gravillons roulants ou mal fixés, des signaux de danger et éventuellement de limitation de vitesse et d'interdiction de doubler seront maintenus aux extrémités des sections récemment revêtues; ils seront rappelés aux carrefours et en section courante si nécessaire. L'effacement des marquages éventuels sera également indiqué à l'usager.

La signalisation sera déposée aussitôt que des conditions normales de circulation seront retrouvées.

- *Elimination du rejet*

Dès que l'accrochage du gravillon sera assuré (délai de 24 à 48 heures), le rejet sera éliminé par balayage ou, de préférence, par aspiration mécanique.

LE SUIVI

LE CHEF DE CHANTIER établira un compte-rendu détaillé des travaux précisant notamment :

- les caractéristiques des sections traitées (nom du chemin, repères d'extrémité, longueurs, largeurs, surfaces),
- les constats effectués avant répandage (état de surface, réparations ...),
- les dates et heures d'exécution,
- la température ambiante et les conditions météorologiques,
- les matériels utilisés,
- la structure choisie et la formulation prévue,
- la nature l'origine et le dosage réel des constituants mis en œuvre,
- les observations particulières (incidents de chantier, analyses de matériaux, contrôles sur place, prélèvements...).

LE GESTIONNAIRE observera l'évolution à court et moyen terme de l'état de surface :

- en relevant la nature, l'emplacement et l'importance d'éventuels défauts,
- en notant le comportement de sections témoins bien choisies à des époques de référence déterminées (après travaux, après le premier hiver, pendant le premier été, chaque année).

L'exploitation de ces données permettra :

- de mieux comprendre les échecs éventuels,
- de fixer à bon escient l'échéance du prochain renouvellement de surface,
- d'enrichir les connaissances concernant la technique des enduits.



LES CONTROLES

L'enduit superficiel est une technique délicate.
Son échec est synonyme d'insécurité pour la circulation et de dégradation des chaussées.
Sa réussite nécessite des contrôles sur les constituants et la mise en œuvre.

Contrôles sur les constituants

Ils permettent de vérifier la conformité des liants et des gravillons aux spécifications.

LE BITUME DE BASE

Les bitumes routiers sont principalement caractérisés par leur **pénétrabilité** (enfoncement en 1/10 mm d'une aiguille chargée à 100g pendant 5 s dans un échantillon de bitume à 25°) qui permet de les répartir en différentes classes.

Les bitumes pour enduits appartiennent généralement aux classes 80/100 ou 180/220.

Un autre critère de classement des bitumes est le **point de ramollissement Bille et Anneau** (température à laquelle une bille d'acier traverse une pastille de bitume enchâssée dans un anneau).

Des essais spécifiques définissent le comportement des bitumes aux basses températures (point de fragilité FRAASS) ou au vieillissement (essai RTFOT).

LES LIANTS POUR ENDUITS

Liants chauds

* Pseudo Viscosité

Elle est exprimée par la durée d'écoulement en secondes du liant à travers un orifice de 10mm à une température de 25 ou 40°.
Exemple: Bitume fluxé 400/600, 800/1200, 1200/1600 ou 1600/2400.

NB: *Plus la "fourchette" est basse, plus la viscosité est faible, plus le liant est fluide.*

* Densité

Sa connaissance (à la température d'utilisation) permet de régler le débit des pompes doseuses des répanduses (en l/mn) en fonction des dosages à obtenir (en kg/m²).

Emulsions

* Teneur en eau

Elle détermine directement la teneur résiduelle en bitume après répandage.
Les émulsions courantes à 60, 65 ou 69% de bitume correspondent à des teneurs en eau de 40, 35 ou 31%.

* PH

Il indique le caractère acide ou basique de l'émulsion.
En France, les émulsions pour enduits sont exclusivement cationiques (acides).

* Viscosité

Elle est exprimée (degrés Engler) par le rapport entre les temps d'écoulement d'une émulsion et celui d'une même quantité d'eau.

*Exemple : 6°E : Emulsion fluide
15°E : Emulsions visqueuse*

* Indice de rupture

Il correspond à la quantité de fines siliceuses qu'il faut ajouter à 100g d'émulsion pour la faire rompre.

LES GRAVILLONS

Caractéristiques liées à la roche

* Résistance aux chocs

Elle est définie par le *coefficient LOS ANGELES (LA)* qui est égal au pourcentage d'éléments inférieurs à 1,6 mm obtenus après brassage des gravillons avec des boulets métalliques.

* Résistance à l'usure

Elle est caractérisée par le *coefficient MICRO DEVAL (MDE)* obtenu par un essai analogue; le brassage étant réalisé avec des billes d'acier en présence d'eau.

* Résistance au polissage

Le *coefficient de Polissage Accéléré (CPA)* résulte d'un essai simulant l'usure des gravillons sous trafic.

Caractéristiques liées à la fabrication

* Granularité

Elle est traduite par une *courbe granulométrique* établie à partir des pourcentages de refus obtenus sur une série de tamis à mailles carrées de tailles décroissantes.

Echelle des calibres: 14 - 12,5 - 10 - 8 - 6,3 - 5 - 4 - 3,15 - 2,5 - 2 mm

* Forme

Elle se définit par un *coefficient d'aplatissement (A)* qui est le pourcentage en poids d'éléments plats (plus grande dimension supérieure à 1,6 fois la plus petite) obtenu après un passage complémentaire sur des tamis à barreaux.

* Propreté superficielle

La propreté résulte du pourcentage en poids des éléments inférieurs à 0,5mm obtenus à l'issue du tamisage.

* Angularité

Elle est représentée par :

- *l'indice de concassage (Ic)* qui est la proportion en poids du matériau à concasser dont la taille dépasse le D du gravillon à fabriquer.

- *le rapport de concassage (Rc)* qui est le rapport entre la plus petite taille du matériau à concasser et le D du gravillon à fabriquer.

AFFINITE LIANTS - GRAVILLONS

* Adhésivité globale

Elle est évaluée par la proportion de gravillons restant accrochés sur une plaque enduite de liant et soumise à des secousses.

* Adhésivité passive

Elle est liée à l'action de l'eau sur des gravillons préalablement enrobé de liant.

Une faible affinité du liant (chaud) pour le gravillon testé impose le recours à un produit de dopage qui sera soit incorporé dans la masse du liant, soit de préférence pulvérisé à l'interface liant-gravillons.

NB: *L'adjonction d'un dope est également conseillée lorsque les gravillons sont humides.*

Contrôles à la mise en œuvre

Ils permettent de s'assurer que les constituants ont été mis en œuvre de façon uniforme suivant les dosages prévus.

REPANDAGE DU LIANT

* Dosage

Le dosage global en liant peut être apprécié, pour un chantier (ou pour une citerne), par le poids total de liant répandu rapporté à la surface traitée.

Cette vérification est indispensable mais peu précise (approximation des lectures de jauges); elle sera opportunément complétée par des mesures ponctuelles du dosage, effectuées au moyen d'un bac de surface connue, placé sur la chaussée et pesé avant et après passage de la répandeuse.

* Régularité transversale

Elle est vérifiée par un essai analogue au précédent le bac étant remplacé par une règle portant plusieurs coupelles et disposée parallèlement à la rampe.

Le coefficient de variation ne doit pas être supérieur à 10%.

NB: *Toutes les répanduses doivent être réglées avant campagne sur le banc d'essai de Blois.*

REPANDAGE DES GRAVILLONS

* Dosage

Il se mesure par l'intermédiaire d'une boîte d'ouverture connue et permettant, après passage du gravillonneur en position de travail, de faire une lecture directe du dosage grâce à un couvercle transparent et gradué.

NB: *Une bonne régularité est plus difficile à obtenir avec des gravillons humides ou de faible granulométrie.*



ANALYSE DES ECHECS

DEGRADATIONS	CAUSES POSSIBLES
<p>RESSUAGE (remontée du liant sur les gravillons)</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Localisé</u> - <u>Généralisé</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - Point à temps trop tardif. - Surdosage en liant. - Liant trop mou pour le trafic. - Gravillons plats. - Support trop riche.
<p>NOIRCISSEMENT (retournement des gravillons dans le liant)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Viscosité insuffisante du liant pour le trafic. - Cohésivité insuffisante du liant à la chaleur (dégradations en virages, dans les rampes et en été). - Liant chaud répandu en arrière saison (dégradations aux premières chaleurs après l'hiver).
<p>PLUMAGE (arrachement des gravillons)</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Localisé</u> (surface) - <u>Localisé</u> (roues) - <u>Généralisé</u> <p>- Si gravillons pas tâchés</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Support poreux (enrobés à froid, point à temps). - Cohésivité insuffisante du liant par temps froid. - Sous dosage en liant pour le trafic. - Sous dosage en gravillons. - Gravillons sales . - Compactage insuffisant. - Répandage en arrière saison ou sur support humide (liants chauds). - Adhésivité liant-granulat insuffisante : <ul style="list-style-type: none"> * Gravillons sales ou trop humides. * Manque de dope.
<p>INDENTATION (enfouissement des gravillons dans le support)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Granularité trop faible pour le trafic. - Ecrasement des gravillons sous circulation. - Support trop mou.
<p>PEIGNAGE (empreinte visible des diffuseurs)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvais état de la rampe de répandage. - Viscosité du liant trop élevée pour la répandeuse. - Mauvais réglage de la rampe ou pression insuffisante. - Température du liant trop basse.
<p>BOURRELET TRANSVERSAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Recouvrement du joint (papier oublié)

IMPORTANT : *Il n'existe pas de remèdes économiques pour rattraper de façon satisfaisante un enduit défectueux. Il convient donc de ne négliger aucune des précautions indiquées dans les fiches précédentes. Si l'enduit est localement ressuant, il faut le sabler au moyen d'un gravillon 2/4 ou 4/6 lorsque le liant est ramolli par la chaleur puis le cylindrer. Si le ressuage est généralisé et que le liant colle au pneumatiques, un enduit "sandwich" peut être envisagé. En cas de plumage modéré, une réparation peut être tentée par répandage d'une voile d'émulsion diluée et fermée au gravillon 2/4 ou 4/6.*