



**HAL**  
open science

## Comportement et étude des graves-émulsion Coopération public-privé. Fabrication, prélèvement et conservation des enrobés à l'émulsion de bitume en laboratoire

Vincent Gaudefroy, Jean Pierre Triquigneaux, Cédric Petiteau, Daniel Claudel, Frédéric Delfosse, Mathieu Garbay, Louissette Wendling, Chantal de La Roche

### ► To cite this version:

Vincent Gaudefroy, Jean Pierre Triquigneaux, Cédric Petiteau, Daniel Claudel, Frédéric Delfosse, et al.. Comportement et étude des graves-émulsion Coopération public-privé. Fabrication, prélèvement et conservation des enrobés à l'émulsion de bitume en laboratoire. *Revue générale des routes*, 2012, 899, pp 102-105. hal-00850789

**HAL Id: hal-00850789**

**<https://hal.science/hal-00850789>**

Submitted on 8 Aug 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## AUTEURS

Vincent Gaudefroy  
Chargé de recherches  
Institut français des sciences  
et technologies des transports,  
de l'aménagement  
et des réseaux (IFSTTAR)

Jean Pierre Triquigneaux  
Directeur du laboratoire central  
Centre d'études  
et de recherches de Corbas  
Eiffage Travaux Publics

Cédric Petiteau  
Technicien supérieur  
de l'Équipement  
IFSTTAR

Daniel Claudel  
Assistant Section liant  
Centre d'études  
et de recherches de Corbas  
Eiffage Travaux Publics

Frédéric Delfosse  
Chargé d'affaires  
Centre de recherche de Mérignac  
Eurovia

Mathieu Garbay  
Technicien  
Centre de recherche de Mérignac  
Eurovia

Louissette Wendling  
Ingénieur de recherche  
Division Laboratoire d'Autun  
CETE de Lyon

Chantal de La Roche  
Animateur d'Axe  
« Économie d'énergie  
et de ressources naturelles »  
IFSTTAR



Laboratoire de fabrication de matériaux bitumineux  
Bituminous materials manufacturing laboratory

## Comportement et étude des graves-émulsion Coopération public-privé

### Fabrication, prélèvement et conservation des enrobés à l'émulsion de bitume en laboratoire

Dans le cadre du groupe de travail IFSTTAR/RST/USIRF traitant de la « Méthodologie d'étude des matériaux à l'émulsion de bitume », une étude a été réalisée sur la fabrication des graves-émulsion, le prélèvement sur site et le conditionnement des corps d'épreuve.

Dans cet article, une description des différentes procédures de préparation des composants de la grave-émulsion ainsi que du mélange est faite sur la base des éléments fournis par les huit laboratoires impliqués. La proposition de deux voies principales d'étude portant sur la représentativité de la fabrication en laboratoire vis-à-vis de celle en centrale d'enrobage et sur la qualité d'enrobage obtenue, complète ce travail de synthèse. Dans un second temps, des recommandations pour le prélèvement et le conditionnement des échantillons d'enrobés à froid sont présentées.

*Cet article est 5<sup>e</sup> de la série dédiée aux travaux du groupe constitué par l'IFSTTAR, le RST et les entreprises de l'USIRF.*

## Introduction

La pratique en matière de construction et d'entretien routier a sensiblement évolué au cours de la dernière décennie pour prendre en compte la nécessité de préserver les ressources en matériaux de construction et de réduire les impacts locaux et globaux des travaux publics. De ce fait, les matériaux à l'émulsion de bitume apparaissent comme des solutions adaptées compte tenu de leur fort potentiel environnemental.

Dans le cadre de la démarche française d'approche performantielle qui consiste à prédire en laboratoire les propriétés des matériaux *in situ*, il est nécessaire d'obtenir des échantillons d'enrobés représentatifs de ceux fabriqués en centrale d'enrobage et compactés sur chantier.

La première partie de cet article décrit l'étape de fabrication en laboratoire de matériaux à l'émulsion de bitume (ainsi que le conditionnement de l'émulsion et des granulats) qui aboutit

à une procédure « standard » de fabrication (et de conditionnement des constituants) en laboratoire plus adaptée à la spécificité des enrobés à l'émulsion que la norme actuelle NF P 98-250-1 [1].

Cette procédure « standard » est utilisée dans une démarche de formulation qui, dans une phase « amont », peut se faire sans connaître l'outil industriel de fabrication. Elle doit être adaptée sur certains paramètres listés dans le présent document dès que les conditions industrielles

de fabrication et de mise en œuvre de l'enrobé à l'émulsion sont connues.

Du fait du comportement évolutif de ces matériaux, il est difficile de prédire d'abord l'évolution des performances mécaniques dans le temps et ensuite les valeurs nominales à long terme, qui sont nécessaires pour le dimensionnement des structures de chaussée. L'étude des performances des enrobés à froid nécessite donc un suivi des performances mécaniques des matériaux par des prélèvements

*in situ* sous la forme de carottage ou de sciage et de conserver les matériaux prélevés.

La seconde partie de cet article traite plus particulièrement de ce sujet.

## Fabrication et malaxage des enrobés à l'émulsion de bitume

La norme NF P 98-250-1 [1] a été bâtie, pour la partie enrobés à froid, sur la base des recommandations pour la fabrication des enrobés à chaud.

Pour s'adapter aux spécificités de la fabrication des enrobés à l'émulsion (durée et séquençage du malaxage, introduction de l'eau d'apport, ...) la présente étude a abouti à une procédure dont les étapes sont présentées ci-dessous.

## Préparation des constituants

Il est possible de placer les granulats, dès leur réception, sous conditionnement étanche, afin de conserver leur teneur en eau naturelle.

Un ou quelques jours avant la fabrication de l'enrobé à froid, la teneur en eau doit être mesurée :

- Si les granulats sont « faiblement humides » (teneur en eau < 5 % pour le sable et < 2 % pour les gravillons), ils sont conservés à la température ambiante du laboratoire (15 à 25 °C) en sacs ou seaux étanches. L'eau d'apport est alors ajoutée lors du malaxage.

- Si les granulats sont trop humides (teneur en eau > 5 % pour le sable et > 2 % pour les gravillons), ils sont conditionnés

en une couche de faible épaisseur dans des bacs, au moins 12 heures avant fabrication à température ambiante ; un second contrôle de la teneur en eau des granulats peut être utile juste avant la fabrication.

- L'utilisation de granulats « secs » (teneur en eau < 0,5 % pour le sable) est proscrite. Pour être utilisés, ils seront humidifiés au moins 24 heures avant la fabrication et conservés en sacs ou seaux étanches.

Toutefois, sur le terrain, les granulats en stock peuvent être secs du fait de conditions météorologiques estivales exceptionnelles et/ou de stockage sous abri. Dans ce cas, plutôt rare, toute l'eau d'apport sera ajoutée, soit avant le malaxage en utilisant une rampe d'introduction d'eau sur la trémie, ou pendant la phase de malaxage.

La température des granulats doit se situer autour de l'ambiance classique du laboratoire, représentative de celle utilisée en centrale.

A la réception de l'émulsion de bitume, il est recommandé de la conserver dans une fourchette de température pouvant aller de la température ambiante du laboratoire jusqu'à 40 °C. Avant d'être utilisée, l'émulsion doit être préalablement homogénéisée (agitation mécanique ou manuelle, à l'aide d'une baguette de verre obligatoire). L'émulsion est employée dans une fourchette de température pouvant aller de la température ambiante du laboratoire à 60 °C. Lorsqu'il s'agit d'une émulsion fraîchement fabriquée, un temps de repos d'au moins 16 heures devra être observé. Si l'émulsion doit être conservée pendant plusieurs semaines, il est recommandé de l'agiter tous les 15 jours.

Les différentes étapes de préparation des constituants sont présentées figure 1.

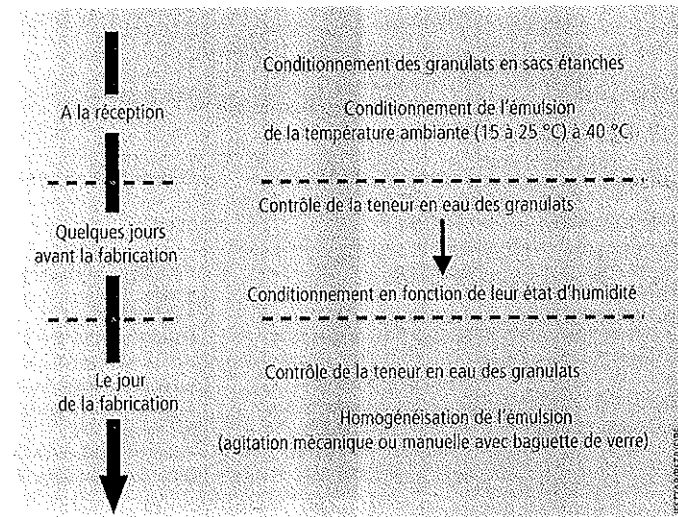


Figure 1  
Etapes de préparation des constituants d'une grave-émulsion en laboratoire  
Preparation steps in laboratory of emulsified asphalt mix components

## Préparation du mélange

D'une manière générale, la séquence d'incorporation des composants et la durée de malaxage du mélange doivent permettre de reproduire l'aspect (qualité d'enrobage, absence de coulures, ...) visé par le formulateur.

En prélude à l'étape de fabrication à l'aide d'un malaxeur industriel, une étude de compatibilité des constituants vis-à-vis de l'enrobage doit être effectuée. A cet effet, la méthode d'essai LPC n°74 [2] décrit les étapes à suivre pour formuler le mélange. Elle permet d'évaluer la qualité de l'enrobage, la consistance du mélange ainsi que sa cohésion. La qualification de l'aspect du mélange est définie par la norme NF P 98-257-1 [3].

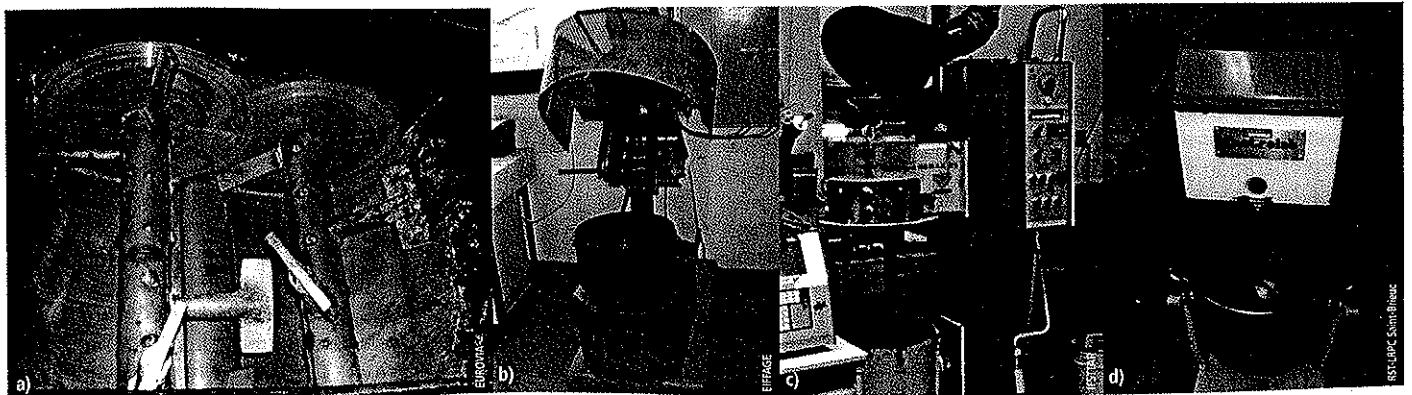
En outre, l'application de cette procédure permet de définir une teneur en eau optimale.

En faisant varier cette dernière de  $\pm 1$  %, il est possible d'étudier la sensibilité de la formule pour éviter les phénomènes de « soupe » sur site.

Cette étape d'enrobage manuel est nécessaire mais non suffisante. Dès que le matériel de fabrication sur site est connu, de nombreux allers-retours entre le laboratoire et la centrale sont nécessaires pour caler précisément la formule.

La méthode d'enrobage mécanique décrite ci-après présente les étapes génériques de base pour une fabrication pertinente en laboratoire, quel que soit le matériel de chantier utilisé.

Les coupes les plus grossières des granulats sont d'abord incorporées dans le malaxeur (photos 1).



Photos 1  
Malaxeurs utilisés pour la fabrication d'enrobés à l'émulsion  
Mixers used to manufacture bitumen emulsified asphalt mix

# Recherche Enrobés à l'émulsion

Pour les malaxeurs à arbre vertical de type « Angers », « Hobart », « MLPC », le malaxage des granulats est réalisé durant un temps d'environ 30 s. L'eau d'ajout est ensuite additionnée en filet au mélange, en continu ou non, et malaxée durant un temps compris entre 10 et 90 s. Puis, le mélange repose environ 5 min entre la fin de dispersion de l'eau d'apport et le début de l'introduction de l'émulsion comme le préconisent les normes XP P 98-121 [4] et NF P 98-139 [5]. Enfin, l'émulsion de bitume est additionnée en filet au mélange, en continu ou non, et malaxée durant un temps compris entre 30 et 120 s.

La procédure de malaxage de la GE décrite ici, est celle utilisée dans une centrale d'enrobage à froid traditionnelle. Elle correspond à une fabrication classique de GE où tous les granulats sont introduits avec leur humidité naturelle dans le malaxeur, puis humidifiés - si nécessaire - avant introduction de la totalité de l'émulsion en une seule fois. Dans le cas d'études plus spécifiques (pré-enrobage à l'eau, autres procédés d'enrobage, ...), l'utilisation de procédures de malaxage adaptées est nécessaire. Il faut garder à l'esprit que la fabrication en laboratoire doit être représentative de celle sur poste. C'est le cas du chantier de GE de la RD44 en Ile-et-Vilaine réalisé en juillet 2008 [6, 7] : la procédure suivie à la centrale de fabrication du parc du conseil général consiste à humidifier en priorité le sable, séquencer l'enrobage et introduire l'émulsion en deux temps.

A titre d'exemple, la méthode de fabrication utilisée par les laboratoires participant à l'étude, pour se rapprocher des conditions de fabrication en centrale, est présentée sur la figure 2. Le mode opératoire proposé pour la préparation des granulats et de l'émulsion de bitume (figure 1), puis pour la fabrication des matériaux à l'émulsion de bitume (tableau 1) est basé sur les conditions de fabrication classiques utilisées en fonction des pratiques des postes. Il pourra être modifié pour s'y adapter. Ainsi, dans certaines centrales, le matériau foisonné

est stocké en tas avant reprise pour le transport. Il peut être intéressant de reproduire cette procédure en laboratoire avant de caractériser le mélange et de l'utiliser pour les essais.

La procédure retenue doit être cohérente avec des propriétés de maniabilité du mélange requise pour une mise en œuvre satisfaisante.

Après investigations, il s'est avéré que ce phénomène était lié à une valeur élevée (égale à 46) de friabilité des sables sur la fraction 0/2 du mélange. Il est intéressant de constater que, quel que soit le malaxeur utilisé, le malaxage en laboratoire a parfaitement reproduit le malaxage en centrale sur cet aspect de production de fines.

Il faut noter que le malaxage en centrale est généralement de type continu, tandis que le malaxage en laboratoire est réalisé par étapes successives. Cependant, le respect de l'ordre d'introduction des constituants et l'adaptation des temps de malaxage permettent d'obtenir un état du mélange représentatif d'une fabrication en centrale. Dans tous les cas, la reproduction en laboratoire d'une méthode de fabrication séquentielle reste délicate.

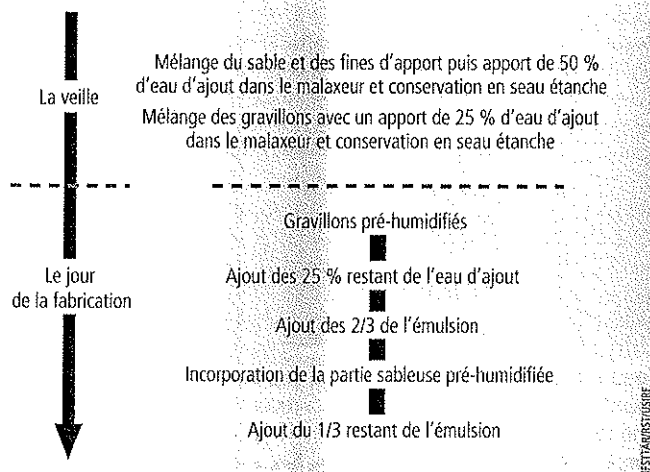


Figure 2 Exemple du protocole de préparation et de fabrication d'une grave-émulsion  
Example of the preparation and manufacturing process for an emulsified asphalt mix

Procédures	Préparation du mélange		
	Interne IFSTTAR	Interne CETE Ouest / LR Saint-Brieuc	Interne Centre de Recherche Eurovia
Malaxeur utilisé	Type 1 : à palettes verticales et cuve mobile (type Angers) Type 2 : à hélice épicycloïdale BBMax MLPC	Type 3 : Hobart	Type 4 : horizontal à double arbre à palettes
	Cf. classification NF P 98-250-1	Cf. classification NF P 98-250-1	Cf. classification NF P 98-250-1
Masse de la gâchée	10 à 20 kg	11 kg	20 à 40 kg
Séquence d'introduction des composants	• gravillons • sable • eau d'ajout Emulsion entre 18 °C et 40 °C	• gravillons • sable • eau d'ajout Emulsion entre 15 °C et 40 °C	• gravillons • sable • eau d'ajout Emulsion entre 15 °C et 40 °C
Procédure de fabrication	• mélange granulats 30 s • ajout eau en continu ou non / mélange entre 10 et 90 s • ajout émulsion en continu ou non / mélange entre 30 et 120 s	• mélange granulats 5 s • ajout de l'eau en continu durant 5 s puis mélange 10 s • ajout de l'émulsion en continu durant 5 s puis mélange 30 s	• mélange granulats 10 s • ajout de l'eau en continu durant 5 s puis mélange 10 s • ajout de l'émulsion en continu durant 5 s puis mélange 15 s

Tableau 1 Exemples de procédure de fabrication d'une grave-émulsion en laboratoire, selon le type de malaxeur utilisé  
Examples of laboratory manufacturing processes, according to the mixer used

Les temps de malaxage employés dépendent de la puissance du malaxeur utilisé (type « Angers », « Hobart », MLPC, ...) et n'ont pas vocation à être comparés en l'état, compte tenu de la diversité des malaxeurs de laboratoire. Ils doivent être également calés pour reproduire la fabrication industrielle. A cet effet, deux contrôles qualitatifs visuels préalables sont nécessaires : l'état d'enrobage du mélange et l'état de rupture de l'émulsion, réalisés à l'aide d'un malaxage manuel sur de petits échantillons.

Il est fortement recommandé de réaliser une analyse granulométrique du mélange fabriqué en laboratoire pour caractériser la production éventuelle de fines pendant le malaxage du fait de la friabilité potentielle du sable. En effet, dans le cadre du chantier expérimental de la RD 44 en Ile-et-Vilaine et de l'étude qui a suivi [6, 7], tous les laboratoires, quel que soit le malaxeur utilisé, ont constaté une production de 2 à 3 % de fines (passant à 0,063 µm), comme dans le malaxeur du poste d'enrobage.

## Prélèvements et conservation des échantillons

### Prélèvements

L'étape de prélèvement sur site a pour objectifs de :

- Déterminer l'état du produit dans le temps.
- Disposer d'échantillons représentatifs de la mise en œuvre et du compactage sur chantier.
- Donner des indications quant à l'épaisseur de la couche, sa qualité de collage, l'aspect et

l'homogénéité du mélange. Le prélèvement d'enrobés à l'émulsion de bitume peut être réalisé soit par carottage, soit par sciage. Cette action ne doit en aucun cas altérer les caractéristiques de l'échantillon obtenu. La problématique est identique pour les échantillons issus de plaques ou carottes fabriquées en laboratoire ou prélevées sur site.

Le carottage est une méthode destructive d'auscultation des chaussées qui est réalisée avec une lubrification de l'outil de coupe, généralement à l'eau [8]. Dans le cas de matériaux faiblement cohésifs comme les enrobés à l'émulsion de bitume, l'eau est avantageusement remplacée par de l'air comprimé (photos 2).



Photos 2  
Opération de carottage (a) et de sciage de plaques (b et c) sur chantier  
Coring (a) and plate sawing (b and c) on site

Cela permet de mieux garantir l'intégrité de la carotte pour des essais d'évaluation des caractéristiques hydriques et mécaniques des matériaux testés.

Lorsqu'il est nécessaire de disposer de plusieurs types d'éprouvettes (cylindres, barreaux, trapèzes), le prélèvement d'une plaque d'enrobé par sciage est indispensable. Celui-ci est réalisé à l'eau, à défaut de l'existence de méthodes actuelles plus adaptées à la GE.

Il faut éviter de déformer la plaque lors de son extraction de la chaussée puis la faire sécher à température ambiante au laboratoire.

## Conservation des échantillons

Les échantillons doivent être placés dans l'obscurité, sur une surface plane, stable et propre ainsi qu'à l'abri des vibrations et des chocs. Le conditionnement (durée de conservation, température, sac étanche, ...) est fonction

des essais à effectuer. Dans tous les cas, il faut limiter le délai de conservation des échantillons prélevés au strict nécessaire pour éviter un mûrissement supplémentaire en laboratoire pouvant influencer sur les performances mécaniques des matériaux (cf articles de la série à venir traitant du module et du mûrissement).

Si la durée de conservation n'est que de quelques jours, les échantillons pourront être scellés dans des contenants étanches pour éviter le départ de l'eau. Si l'exécution d'un plan d'expérience nécessite des durées de conservation longues, des dispositions particulières sont prises pour éviter la déformation des éprouvettes, notamment par l'utilisation de gouttières et le choix d'une température adaptée.

## Conclusions et perspectives

L'étude sur la fabrication, le prélèvement et la conservation des matériaux à l'émulsion de bitume, a permis de décrire les étapes d'une fabrication en laboratoire représentative de celle de la centrale.

Ces étapes ont été validées lors du chantier expérimental de la RD 44, en Ille-et-Vilaine. En effet, quel que soit le malaxeur utilisé, la fabrication en laboratoire a été représentative de la fabrication en centrale, y compris pour la production de fines à l'enrobage. Certains points restent cependant à investiguer :

- La représentativité de la fabrication de laboratoire vis-à-vis de celle en centrale d'enrobage (granulométrie, qualité d'enrobage, maniabilité du mélange), quels que soient le type de centrale et la procédure utilisés.
- La qualité d'enrobage/répartition du liant sur les différentes

fractions granulométriques après malaxage et la récupération du liant résiduel pour analyses.

- L'incidence d'une pré-humidification à l'eau des granulats sur la qualité d'enrobage.
- Le temps de repos du matériau frais à respecter avant de confectionner les corps d'épreuves pour les essais mécaniques Duriez, orniérage, PCG et module.

Pour le prélèvement d'échantillons par carottage, la procédure « à sec » est impérative et un soin particulier doit être apporté aux conditions de conservation avant essai. Ces considérations seront complétées dans les articles à venir de la série sur le module et le mûrissement.

Ces travaux devraient permettre la rédaction d'un projet de norme spécifique sur la fabrication des enrobés à froid à l'émulsion de bitume qui était jusqu'à présent décrite succinctement dans la norme NF P 98-250-1 [1]. Il est envisagé dans ce projet de différencier la fabrication pour la caractérisation de l'enrobage et la fabrication en malaxeur pour les essais de compactabilité et la confection d'échantillons. Il est également important de compléter la caractérisation par relevé visuel par des mesures de caractérisation du mélange foisonné (essais de maniabilité et mesure de couple [9]). ■

### Remerciements

Les auteurs remercient Lionel Odie (LRPC Saint-Brieuc) pour sa contribution à cet article, ainsi que le personnel des laboratoires du ministère (Nantes, Autun, Saint-Brieuc et Toulouse) et des entreprises (Colas, Eiffage Travaux Publics, Eurovia et Malef) qui ont participé à cette étude.

### BIBLIOGRAPHIE

[1] Norme, NF P 98-250-1 Préparations des mélanges hydrocarbonés - Partie 1 : fabrication d'un enrobé en laboratoire, AFNOR, février 1992

[2] Projet de méthode d'essai LPC n° 74 « Essai d'enrobage et de consistance - Procédure d'optimisation d'un mélange à l'émulsion de bitume à partir d'une appréciation visuelle et de sa consistance », Editions IFSTTAR, novembre 2011



### Behaviour and design of emulsified asphalt mix Public-private cooperation Manufacturing, sampling and conservation of bitumen emulsified asphalt mix

Within the frame of the IFSTTAR/IRSTI/USIRF working group devoted to the "design methodology for bitumen emulsion treated gravel", a study has been undertaken on the laboratory manufacturing process as well as on the site sampling and conservation of samples in the laboratory. In this article, a description of the various procedures to be used to prepare the mix components and to manufacture the final material is given on the basis of the elements proposed by the laboratories involved in this study. Two main processes, relying on the representativeness of the laboratory manufacturing process in relation to the plant process and the coating quality are proposed. In a second part, recommendations are given regarding the site sampling and the "packaging" of the cold mix samples before testing.

[3] Norme, NF P 98-257-1 Homogénéité des mélanges - Méthode d'essai de détermination de la qualité d'enrobage manuel des matériaux hydrocarbonés à froid, AFNOR, août 2004

[4] Norme, XP P 98-121, Assises de chaussées en grave-émulsion - définition - classification - caractéristiques - fabrication - mise en œuvre, AFNOR, février 2005

[5] Norme, NF P 98-139, Enrobés hydrocarbonés couches de roulement : bétons bitumineux à froid, AFNOR, janvier 1994

[6] Chantier expérimental de la RD 44 en Ille-et-Vilaine, Présentation du site et de son instrumentation, Revue générale des routes et des aéroports (RGRA), n° 898 novembre-décembre 2011, pp 101-107

[7] Chantier expérimental instrumenté de grave-émulsion - RD 44 - Ille-et-Vilaine, suivi du comportement dans le temps, Revue générale des routes et des aéroports (RGRA), n° 899 janvier-février 2012, pp. 98-101

[8] Projet de méthode d'essai LPC N° 73 « Carottage à sec des couches de chaussées », Editions IFSTTAR, sous presse, 2011

[9] Projet de méthode d'essai LPC N° 76 « Mesure de la montée en cohésion d'un enrobé à l'émulsion de bitume - Essai de maniabilité - Essai de mesure de couple », éditions IFSTTAR, novembre 2011