



NOTE D'INFORMATION

CHAUSSEES
DEPENDANCES

97

Auteur : Observatoire des
Techniques de Chaussées

Editeur :



LES GRAVES EMULSION

Avril 1997

Cette note, rédigée dans le cadre de l'Observatoire des Techniques de Chaussées décrit la technique des graves-émulsion, donne des éléments sur les constituants, sur la formulation, sur les conditions de fabrication et de mise en œuvre, sur les contrôles, et sur la nature de la couche de roulement.

Elle donne des indications sur leurs propriétés (aspect de surface, uni, pourcentage de vides, performances mécaniques...) et sur leur comportement général.

Les graves émulsion sont fabriquées et répandues à température ambiante, et élaborées dans des centrales de malaxage fixes ou mobiles à partir de granulats non séchés, d'émulsion de bitume, d'eau et éventuellement d'additifs.

Suivant leur formulation, ces graves émulsion ont des durées de stockabilité variables de quelques heures à quelques mois, et sont destinées aux couches structurantes, aux reprofilages, aux réparations localisées.

DESIGNATION ET CARACTERISATION DES PRODUITS

Les **graves émulsion** ont un domaine d'emploi très large qui va de la couche de base répandue au finisseur aux reprofilages et réparations localisées mis en œuvre manuellement et concernent essentiellement les routes départementales et la voirie communale.

Ces produits sont fabriqués généralement sur aire de stockage en centrale fixe, par des entreprises routières, mêmes locales, et par certains Parcs Départementaux de l'Équipement. Ils peuvent également être fabriqués in-situ avec des matériels spécifiques.

La famille des graves émulsion peut être scindée en trois catégories suivant le domaine d'emploi :

- Grave émulsion de structure ou de renforcement (GErf) ⁽¹⁾ ;
- Grave émulsion de reprofilage (GErp) ⁽¹⁾ ;
- Grave émulsion de réparation localisée (GErl).

La production annuelle stable depuis plusieurs années, est de l'ordre de 1,2 millions de tonnes, dont 80 à 85 % sont destinés aux reprofilages et réparations localisées.

NB : Les graves émulsion dites à « Enrobages Multiples », pour lesquelles les sables sont préenrobés et stockés avant emploi, ont été classées dans la catégorie des enrobés à froid. En effet, le préenrobage conduit à une répartition du liant au sein de l'ossature minérale qui diffère de celle obtenue avec les graves émulsion, et conduit à un enrobage des plus gros éléments comparable à celui obtenu avec les enrobés denses à froid.

⁽¹⁾ Les GErf correspondent aux types 2 et 3 de la norme NF P 98-121 (Août 1992), les GERp correspondent au type 1 de cette même norme.

FABRICATION ET MISE EN ŒUVRE

1 - Constituants

Granulats

Ils sont conformes à la Norme P 18-101 et leurs caractéristiques minimales généralement fonction du trafic supporté, sont récapitulées dans le tableau ci-après :

Produits	Trafic	Caractéristiques minimales
GErf	T1	B III a
GErp	T2 - T3	C III a
GErl	< T3	D III a

Choix et nature du liant

Les émulsions utilisées sont des émulsions cationiques à rupture lente ou surstabilisées.

Les principales caractéristiques de l'émulsion de bitume sont variables suivant le type et la stockabilité du produit, elles sont répertoriées dans le tableau 1 ci-après.

2 - Etude de formulation des graves émulsion

Dans l'attente des résultats et conclusions qui seront tirés des études menées par le Réseau Technique de l'Administration et par les Entreprises pour mieux caractériser en laboratoire les mélanges à

l'émulsion de bitume de type grave-émulsion et prédire leur comportement de la fabrication à la mise en œuvre, les études de formulations concernent essentiellement :

- l'adaptation de l'émulsion au granulats par le biais de tests visuels d'enrobage à la teneur en eau optimale. Ces tests empiriques sont pratiqués sur 500 grammes à 1 kilogramme de mélange granulaire et permettent de juger de la qualité de l'enrobage et de la prise en cohésion de la grave émulsion ;
- une caractérisation à la presse à cisaillement giratoire et le rapport r/R de l'essai Duriez, la norme NF P 98-121 précise les valeurs à obtenir résumées dans le tableau ci-après :

Produits	% de vides à 200 girations	r/R
GE	< 12	≥ 0,55

Les caractéristiques moyennes type de composition sont énumérées dans le tableau 2 ci-après.

Commentaires tableau 2 :

- Les teneurs en bitume résiduel correspondent à des valeurs moyennes objectifs ; elles s'inscrivent généralement à l'intérieur des plages annoncées.
- Les pourcentages de vides correspondent aux moyennes souhaitables à obtenir sur chantier. L'expérience a montré que dans certains cas ces limites pouvaient être modifiées, jusqu'à 3 % absolu vers les fortes teneurs en vide.

Désignation des produits		Teneur en liant de l'émulsion	Classe du bitume	Viscosité ENGLER de l'émulsion	Indice de rupture	Ph	Pourcentage et nature du fluxant
GE	Stockabilité limitée GErf	60/65	180/220 70/100	6/12	> 150	> 1,8 si granulats siliceux > 2,0 si granulats calcaires	
	GErp et GErl	60/65	180/220	6/12	> 180	> 2,0 si granulats siliceux > 2,5 si granulats calcaires	1 à 2 % d'huile de houille 2 à 4 % bitume fluidifié (0/1)
	Stockable GErf - GERp - GErl	Idem stockabilité limitée					

▲ Tableau 1 : Spécification des liants

▼ Tableau 2 : Caractéristiques moyennes type de composition

Domaine d'emploi	Désignation des produits	Caractéristique de la composition						Limite d'emploi
		Granularité	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm	Bitume résiduel (%)	% de vides	Epaisseur de mise en œuvre	
Couche de liaison et de base	GErf	0/14 - 0/20	6/7	30/35	3,5/4,3	10/13	8/15 cm	≤ T1
Reprofilage généralisé	GErp	0/10 - 0/14	6/7	33/37	3,7/4,4	10/13	2/15	≤ T2
Réparation localisée	GErp GErl	0/10 - 0/14 0/10 - 0/14	6/7 6/8	35/40 35/45	4,4/4,8 4,6/5	10/12 10	0/12 0/12	

3 - Conditions de fabrication des graves émulsion

Réalisée avec des matériels simples de mélange et de malaxage, la fabrication des graves émulsion implique une maîtrise absolue de la teneur en eau des granulats qui conditionne la réussite de l'opération d'enrobage.

Avant malaxage, il convient donc d'amener les granulats à une teneur en eau optimale (Wog) égale à la différence de la teneur en eau optimale de l'enrobé (Woe) et de la teneur en eau apportée par l'émulsion (Wemul).

4 - Condition de mise en œuvre

Les graves émulsion sont mises en œuvre **sans couche d'accrochage**, répandues au finisseur pour les GERf et à la niveleuse pour les reprofilages, défléchages et réparations localisées. Elles doivent être compactées énergiquement.

A titre indicatif :

- jusqu'à 15 passes de vibrant et 20 passes de pneus pour les GERf et les GERp épaisses (5-15 cm) ;
- 20 à 25 passes de pneus et cylindre lisse ou vibrant léger pour les GERp minces (2-6 cm) et les GERl.

5 - Couche de roulement

Pour permettre au mieux le départ de l'eau et accélérer le « mûrissement » de la grave émulsion, la couche de roulement doit être différée. En fonction du trafic et des conditions climatiques un délai de 3 à 5 semaines est indispensable.

Un voile de scellement (300 à 500 grammes de bitume résiduel) est conseillé en période pluvieuse, froide et si les risques de ségrégation ou de cisaillement de surface sont importants. Il est complété par un léger gravillonnage (3 à 4 l/m² de gravillons 2/4 ou 4/6).

La couche de roulement est généralement un enduit superficiel. Dans certains cas, pour les trafics les plus élevés (T3 - T2), il est réalisé un béton bitumineux mince de type B.B.Ma conforme à la norme NF P 98-132 ou un béton bitumineux de type B.B.S. (norme NF P 98-136).

Quelques exemples réussis de béton bitumineux à l'émulsion ou d'enrobés coulés à froid ont été relevés.

Dans le cas où la couche de roulement est constituée par un enduit superficiel, les formules moyennes les mieux adaptées et les plus fréquentes sont les

suivantes en notant bien que la grave-émulsion constitue un support poreux, indentable, et qui doit évacuer l'eau de constitution :

Trafic	Nature de couche de roulement	Type d'enduit superficiel et dosages
T4 - T5	Provisoire : 3 - 4 ans	Monocouche : 1,4 kg/m ² ECR 69% 7 l/m ² gravillons 4/6
T4 - T5	Définitive	Monocouche Prégravillonné : 1,8 kg/m ² ECR 69 % 6 l/m ² gravillons 6/10 7 l/m ² gravillons 2/4
T3 - T2	Définitive	Monocouche Prégravillonné : 2,0 kg/m ² ECR 69 % 9 l/m ² gravillons 10/14 7 l/m ² gravillons 4/6

Dans les cas où le site impose un besoin de forte imperméabilisation de la grave émulsion et sous réserve d'une bonne « maturation » (durée et période favorable), on pourra avoir recours à un enduit superficiel bi-couche de granularité jointive selon les formules suivantes :

Trafic	Nature de couche de roulement	Type d'enduit superficiel et dosages
T5 - T4	Définitive	Bi-couche : 1,1 kg/m ² ECR 69 % 8 l/m ² gravillons 6/10 1,5 kg/m ² ECR 69 % 6 l/m ² gravillons 4/6
T3	Définitive	Bi-couche : 1,1 kg/m ² ECR 69 % 8 l/m ² gravillons 6/10 1,4 kg/m ² ECR 69 % 6 l/m ² gravillons 4/6
T2	Définitive	Bi-couche : 1 kg/m ² ECR 69 % 8 l/m ² gravillons 6/10 1,4 kg/m ² ECR 69 % 6 l/m ² gravillons 4/6

ou encore un enrobé coulé à froid réalisé en 2 couches :

- 1^{ère} couche : 7 kg/m² de coulis 0/4 ;
- 2^{ème} couche : 15 kg/m² d'enrobé coulé à froid (ECF) 0/6.

6 - Contrôles

Ils concernent principalement la teneur en eau des granulats, de l'émulsion, du matériau enrobé, la composition minérale et la teneur en liant résiduel.

Pour la mise en œuvre, il faut vérifier la compacité.

PERFORMANCES OBTENUES ET EVOLUTION DANS LE TEMPS

A partir des éléments recueillis lors des contrôles et des suivis de chantier, on peut avancer avec prudence les performances ci-après :

Seuils des CAPL 25	≤ 6	≤ 13	≤ 16
Travaux neufs	40	85	95
Renforcements	35	80	90

- **Aspect de surface** : Généralement bon - Pas d'ornièrage ou de fluage ni ressuage. Qualité exceptionnelle du joint longitudinal.
- **Uni** : Pour les graves émulsion structurantes, le niveau de qualité d'uni est fonction de nombreux paramètres : caractéristiques de l'émulsion, teneur en eau, température ambiante, mode d'application, caractéristiques des engins de mise en œuvre... Il est généralement bon et on peut raisonnablement atteindre les performances ci-après :

Les reprofilages et réparations localisées apportent tous une nette amélioration de l'uni.

- **Teneur en vides** : de l'ordre de 12 % en moyenne après 3 ans de trafic.
- **Performances mécaniques des GE** : les GE ont la particularité de présenter des caractéristiques de composition et de résistance qui évoluent sensiblement pendant les premières années, notamment dans la phase de mûrissement, jusqu'à 2 ans environ après la mise en œuvre.
L'évolution de la cohésion des graves-émulsion dans le temps n'est pas quantifiée ; elle est liée au « mûrissement » du mélange, fonction entre autre du trafic, des conditions climatiques et du départ de l'eau. C'est ainsi que la transition de l'état non lié à l'état définitif n'est pas prévisible par le biais d'essai de laboratoire. Dans ce contexte, les spécialistes préconisent de limiter l'utilisation des graves émulsion aux trafics faibles et moyens : T2 en l'état actuel, même si quelques chantiers montrent que leur comportement à long terme sous trafic T1 est aussi satisfaisant que celui des graves bitume.

Jusqu'à présent, les graves émulsion structurantes sont dimensionnées à partir du seul critère de déformation verticale du support, comme pour les matériaux non traités (GNT et GRH) en estimant que la couche ne travaille pas à la fatigue.

RÉSULTATS DE MODULE À PARTIR DE L'ESSAI DE TRACTION

Dans le cadre du suivi de comportement des graves émulsion, plusieurs sites ont fait l'objet de prélèvements carottés. Sur ces prélèvements, il a été possible d'extraire des éprouvettes qui ont été sollicitées en traction. Elles étaient caractérisées par des teneurs moyennes en vides comprises entre 10 et 17 %, des teneurs moyennes en liant résiduel entre 3,4 et 4,2 % et des âges compris entre 2 et 12 ans.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Technique	GErf
Nombres de sites examinés	10
Trafic	T3 à T1
Age	4 à 14 ans
Teneur en liant moyenne	3,4 à 4,5 %
Caractéristiques des liants en place	pénétrabilité : 35 à 116 1/10 ^e mm température bille et anneau : 44 à 60 °C
% de vide	9 à 15 %
Module traction directe 10 °C 0,02 s	2 700 à 5 000 M Pa

CONCLUSIONS

Les graves émulsion sont particulièrement adaptées aux emplois à fortes variations d'épaisseur de mise en œuvre et s'accommodent très bien des épaisseurs très faibles, d'où leur utilisation en reprofilage, déflachage et réhabilitation de chaussées déformées supportant un trafic moyen à faible.

Si en chaussées neuves elles se sont révélées insuffisantes pour s'opposer à la remontée de la fissuration thermique des graves hydrauliques, en revanche l'expérience a montré leur efficacité dans le même rôle, en rechargement de chaussée GH déjà fissurée.

Dans tous les cas il convient d'une part de se persuader que la grave émulsion est une technique « pointue » qui nécessite systématiquement une étude de formulation pour définir notamment les caractéristiques du liant et du mélange, et d'autre part de ne pas les mettre en œuvre sous température trop basse (0°) ou trop élevée et en épaisseur supérieure à 15 cm afin de les compacter convenablement et d'assurer un délai de mûrissement raisonnable.

L'emploi de la technique graves émulsion est inégalement représenté au niveau du territoire. Cette apparente hétérogénéité de distribution est en fait

expliquée par plusieurs paramètres. On peut citer :

- absence ou éloignement des centrales d'enrobage à chaud ;
- chantiers de faible tonnage, de site difficiles tant au plan tracé que climatique ;
- itinéraires de trafic moyen ou faible ne nécessitant pas forcément un investissement structurel lourd.

Les zones de prédilection sont le grand Sud Ouest (environ 700 000 T/an), le Massif Central, à un degré moindre la région alpine, mais elles connaissent un essor intéressant en Bretagne où par exemple 85 000 T/an sont produites par les centrales de malaxage de l'Administration.

Elles ne sont pas maîtrisées par tous les intervenants et l'expérience récente fait défaut, en particulier sur les itinéraires à trafics élevés. Leur comportement très particulier dans le temps, et principalement

au jeune âge, associé au départ progressif mais non maîtrisé de l'eau en limite pour l'instant l'emploi, excepté en déflachage, aux trafics inférieurs ou égaux à T2.

En revanche, elles jouissent d'une réputation favorable et justifiée pour le reprofilage et la préparation des supports. L'absence de chauffage, l'utilisation d'un liant froid et l'apparente modestie des centrales sont également des atouts perçus de plus en plus favorablement par les élus et les gestionnaires (en relation avec l'aspect environnement).

Afin de mieux comprendre le comportement de la grave émulsion lors de sa fabrication, de sa mise en œuvre et de son mûrissement (transition de l'état non lié à l'état définitif, appréciation du comportement mécanique), l'Administration et les Entreprises ont décidé de travailler ensemble sur ces questions et ont signé fin 1996 une convention d'études sur les graves émulsion.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Les émulsions de bitume - Généralité et application Syndicat fabricants d'émulsion routière de bitume 1988.
- La grave émulsion - Une amélioration technique : le pré-enrobage à l'eau.
- Complément du CR d'activité 1991 du LCPC.
- Monographies des Etudes et Recherche du LPC 1991.
- Les techniques à l'émulsion n° 118 de la RGR.

Notes d'information éditées par le SETRA
dans la série "Chaussées dépendances"
série bleue, depuis février 1996

- | | |
|--|--|
| N° 87 Le C.F.T.R. et ses publications : Avis techniques et CATM. <i>CFTR</i> , février 1996. <i>Annule et remplace la note n° 69.</i> | N° 92 Caractéristiques photométriques des revêtements de chaussées. <i>GROUPE NATIONAL « CARACTÉRISTIQUES DE SURFACE DES CHAUSSÉES », mars 1997.</i> |
| N° 88 Pour une nouvelle série de fiches chantiers. <i>SETRA-CSTR</i> , mars 1996. | N° 93 Systèmes limitant la remontée des fissures transversales de retrait hydraulique. <i>OBSERVATOIRE DES TECHNIQUES DE CHAUSSÉES</i> , avril 1997. |
| N° 89 Marchés publics. Application de la norme Afnor T65-001. Spécifications des bitumes purs. <i>GROUPE QUALITÉ DES BITUMES</i> , mars 1996. | N° 94 Bétons bitumineux très minces et ultra-minces. <i>OBSERVATOIRE DES TECHNIQUES DE CHAUSSÉES</i> , avril 1997. <i>Remplace la note n° 43.</i> |
| N° 90 Uni et mise en œuvre. <i>GROUPE NATIONAL « CARACTÉRISTIQUES DE SURFACE DES CHAUSSÉES », août 1996. Complète la note n° 76.</i> | N° 95 Enduits superficiels. <i>OBSERVATOIRE DES TECHNIQUES DE CHAUSSÉES</i> , avril 1997. |
| N° 91 Qualités d'usage des revêtements routiers en présence d'eau. <i>GROUPE NATIONAL « CARACTÉRISTIQUES DE SURFACE DES CHAUSSÉES », septembre 1996.</i> | N° 96 Les enrobés à module élevé. <i>OBSERVATOIRE DES TECHNIQUES DE CHAUSSÉES</i> , avril 1997. |

Cette note a été rédigée par :

J.F. LAFON - CETE Bordeaux/LR de Toulouse - ☎ 05 62 25 97 31
M. PUGGELLI - CETE Aix - ☎ 04 42 24 76 87

S.E.T.R.A. 46, avenue Aristide Briand - B.P. 100 - 92223 BAGNEUX Cedex - France
☎ 01 46 11 31 31 - Télécopie 01 46 11 31 69 - 01 46 11 34 00
Renseignements techniques : C. LEROUX - SETRA/CSTR - ☎ 01 46 11 35 23
Bureau de vente : ☎ 01 46 11 31 55 - 01 46 11 31 53 - référence du document : **D9724**

Ce document a été édité par le SETRA, il ne pourra être utilisé ou reproduit même partiellement sans son autorisation.

AVERTISSEMENT

Cette série de documents est destinée à fournir une information rapide. La contrepartie de cette rapidité est le risque d'erreur et la non exhaustivité. Ce document ne peut engager la responsabilité ni de son auteur ni de l'administration.

Les sociétés citées le cas échéant dans cette série le sont à titre d'exemple d'application jugé nécessaire à la bonne compréhension du texte et à sa mise en pratique.

ISSN 1250-8683