INSTITUT DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES DE L' EQUIPEMENT
ET DE L' ENVIRONNEMENT POUR LE DEVELOPPEMENT

Le savoir-faire français en matière d'émulsions de bitume

French know-how bitumen emulsions

MINISTERE DE L' EQUIPEMENT, DU LOGEMENT
DES TRANSPORTS ET DE LA MER

Cet ouvrage, placé sous le patronage du
Ministère de l'Equipement, du Logement, des Transports et de la Mer
a été réalisé à l'initiative de la Direction des Routes.
Il a été préparé par le
Service d'Etudes Technique des Routes et Autoroutes (SETRA),
avec la participation du
Syndicat des Fabricants d'Emulsions Routières de Bitume (SFERB).

This report was sponsored by
the French Ministry of Public Works, Housing, Transport and the Sea,
at the initiative of the Highways Board.
It was prepared by the
French Technical Road Study Planning Department (SETRA),
with the participation of the
Association of Bitumen Emulsions for Roads Manufacturers (SFERB).

Tous droits de reproduction, traduction, adaptation, totale ou partielle, sous quelque forme que ce soit, expressément réservés.
All rights, including the right of reproduction, translation, adaptation, in whole or in part in any form whatever, expressly reserved.

© ISTED 1989
Institut des Sciences et des Techniques de l'Equipement et de l'Environnement pour le Développement (ISTED)
38, Rue Liancourt - 75014 PARIS - FRANCE
ISBN 2 86 815 018 7 ISSN 0987-9870

Traduction anglaise B.W. PORTER - Imprimé en France par Montreuil Offset

Le savoir-faire français en matière d'émulsions de bitume

French know-how bitumen emulsions

VOS INTERLOCUTEURS

THE PARTNERS

Service d'Etudes Technique des Routes et Autoroutes (SETRA)

46, Avenue Aristide Briand BP 100
92223 BAGNEUX Cedex
Tél (33-1) 42.31.31.31 Télex 260763F

Syndicat des Fabricants d' Emulsions Routières de Bitume (SFERB)

52, Champs Elysées
75008 PARIS
Tél (33-1) 43.59.09.85

Institut des Sciences et des Techniques de l'Equipement
et de l'Environnement pour le Développement (ISTED)

38, Rue Liancourt
75014 PARIS
Tél (33-1) 43.35.56.67 Télex 200789F

SOMMAIRE

INTRODUCTION 5

GENERALITES 7

Définition 7

Principe de fabrication 8

Formulation et domaine d'emploi 10

Nature ionique 10
Teneur en liant 10
Mécanisme de rupture 11
Viscosité 12
Nature du liant 12

TECHNIQUES D'APPLICATION 13

Répandage 13

Les enduits superficiels 13
Les petites réparations 15
Pénétrations 16
Imprégnations 16
Enduits de cure 16
Couches d'accrochages 16

Enrobage de matériaux 17

Graves-émulsion 18
Enrobés à froid à l'émulsion 19
Les enrobés coulés à froid et les coulis bitumineux 21
Le traitement ou le retraitement des sols et des matériaux d'apport 21
Le recyclage à froid 22

Autres emplois 22

CONCLUSION 23

BIBLIOGRAPHIE 24

SUMMARY

INTRODUCTION 5

GENERALITIES 7

Definition 7

Manufacturing principles 8

Formulation and uses 10

Ionic nature 10
Binder content 10
Breaking characteristics 11
Viscosity 12
Binder type 12

APPLICATION TECHNIQUES 13

Spraying 13

Surface dressings 13
Minor repairs 15
Penetration 16
Prime coat 16
Curing seals 16
Tack coats 16

Coating of materials 17

Grave-emulsion 18
Emulsion cold mixes 19
Cold micro asphalt concrete and bituminous slurry seals 21
Stabilization or re-stabilization of soils and local materials 21
Cold recycling 22

Miscellaneous applications 22

CONCLUSION 23

BIBLIOGRAPHY 24

INTRODUCTION

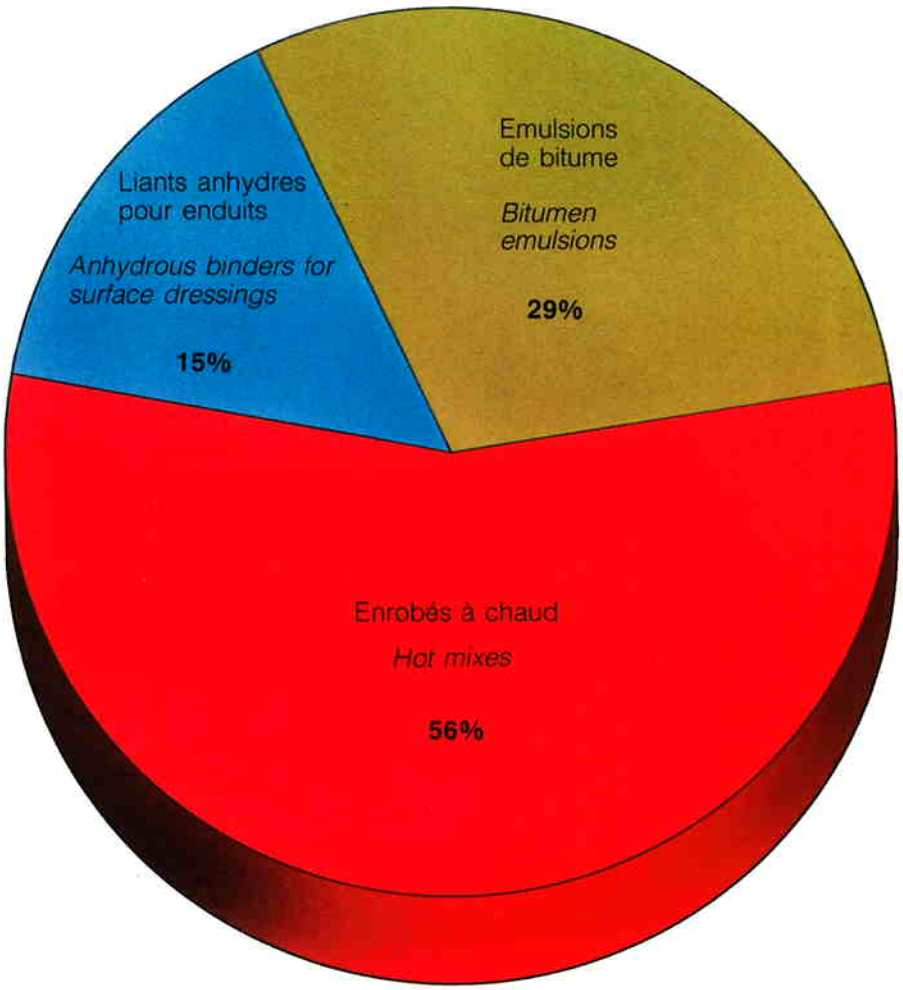
La technique routière française fait largement appel aux émulsions de bitume, c'est ainsi que depuis plusieurs années près de 30% du bitume consommé en FRANCE est transformé en émulsion.

L'émulsion de bitume est, en effet, un matériau de choix pour l'ensemble des travaux routiers; le domaine couvert par ses applications va de la réparation à la construction de chaussées neuves. La possibilité d'agir sur les caractéristiques d'une émulsion permet de l'employer dans des techniques très diverses.

INTRODUCTION

French road-building techniques rely largely on bitumen emulsions and over the past few years almost 30% of bitumen used in FRANCE has been transformed into emulsion.

Bitumen emulsion is in fact a choice material for the majority of roadworks, from repairs to the construction of new pavements. Since their characteristics are versatile, emulsions can be used in a wide variety of techniques.



Utilisation en FRANCE des bitumes routiers.

Use of bitumens on french roads.

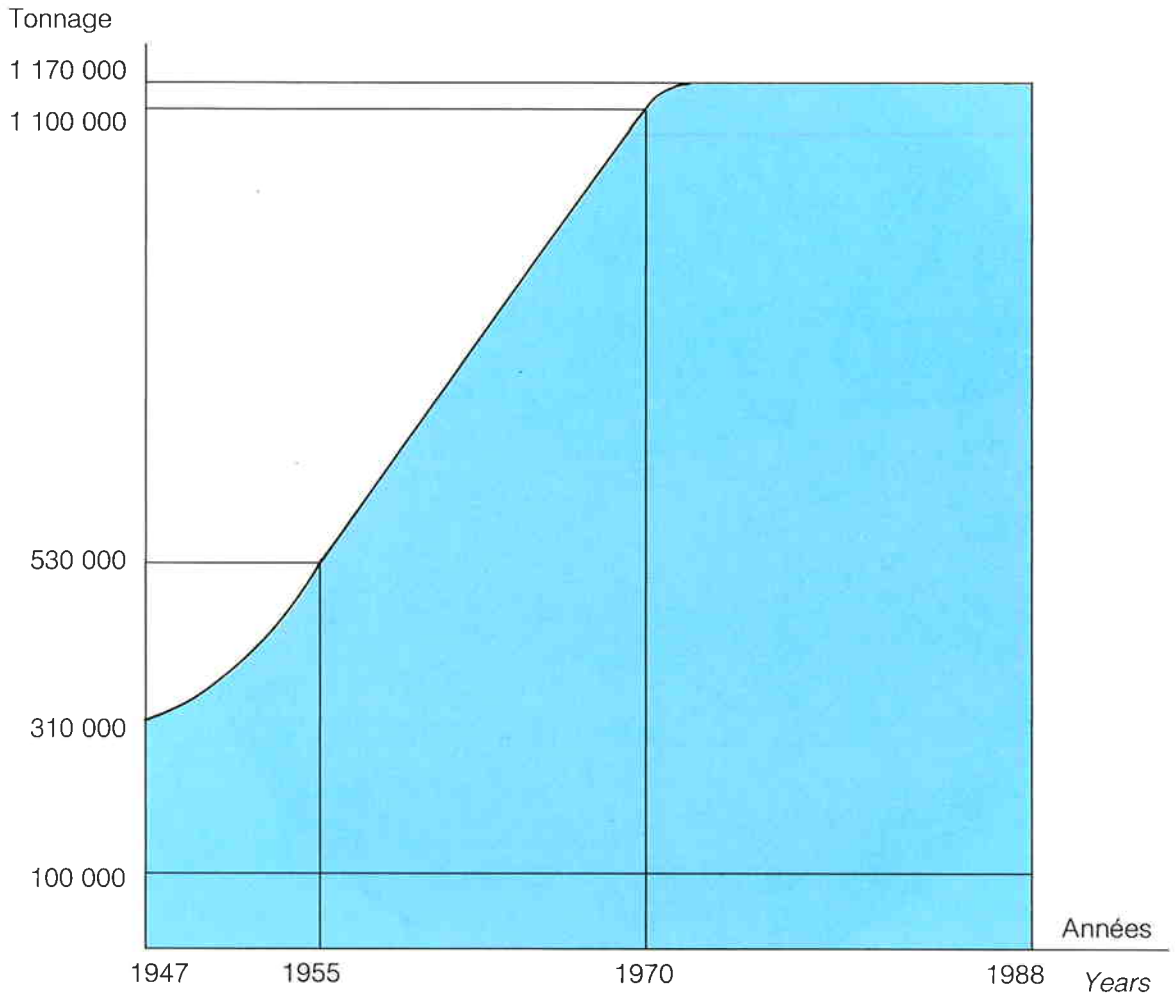
L'émulsion de bitume est utilisée en FRANCE depuis une soixantaine d'années.

A l'origine, les émulsions de bitume fabriquées étaient des émulsions anioniques. Dans le courant des années 1950 les émulsions cationiques sont apparues et se sont progressivement développées. Les émulsions cationiques représentent actuellement la quasi totalité de la consommation des émulsions.
La production de l'émulsion est partagée entre une centaine d'usines réparties dans toute la FRANCE de telle sorte que la distance de transport n'est pratiquement jamais supérieure à 50 kilomètres.

Bitumen emulsions have been used in FRANCE for about sixty years.

The first bitumen emulsions made were of the anionic type. During the 1950s cationic emulsions made their appearance and were progressively developed. Practically all emulsions now used are cationic.

Emulsions are produced in about a hundred factories throughout FRANCE in such a way that transportation distances hardly ever exceed 50 kilometres.



Production d'émulsions en FRANCE.

Emulsion production in FRANCE.

GENERALITES

DEFINITION

Les émulsions sont des dispersions intimes de deux produits insolubles l'un dans l'autre.

Pour les émulsions de bitume la phase dispersée est constituée par le bitume et la phase dispersante est constituée par l'eau additionnée de divers produits (acide ou base, amine ou résine); les globules de bitumes sont tapissés par un film protecteur d'émulsifiant.

Les molécules d'émulsifiant ont une partie apolaire présentant une grande affinité pour le bitume ce qui leur permet de se piquer dans les globules de bitume. La partie polaire émerge dans l'eau et crée en s'ionisant des charges électriques à la surface des particules de bitume. Ces charges électriques étant de même signe, elles forcent les particules de bitume à se repousser par répulsion électrostatique et empêchent donc leur agglomération.

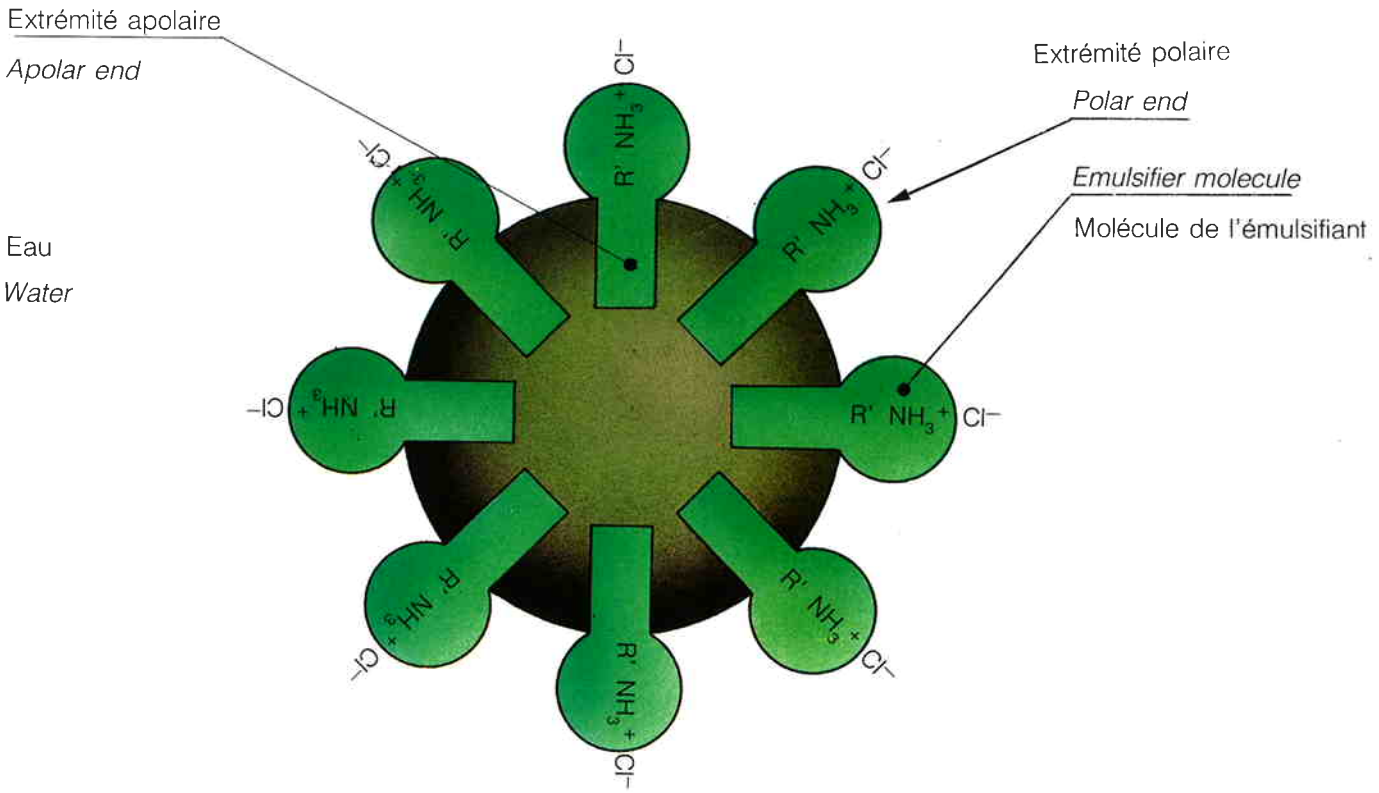
GENERALITIES

DEFINITION

Emulsions are intimate dispersions of two mutually insoluble products.

In bitumen emulsions the disperse phase consists of the bitumen, while the dispersant phase consists of water to which products such as an acid or base, an amine or a resin are added. The bitumen globules are coated with an emulsifying protective film.

The emulsifying agent's molecules non-ionic end have a strong affinity for bitumen and so they are easily stuck into the bitumen globules. The polar end emerges into the water and as it ionizes it creates electrical charges on the surface of the bitumen particles. As these charges are all of the same polarity they force the bitumen particles back by electrostatic repulsion so preventing their buildup.



Globule de bitume (cas de l'émulsion cationique).

Bitumen globule (cationic emulsion).

PRINCIPE DE FABRICATION

Pour fabriquer une émulsion, il faut:
- une énergie,
- un émulsifiant.

L'émulsifiant a un triple but: il abaisse la tension interfaciale entre les deux phases, il stabilise la dispersion, il favorise l'adhésivité du bitume sur les granulats.

La fabrication de l'émulsion a lieu en usine suivant le schéma ci-après.

MANUFACTURING PRINCIPLES

An energy supply and an emulsifying agent are required to make an emulsion.

The emulsifier has three functions:
— To reduce interfacial tension between the two phases.
— To stabilize dispersion.
— To favour bitumen adhesion on the aggregates.

Emulsions are made in factories as illustrated below.

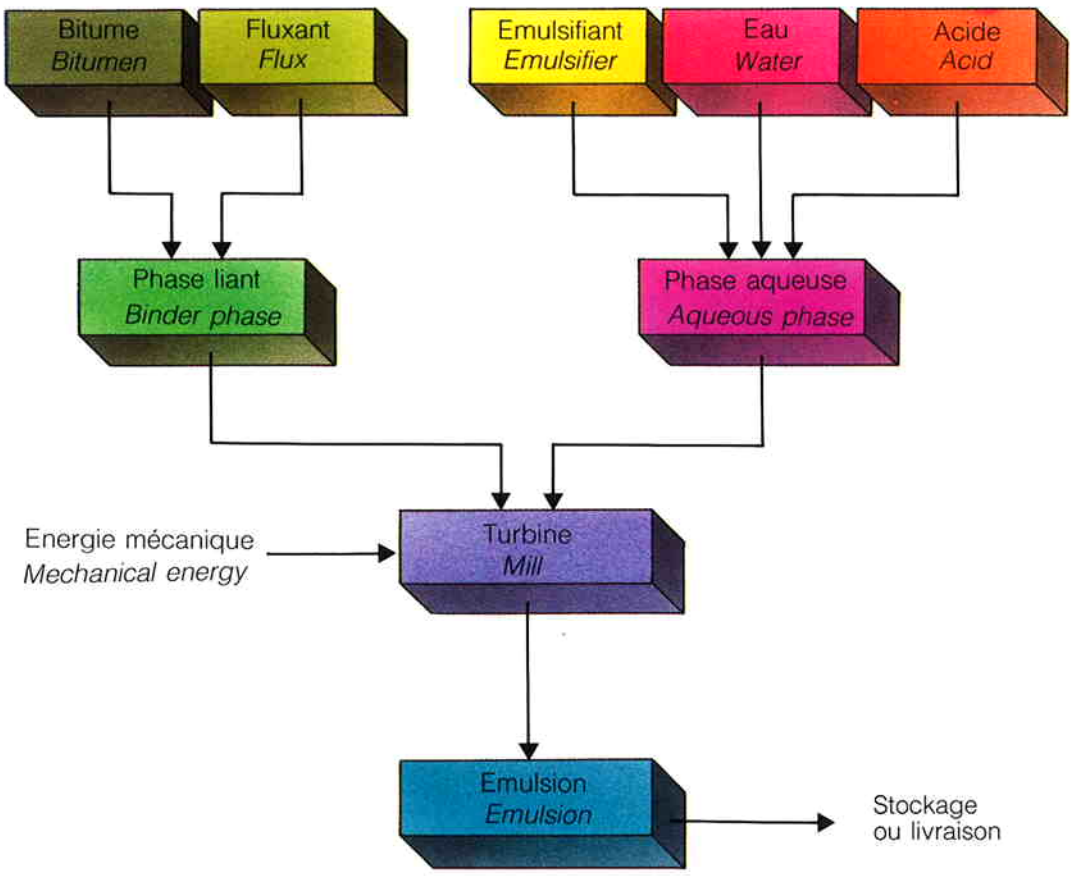


Schéma théorique de fabrication d'une émulsion cationique.

Theoretical diagram of cationic emulsion manufacture.

Usine, vue intérieure.

Factory - inside.

Une usine de fabrication d'émulsion comprend:

- une source de chaleur qui réchauffe un fluide thermique (huile ou vapeur) qui alimente tous les besoins de l'usine. Une usine a été récemment équipée dans le Sud de la FRANCE avec un chauffage solaire; cette expérience a montré qu'il était possible d'économiser 50% de l'énergie précédemment consommée,
- des cuves de stockage de bitume calorifugées et réchauffées (le réchauffage permet d'abaisser la viscosité du bitume),
- des cuves de stockage de fluxant ou de fluidifiant,
- des cuves de stockage d'émulsifs. Dans certaines usines, la phase aqueuse est préparée grâce à une solution mère que l'on dilue avant fabrication,
- un engin de dispersion alimenté soit par des pompes doseuses soit par gravité et équipé de systèmes permettant le dosage de la phase aqueuse et de la phase liant,
- des cuves de stockage de produits finis.

Une usine de fabrication d'émulsion permet de disposer de plusieurs sortes d'émulsions: anioniques ou cationiques de teneurs en bitume différentes, de vitesses de rupture et viscosités différentes, de natures de liant différentes.

An emulsion-producing factory includes :

— a heat source to warm an oil or steam thermal fluid to meet the factory's needs. A factory in the South of FRANCE has recently been fitted with solar heating, showing that energy savings up to 50% are possible.
— insulated, heated bitumen storage tanks (heating lowers bitumen viscosity)
— flux or solvent storage tanks
— emulsifier storage tanks. In some factories the water phase is prepared using a master batch diluted before manufacture,
— a dispersion device driven either by dosage pumps or by gravity, and fitted with systems allowing the water and binder phases to be correctly dosed.
— storage tanks for finished products.

An emulsion factory can produce a variety of emulsions; either anionic or cationic with various bitumen contents, different breaking speeds and viscosities, and a range of different binders.

FORMULATION ET DOMAINE D'EMPLOI

Une émulsion est définie par:
- la nature ionique,
- la teneur en liant,
- le mécanisme de rupture,
- la viscosité,
- la nature du liant.

Nature ionique

La polarité des globules de l'émulsion est déterminée par les caractéristiques de la phase dispersante (nature de l'émulsifiant).

On distingue:
- les émulsions anioniques dans lesquelles les particules de bitume sont chargées d'électricité négative;
- les émulsions cationiques dans lesquelles les particules de bitume sont chargées d'électricité positive.

Teneur en liant

On peut fabriquer des émulsions de diverses teneurs en liant.

Le tableau ci-dessous récapitule les teneurs en liant couramment employées en fonction des utilisations.

FORMULATION AND USES

An emulsion can be defined by its:
- *ionic nature,*
- *binder content,*
- *breaking characteristics,*
- *viscosity,*
- *binder type.*

Ionic nature

Emulsion globule polarity is determined by the characteristics of the dispersant phase, governed by the choice of emulsifier.

Anionic emulsions, whose bitumen particles are negatively charged, can be distinguished from cationic emulsions in which the bitumen particles are positively charged.

Binder Content

Emulsions can be produced with various binder contents.

The following chart shows currently used binder contents depending on use.

TENEUR EN LIANT	UTILISATION
55%	Réparations, imprégations, couches d'accrochage.
60%	Réparations, imprégnations, fabrication d'enrobés ou de graves-émulsion, enrobés coulés à froid et coulis bitumineux, répandages pour enduits superficiels.
65%	Fabrications d'enrobés ou de graves-émulsion, répandages pour enduits superficiels, réparations.
69% et plus	Répandages pour enduits superficiels

BINDER CONTENT	USE
55%	Repairs, prime coats, tack coats.
60%	Repairs, prime coats, cold mixes and grave-emulsion, cold-laid mixes and bituminous slurry seals, surface dressings.
65%	Cold mixes and grave-emulsion, surface dressings.
69% and over	Surface dressings.

Mécanisme de rupture

Il y a rupture d'une émulsion lorsque la phase dispersée se sépare de la phase dispersante. La rupture est provoquée soit par évaporation de la phase dispersante, soit par adhésion des particules de bitume avec les granulats.

Les émulsions anioniques rompent mieux avec les matériaux basiques tels que les calcaires.

Les émulsions cationiques rompent avec les matériaux basiques ou acides, c'est pour cette raison qu'elles sont les plus utilisées.

La rupture peut être plus ou moins rapide et varie avec plusieurs facteurs dont la formulation de l'émulsion comme le montre le tableau ci-dessous.

Vitesse de rupture	
↗	pH émulsion cationique ↗
↘	Viscosité du bitume mis en émulsion ↗

Les émulsions à rupture rapide sont utilisées pour les travaux de répandage et les pénétrations, les émulsions à rupture lente sont utilisées pour les travaux d'enrobage et de stabilisation et pour les imprégnations.

Récemment sont apparues sur le marché des émulsions à rupture contrôlée qui permettent pour les travaux de répandage d'obtenir une rupture encore plus franche qu'avec les émulsions cationiques classiques, donnant une maturation plus rapide de l'enduit et donc des performances améliorées du liant résiduel après rupture.

Breaking process

An emulsion breaks up when the disperse phase is separated from the dispersant phase. The break is caused either by evaporation of the dispersant phase or by the sticking together of the bitumen particles with the aggregate.

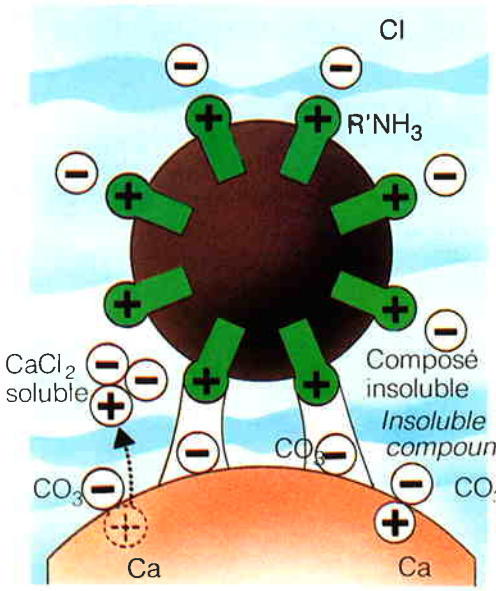
Anionic emulsions break better with basic materials such as limestones.

Since cationic emulsions break with basic or acid materials, they are more commonly used.
Breaking time can vary depending on various factors including emulsion formulation as shown in the following chart.

Breaking speed	
↗	*Cationic emulsion pH* ↗
↘	*Bitumen viscosity in the emulsion.* ↗

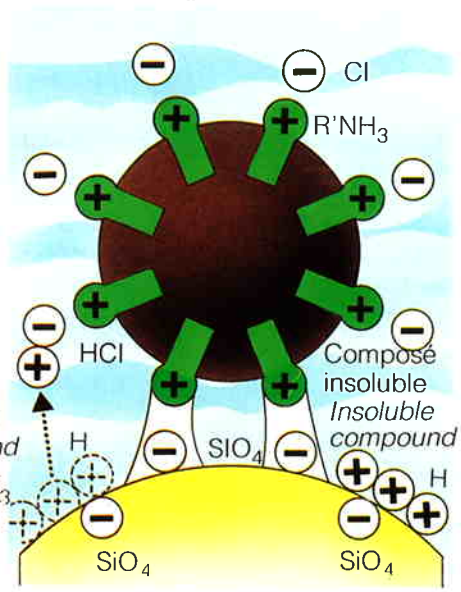
Fast-setting emulsions are used in spraying and penetration work while slow-setting emulsions are used for cold mixes, as well as for stabilization and prime coats.

Recent emulsions that have appeared on the market have controlled breaking that allows cleaner breaking for spraying work than that provided by traditional cationic emulsions, thus leading to swifter maturing of the dressing and so improved performances of the residual binder after breaking.



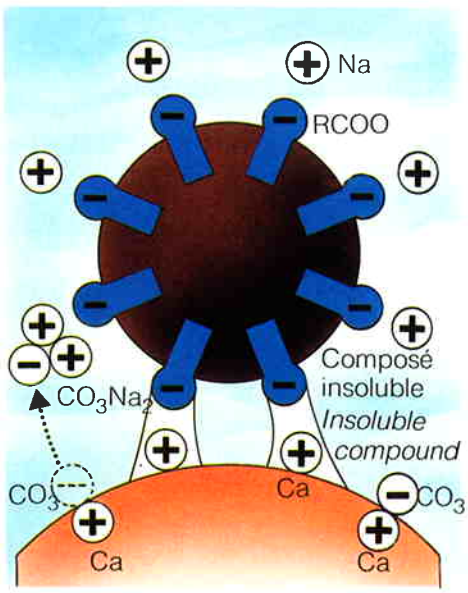
Rupture et adhésion d'une émulsion cationique sur une roche basique.

Breaking and adhesion of a cationic emulsion on basic rock.



Rupture et adhésion d'une émulsion cationique sur une roche acide.

Breaking and adhesion of a cationic emulsion on acid rock.



Rupture et adhésion d'une émulsion anionique sur une roche basique.

Breaking and adhesion of an anionic emulsion on basic rock.

Viscosité

La viscosité de l'émulsion est une caractéristique importante que l'on peut faire varier en jouant sur différents facteurs.

VISCOSITE DE L'EMULSION	
Viscosité de la phase dispersante	↗
Teneur en bitume de l'émulsion	↗
Dimension des particules de bitume	↘

Les plages de viscosité des émulsions et leur domaine d'emploi sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Classe d'émulsion	Fourchette de viscosité exprimée en degré Engler	Domaine d'emploi
Fluide	2° à 6°	Réparations Imprégnations Enrobage - Couches d'accrochage
Semi fluide	6° à 15°	Enrobage. Répandage pour enduits superficiels Réparations
Visqueuse	15° à 30°	Répandage pour enduits superficiels

Nature du liant

En fonction de la technique d'emploi dans laquelle entrera l'émulsion et de la température ambiante prévue au moment de l'application, le liant de base est, soit un bitume pur, soit un bitume fluidifié aux huiles de pétrole ou aux huiles de houille. Comme énoncé ci-dessus, l'un de ces liants peut contenir une certaine quantité de polymères ou d'autres additifs.

Viscosity

An emulsion's viscosity is an important characteristic that can be changed by modifying various factors.

EMULSION VISCOSITY	
Viscosity of the dispersant phase	↗
Bitumen content of the emulsion	↗
Size of the bitumen particles	↘

Emulsion viscosity ranges and their uses are shown in the following table.

Emulsion type	Viscosity range in Engler degrees	Applications
Fluid	2° to 6°	Repairs Prime coats Cold mixes Tack coat
Semi-fluid	6° to 15°	Cold mixes Surface dressing sprays Repairs
Viscous	15° to 30°	Surface dressing sprays

Binder type

Depending on the technique used, together with such factors as the emulsion itself and the ambient temperature, the basic binder is either pure bitumen or a bitumen fluxed with petroleum or tar oils. As has already been described, one of these binders can contain a certain quantity of polymers or other additives.

TECHNIQUES D'APPLICATION

Les émulsions de bitume ont deux types principaux d'utilisation:
- les répandages,
- les enrobages de matériaux.

REPANDAGE

L'émulsion de bitume est parfaitement adaptée pour effectuer des travaux de répandage grâce à sa faible viscosité qui permet le répandage sans chauffage.
Les travaux de répandage les plus couramment effectués en FRANCE avec l'émulsion de bitume sont les suivants:
- enduits superficiels,
- emplois partiels d'entretien,
- imprégnations,
- pénétrations,
- enduits de cure,
- couches d'accrochage.

Les enduits superficiels

Les enduits superficiels permettent d'imperméabiliser les chaussées et d'accroître les caractéristiques de rugosité.

Cette technique consiste à répandre un film de liant sur la chaussée suivi d'un gravillonnage.
Les émulsions de bitume sont largement utilisées en FRANCE pour l'exécution des enduits superficiels et représentent environ la moitié du tonnage total répandu.

APPLICATION TECHNIQUES

Bitumen emulsions have two main usages:
— Sprays.
— Coating of materials.

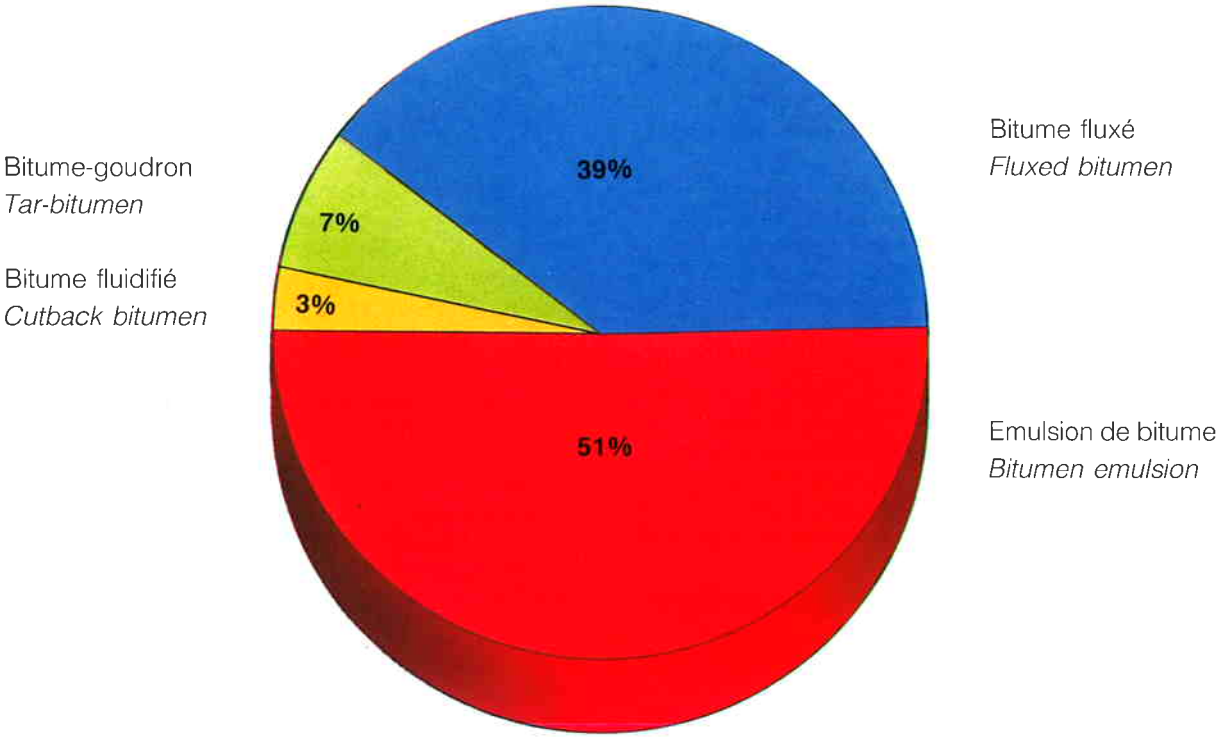
SPRAYING

Due to their low viscosity, bitumen emulsions can be applied without heat and are thus ideally suited to spraying work.
The most common spraying operations carried out in FRANCE are:
- *surface dressings,*
- *patch working,*
- *penetration,*
- *prime coats,*
- *curing seals,*
- *tack coats.*

Surface Dressings

Surface dressings allow road surfaces to be waterproofed, while anti skid characteristics are improved.

This technique consists of spraying a binder film on the road surface, followed by chippings.
Bitumen emulsions are widely used in FRANCE for surface dressings and represent around an half of the total tonnage sprayed.



Répartition de la consommation du bitume utilisé en enduits superficiels.

Breakdown of bitumen consumption used in surface dressings.

Les dosages des différents constituants figurant dans la Directive sont indiqués dans le tableau ci-dessous. Ils représentent le volume théorique nécessaire pour accrocher des granulats types sur un support idéal (non ressuant et non absorbant). Il convient de moduler ces valeurs en fonction de l'état réel du support et de la nature des granulats.

Proportions of the different constituents described in the Directive are shown in the following table. They represent the theoretical volume necessary to attach the aggregate to an ideal, non-bleeding (non fatting-up), and non-absorbent support. These values then have only to be modified to suit actual support conditions and aggregate types.

Liants et granulats *Binders and aggregates*	Emulsion de bitume *Bitumen emulsion*				Granulats (litres/m²) *Aggregates (liters per m²)*	
	à 65% (kg/m²) *at 65% (kg per m²)*		à 69% (kg/m²) *at 69% (kg per m²)*			
	10/14 4/6	6/10 2/4	10/14 4/6	6/10 2/4	10/14 4/6	6/10 2/4
1ere couche *First seal*	1,100	1,000	1,000	0,900	10 à 11	8 à 9
2e couche *Second seal*	1,500	1,300	1,300	1,200	6 à 7	5 à 6
TOTAL *TOTAL*	2,600	2,300	2,300	2,100		

Quand on utilise une émulsion de bitume, on réalise de préférence des structures bicouches, celles-ci ayant un meilleur comportement au jeune âge. Ces structures sont bien adaptées à une circulation importante.
Toutefois, les enduits réalisés avec des émulsions à rupture contrôlée sont le plus souvent en structures monocouche, monocouche double gravillonnage ou "sandwich" (granulat-liant-granulat).
L'émulsion employée en enduits superficiels apporte des avantages certains:
- son répandage peut être effectué avec pratiquement tous les types de matériels; on peut en particulier la répandre sous pression d'air ce qui est impossible avec les liants hydrocarbonés anhydres en raison des risques d'explosion,
- les travaux peuvent être effectués lors des périodes humides et la chaussée peut être légèrement mouillée,
- l'adhésivité du liant avec les granulats est améliorée du fait de l'émulsifiant qui se comporte comme un dope d'adhésivité et qui vient s'intercaler à l'interface liant-granulat.

En FRANCE, les enduits à l'émulsion sont toujours réalisés à l'aide d'émulsions cationiques. Signalons l'emploi sur chaussées à fort trafic, d'émulsions de bitume modifié par ajout de polymères. Ces émulsions sont obtenues soit par mise en émulsion de bitume modifié par adjonction de polymères, soit par ajout de latex à une émulsion classique (le latex est une émulsion naturelle ou artificielle de polymère en phase aqueuse).

L'emploi d'émulsions de bitume modifié par les polymères permet la réalisation d'enduits superficiels améliorés pour le domaine d'emploi des chaussées à fort trafic. Ces émulsions peuvent être :
- de type bi-phase dont le principe consiste à mélanger dans un homogénéiseur adapté, un bitume, un émulsifiant et du latex,

Bitumen emulsions should preferably be used for double course surface dressings as these have better behaviour characteristics than single seal when young and are well-suited to heavy traffic loads.

However, all surface dressings realized using a controlled break-down emulsion are in most cases single seals racked in structures, or in sandwich structures (aggregates, binder, aggregates).

When emulsion is used in surface dressings there are undeniable advantages :
- *spraying can be carried out with practically all types of materials. In particular it can be sprayed using air pressure which is impossible using anhydrous hydrocarbon binders due to the risk of explosions,*
- *roadworks can be carried out in humid conditions, and the road surface can be slightly wet,*
- *binder and aggregate adhesion is improved because the emulsifier behaves like an adhesive agent acting between the binder/aggregate interface.*

Emulsion dressings are always made in FRANCE using cationic emulsions.
We should like to underline the use of bitumens modified by the addition of polymers on heavy traffic roads. These emulsions are produced either by making an emulsion of bitumen modified by the addition of polymers, or by adding latex to a traditional emulsion (latex is a natural or artificial polymer emulsion in water phase).

The use of emulsions modified by polymers allows improved surface dressings to be made for dense traffic conditions. These emulsions can be:
- *double phase types: the principle is to mix bitumen, emulsifier and latex in a suitable homogenizer,*

Enduit superficiel

Surface Dressing.

- de type monophase qui consiste à mettre en émulsion un bitume préalablement modifié par des polymères.

Les enduits superficiels améliorés réalisés à partir de ces émulsions de bitume modifié peuvent l'être avec des structures soit monocouche, soit monocouche double gravillonnage, soit ''sandwich'' (granulat-liant-granulat).

Les petites réparations

Cette technique est très largement répandue en FRANCE. Les réparations sont effectuées à l'aide d'un matériel léger et d'équipes de 4 à 7 ouvriers. Le matériel utilisé est constitué d'un véhicule porteur d'une citerne à émulsion de 1.000 à 3.000 litres et de bacs à gravillons.

- single phase types: bitumen previously modified by polymers is put in emulsion.

Improved surface dressings made from these modified bitumen emulsions can be used for single course, racked in surface dressing, or sandwich (chipping-binder-chipping).

Minor repairs

This technique is very common in FRANCE. Tanker lorries with a capacity of from 1,000 to 3,000 litres (220 to 660 gallons) of emulsion, aggregate containers and a team of 4 to 7 are used for this type of work.

Petites réparations

Minor Repairs.

La réparation est effectuée en pulvérisant du liant sur la partie défectueuse; après cette pulvérisation on épand des granulats. Dans le cas de réparations profondes, on intercale plusieurs couches de liant et de granulats. Les matériaux utilisés sont généralement des matériaux de classes granulaires 2/4, 4/6 et 6/10.
Cette technique permet de traiter les dégradations profondes ou superficielles. Les réparations présentent l'avantage de rendre une bonne imperméabilité à la chaussée ainsi réparée.

Pénétrations

Cette technique consiste à stabiliser un empierrement à l'aide d'une émulsion. Après cylindrage de la couche réalisée (en pierre 20/40 par exemple), on répand 3 à 5 kilogrammes/m² d'émulsion de bitume et l'on effectue un enduit superficiel tricouche afin d'assurer la fermeture. Les pénétrations sont utilisées sur les voies à faible trafic et permettent de réaliser des couches de base et de roulement ainsi que des renforcements. Les épaisseurs des couches réalisées varient de 5 à 10 centimètres.

Imprégnations

L'imprégnation a pour but de stabiliser la partie supérieure d'une assise constituée de grave non traitée. Cette opération permet d'améliorer le transfert des efforts mécaniques entre la couche de roulement et l'assise; par ailleurs la surface de celle-ci se trouve ainsi imperméabilisée et rendue hydrophobe.

L'émulsion à utiliser doit être une émulsion surstabilisée à très faible vitesse de rupture; elle est à base de bitume pur de teneur égale à 60% ou 65%. Le dosage en émulsion varie de 2 à 2,5 kg/m². Si cela est nécessaire, l'émulsion est diluée.

Enduits de cure

Le but d'un enduit de cure est d'imperméabiliser la surface de graves traitées aux liants hydrauliques et d'empêcher la dessication des centimètres supérieurs. L'émulsion est parfaitement adaptée à cet emploi car elle seule permet la réalisation d'un film très mince de bitume résiduel, ce qui est difficile à réaliser avec des liants anhydres. Il est possible de faire des couches de cure-imprégnation pour éviter la formation d'une "peau".

Couches d'accrochage

On emploie également les émulsions pour la réalisation des couches d'accrochage. Ces couches d'accrochage assurent une meilleure liaison entre un support et une couche de béton bitumineux. Elles sont souvent préconisées à 50% voire 40%, les anciennes répandeuses n'étant pas toujours capables de répandre moins de 0,8 - 0,9 kg/m².

Repairs are carried out by spraying binder on the damaged area, and then the aggregate is spread. For deeper repairs several layers of binder and aggregate are applied. The materials used are generally graded 2/4, 4/6 and 6/10.
With this technique both shallow and deep deteriorations can be dealt with. Road surfaces thus repaired have the advantage of good impermeability.

Penetration

This technique consists of stabilizing a well graded aggregate surface using an emulsion. After covering with 20/40 stone for example, then rolling, 3 to 5 kilogrammes per m² of bitumen emulsion are then sprayed and a triple layer surface dressing is applied to ensure closure of cracks. Penetration is used on light traffic surfaces and is thus suitable both for road bases and for strengthening. Layer thicknesses vary from 5 to 10 centimetres.

Prime coats

The object of prime coating is to stabilize the top part of a road structure course made of unbound aggregates so as to better transfer mechanical stresses from the wearing course to the structure course. In addition the structure course becomes impermeable and hydrophobic.

The emulsion to use should be one that has a bitumen content of 60% to 65% and is thus highly stable and has a very slow breaking speed. Emulsion dosages should be from 2 to 2.5 kg per m². If necessary the emulsion should be diluted.

Curing seals

The object of a curing seal is to waterproof the surface of granular materials bound with hydraulic binders and to prevent desiccation of the upper layers. Emulsions are very suited to this use because they are the only effective way to produce a very thin film of residual bitumen; this is extremely difficult to produce using anhydrous binders. It is possible to produce impregnation treatment seals to avoid the formation of a "skin".

Tack coats

Emulsions are also used for tack coats. These coats ensure better adhesion between a base course and a bitumen concrete layer. They are often recommended at 50%, or even 40% because older sprayers are not always able to spray less than 0.8 to 0.9 kg per m².

ENROBAGE DE MATERIAUX

L'emploi des émulsions de bitume dans le domaine de l'enrobage des matériaux permet de réaliser des économies importantes; en effet l'enrobage s'effectue à froid et ne nécessite donc pas de chauffage; les matériels nécessaires à l'enrobage des matériaux sont rustiques et moins coûteux que les matériels d'enrobage à chaud.

Les domaines d'emploi des mélanges à froid à base d'émulsions de bitume pour la plupart, ne sont pas les mêmes que ceux des mélanges à chaud. Les deux catégories de matériaux n'ont d'ailleurs pas le même comportement sous les charges.

Les techniques d'enrobage de matériaux avec de l'émulsion de bitume sont:
- les graves-émulsions ou enrobés denses pour couche de base,
- les enrobés ouverts à froid à l'émulsion,
- les enrobés coulés à froid et les coulis bitumineux,
- le traitement ou le retraitement des sols et matériaux d'apport,
- le recyclage à froid.

COATING OF MATERIALS

Considerable savings result from using bitumen emulsions when coating materials because the coating is carried out cold. No heating is therefore necessary. In addition the materials used are easily found and cost less than for hot-mixes materials.

Uses for cold mixes primarily based on bitumen emulsions are not the same as those for hot mixes. These two categories do not, moreover, behave in the same way under loads.

Mixing techniques for materials using bitumen emulsions are:
- *Grave-emulsion or cold dense graded mixes for base courses*
- *Emulsion cold open graded mixes*
- *Cold Micro asphalt concrete (Cold MAC) and bituminous slurry seals*
- *Stabilization or re-stabilization of soils and local materials*
- *Cold recycling.*

Grave-émulsion. Chantier de mise en œuvre.

Grave-emulsion.

Graves-émulsion

L'emploi de la grave-émulsion fait l'objet d'une Directive SETRA-LCPC.

Les graves-émulsion sont utilisées en FRANCE pour:
- le reprofilage avant réalisation des couches de surface,
- le rechargement-renforcement des chaussées anciennes,
- la constitution de couches de base pour chaussées à trafic faible ou moyen,
- la constitution de couche anti-remontée de fissures entre une assise stabilisée avec un liant hydraulique et une couche de roulement en enrobés.

Les granulats employés ont une granularité continue (généralement 0/20) ce qui permet une mise en oeuvre facile.

Les émulsions employées sont des émulsions cationiques fluides à rupture lente qui doivent être adaptées à la nature minéralogique des granulats. La fabrication des graves-émulsion s'effectue le plus souvent en centrale et notamment dans des centrales très mobiles.

La mise en oeuvre est assurée soit à la niveleuse, soit à l'aide d'un finisseur. L'atelier de compactage généralement utilisé est composé de cylindres vibrants et de compacteurs à pneus.

La grande maniabilité de la grave-émulsion en fait un matériau parfaitement adapté aux reprofilages de chaussées avant réalisation de couches de surface. Il est en effet, parfaitement possible de mettre en oeuvre des couches minces de graves-émulsion dans la mesure où elles sont recouvertes d'une couche de roulement.

Les graves-émulsion peuvent également être fabriquées en place à l'aide de matériel mobile spécifique assurant à la fois la fabrication et la mise en œuvre. On peut aussi les fabriquer à partir de niveleuses et de répandeuses; ce type de fabrication ne permet cependant pas d'assurer une bonne homogénéité du mélange.

Grave-emulsion

The use of gravel-emulsion mixes has been described in a SETRA (the French Technical Road Study Planning Department) and LCPC (Central Bridges and Highways Laboratory) Directive.

Grave-emulsion are used in FRANCE for:
- *reshaping before laying wearing courses,*
- *overlaying and strengthening old pavements,*
- *making base courses for pavement bearing light to medium traffic usage surfaces,*
- *making binder courses over a base course stabilized with a hydraulic binder, to prevent cracks from rising through a bituminous concrete wearing courses.*

The aggregates used are evenly graded (generally 0/20) thus making for easy working.

The emulsions used are of the slow-setting liquid cationic type which must be suited to the mineralogical nature of the aggregates. Grave-emulsion are generally produced in mixing plants and particularly in very mobile units.

Laying is carried out either by a grader or a paver. The compaction equipment generally used consists of vibrating rollers and tyred compactors.

Grave-emulsion are easy to handle and so are ideally suited for reshaping road pavements before resurfacing. It is in fact perfectly possible to apply thin grave-emulsion layers providing they are then covered with a wearing course.

Grave-emulsion can also be produced on-site using special mobile equipment which both manufactures and applies. They can be made too using graders and sprayers, but this type of fabrication does not produce very even mixing.

Enrobés à froid à l'émulsion

Les enrobés à l'émulsion ont plusieurs types d'utilisation:
- la réalisation de réparations localisées,
- le reprofilage de chaussées,
- la réalisation de couches de surface.

Les enrobés à froid peuvent être stockables ou non stockables. Ils sont, en général, fabriqués en centrales ou en matériel mobile spécifique. Ces matériels sont simples, le coût d'investissement est minime. On peut fabriquer des enrobés stockables avec des bétonnières ordinaires. Pour les réparations localisées, une simple bétonnière de maçon peut être utilisée.

Ils sont réalisés à partir de granulats d'une, deux ou trois classes granulaires et ne comportent que très peu de fines.

L'émulsion d'enrobage est fabriquée à partir de bitumes fluidifiés aux huiles pétrole ou aux huiles de houille afin que la maniabilité des enrobés reste bonne dans le temps. Les enrobés peuvent être stockés pendant une durée de deux à trois mois.

Les réparations localisées sont exécutées manuellement. Les enrobés à froid permettent de réparer rapidement les dégradations et donc de résoudre les problèmes de sécurité des usagers.

Emulsion cold mixes

Cold mixes have several uses; they are used to:
- *carry out localized repairs,*
- *reshape road surfaces,*
- *produce wearing courses.*

Cold mixes can be storable or not. They are usually made in mixing plants or in specialized mobile equipment which is simple and inexpensive. Storable mixes can be made with standard concrete mixers. For local repairs an ordinary bricklayer's concrete mixer can be used.

Cold mixes are produced from one, two or three aggregate grades and contain very few fines.

Emulsions for mixes are made from petroleum or tar oil fluxed bitumens so that the mixes' handling qualities remain good for a long time. These mixes can be stored for two to three months.

Localized repairs are carried out by hand. Cold mixes allow surface deterioration to be repaired swiftly thereby solving users' safety problems.

Centrale de fabrication.

Mixing plants.

Il est recommandé d'assurer le compactage de l'enrobé à froid à l'aide de petits cylindres vibrants afin d'augmenter la durée de vie de la réparation.

Les travaux de reprofilage et la réalisation des couches de surface en enrobés à froid se font en général à la niveleuse et plus rarement au finisseur. Il est indispensable de bien compacter les enrobés à froid au cylindre vibrant. Les enrobés à froid nécessitent un enduit de fermeture car leur formule granulométrique est le plus souvent "ouverte". Ce type de matériaux convient bien à des supports déformables.

Ajoutons qu'ils permettent de réaliser des économies importantes d'énergie lors de leur fabrication et de leur mise en oeuvre.

Le tableau ci-dessous publié dans les Annales du colloque "La Route et l'Energie" donne un exemple comparatif de consommation d'énergie nécessaire à la fabrication et à la mise en oeuvre d'une tonne d'enrobés à chaud et d'une tonne d'enrobés à froid.

Il est également possible de fabriquer des enrobés denses à froid.

It is recommended that the cold mixes be compacted by small vibrating rollers so as to lengthen the life of the repair.

Reshaping work and cold mixed wearing courses are generally done with a grader or, less usually, with a paver. It is essential to thoroughly compact the cold mixes with a vibrating roller. Cold mixes require a sealing coat because their grading curve is most often "open". This type of material is suitable for supports liable to settle.

It should be added that their use produces useful energy savings both in manufacture and in application.

The following table was published in the Minutes of the "Roads and Energy" Conference and shows a comparative example of energy consumption necessary to make and apply one tonne of hot mix asphalt, and one tonne of cold mixes.

It is also possible to manufacture cold dense graded mixes.

	Enrobé à chaud *Hot mixing*	Enrobé à froid *Cold mixing*
Fabrication de l'émulsion *Emulsion manufacture*	0	96 th/t x 0,094
Transport de l'émulsion *Emulsion transport*	0	40 x 0,34 th/t x 0,094
Sous-total *Sub-total*	= **0**	= **10,30 th/t**
Fabrication et mise en œuvre de l'enrobé *Manufacture and application of the mix*	95 th/t x 1 = 95 th/t	25 th/t x 1,038 = 25,95 th/t
Transport de l'enrobé *Transport of the mix*	10 x 0,51 th/t x 1 = 5,1 th/t	10 x 0,51 th/t x 1,038 = 5,29 th/t
TOTAL (th/t)	= **100,1 th/t**	= **41,54 th/t**

Les enrobés coulés à froid et les coulis bitumineux

En FRANCE, on distingue:
- les enrobés coulés à froid de granularité maximale supérieure ou égale à 4 mm,
- les coulis bitumineux de granularité maximale inférieure à 4 mm.

Ces produits sont fabriqués sur les lieux d'application grâce à des matériels qui transportent les constituants (eau, émulsion, additifs, granulats), fabriquent et appliquent le mélange.

Deux catégories de machines sont utilisées: les machines classiques du type à alimentation discontinue et les machines à chargement frontal avec alimentation continue conçues pour l'application à grand rendement.

La réaction de l'émulsion au contact des matériaux, de l'air et de l'énergie mécanique au cours du malaxage permet d'obtenir un "mélange bitumineux" de bonne adhésivité. Ces mélanges sont appliqués en couches très minces, en général sans compactage.

Lorsque ces procédés sont appliqués sur les routes en rase campagne, les granulats utilisés sont généralement de granularité plus forte (0/10) qu'en milieu urbain où l'on utilise plutôt des granularités 0/6. Ces procédés permettent de redonner une bonne rugosité à la chaussée tout en assurant un léger reprofilage. La mise en oeuvre de 2 couches permet d'obtenir un meilleur reprofilage.

Cette technique nécessite cependant un savoir-faire certain et une bonne adéquation de l'émulsion au granulat.

Cold micro asphalt concrete and bituminous slurry seals

In FRANCE we distinguish between:
- *cold micro asphalt concrete (Cold MAC) mixes with maximum stone size equal to, or more than 4 mm,*
- *bituminous slurry seals with maximum stone size of under 4 mm.*

These products are made on site thanks to machines that transport the constituents (water, emulsion, additives, aggregates), and that make and apply the mixture.

Two types of machine are used:
- *traditional machines for intermittent work,*
- *front-loading machines for continuous, heavy duty work.*

The reaction of the emulsion in contact with the different materials, the air and the mechanical energy used during mixing leads to a "bituminous mixture" with good adhesion qualities. These mixtures are applied in very thin layers, generally without compacting.

When these procedures are applied to rural roads, the graded aggregates are usually bigger - 0/10 - than in urban areas where the preferred grading is 0/6.

These procedures produce good surface roughness while at the same time ensuring slight reshaping. The application of two coats gives better reshaping.

This technique requires, however, confirmed know-how and compatible choice of emulsion and aggregate.

Le traitement ou le retraitement des sols et des matériaux d'apport

Les caractéristiques des sols et des matériaux d'apport ont parfois besoin d'être améliorées: diminution de la perméabilité, de la sensibilité de l'eau, augmentation de la cohésion et des résistances mécaniques.

Seuls les sols contenant une proportion notable d'argile ou de limon ne peuvent recevoir un tel traitement.

La formulation de l'émulsion, le bitume de base, le dosage en liant résiduel, la méthode d'études, sont choisis en fonction des caractéristiques du matériau (sol fin, sol naturel graveleux, grave).

La mise en oeuvre est réalisée selon les cas, avec des ateliers composés d'engins non spécialisés (charrue à disques, herse, rotavator, niveleuse) ou avec des ateliers comportant des engins de mélange type pulvimixer ou des malaxeurs en marche incorporant eux-mêmes l'eau et l'émulsion. Le traitement peut également s'effectuer dans une centrale à grave-émulsion, le matériau étant ensuite épandu à la niveleuse ou au finisseur.

Le recyclage à froid

Le recyclage des enrobés vieillis constituant des couches de surface ou des couches de base de chaussées a pour but de redonner à ces enrobés leurs caractéristiques initiales par régénération de leur liant de base.

L'émulsion de bitume permet de réaliser à froid cette opération. Le liant est introduit après fraisage de la chaussée, soit en centrale de type "grave-émulsion", soit en place à l'aide d'un travel plant. Un compactage termine la mise en oeuvre.

L'émulsion doit être formulée de façon que la dispersion soit bonne et l'enrobage correct. La vitesse de rupture recherchée doit être compatible avec le rythme et les caractéristiques du chantier.

The stabilization or re-stabilization of soils and locally found materials

The characteristics of soils and local materials sometimes need to be improved, for example by reducing permeability and general water sensitivity, and by increasing cohesion and mechanical resistance.

The only soils not suitable for such treatment are those containing a high proportion of clay or silt.

Depending on the characteristics of the soil (fine, normal, gravelly), the emulsion is formulated, the residual binder dosage and the study methods are decided.

Application is carried out case by case using either non specialist equipment such as disc ploughs, harrows, rotary cultivators, graders, or else special mixing machines of the "pulvimixer" type or mobile mixers that contain water and emulsion. This treatment can also be carried out in mixing unit designed for grave-emulsion, the material being subsequently laid with a grader or a paver.

Cold recycling

The object of recycling old asphalt wearing courses or bases courses is to give these mixes their original characteristics by restoration of their basic binder.

This operation can be carried out cold using bitumen emulsions. After milling the road material, the binder is introduced either in an asphalt plant or in a travel plant. The job is completed by compaction.

The emulsion must be formulated in such a way that dispersion and coating are good. The breaking speed sought must be compatible with the progress speed and the characteristics of the site.

AUTRES EMPLOIS

Les émulsions de bitume sont employées pour d'autres techniques, par exemple:
- la régénération des couches de surface par répandage d'émulsions adaptées,
- les protections de talus; l'émulsion est répandue sur une couche de végétaux afin de stabiliser les pentes et d'accélérer la germination,
- l'imperméabilisation des berges de canaux ou de retenues d'eau.

MISCELLANEOUS APPLICATIONS

Bitumen emulsions are used in other techniques such as:
- *restoration of surface layers by spraying suitable emulsions,*
- *protecting banks; the emulsion is sprayed on grassy slopes so as to stabilize the slopes and accelerate germination,*
- *impermeabilizing canal banks or other water retaining banks.*

CONCLUSION

CONCLUSION

La fabrication des émulsions fait appel à des techniques et des procédés spécifiques. Ils doivent être scrupuleusement respectés, de même que les spécifications des matières premières. La qualité des usines et le souci d'un contrôle technique permanent permettront en effet de garantir la qualité et la régularité des émulsions produites.

De même, la mise en œuvre de l'émulsion, que ce soit pour répandage ou enrobage, doit se conformer à des règles et des technologies définies et contrôlées.

Dans ces conditions, l'émulsion de bitume apporte, pratiquement dans tous les cas, une solution aux problèmes routiers, particulièrement sur les chaussées à trafic faible ou moyen. La mise en œuvre à basse température et la simplicité des matériels utilisés rendent son emploi économique.

C'est donc un liant offrant une grande souplesse et une grande sécurité d'emploi.

Emulsion making requires specific techniques and procedures that must be scrupulously respected, as must the raw material specifications. Quality standards in manufacturing plants together with permanent technical control mean the quality and constancy of emulsions produced can be guaranteed.

In the same way the application of an emulsion, whether sprayed or mixed, must respect predefined and checkable rules and technologies.

In these conditions bitumen emulsions offer, in almost every case, a solution to road problems; especially for light or medium traffic density roadways. Application at low temperatures together with the simple equipment used means useful savings.

Bitumen emulsions are thus binders that combine flexible working with a high level of safety.

Chantier de retraitement des sols.

Re-stabilization of soils.

BIBLIOGRAPHIE

- Marchés Publics de Travaux
  Cahier des Clauses Techniques Générales
  - Fascicule N° 24 : Fournitures de liants hydrocarbonés
  - Fascicule N° 25 : Exécution des corps de chaussées
  - Fascicule N° 26 : Exécution des enduits superficiels
  - Fascicule N° 27 : Fabrication et mise en œuvre des enrobés

- Directives de la Direction des Routes et de la Circulation Routière (réalisées et diffusées par le SETRA et le LCPC)
  - Réalisation des enduits superficiels
  - Réalisation des assises de chaussées en grave-émulsion

- Normes AFNOR
  - NF T 65 000
  - NF T 65 011
  - NF T 66.016 à 66.024

- Les émulsions de bitumes et leurs applications routières (1976) publié par le SFERB

- Les émulsions de bitume - Généralités et applications publié par le SFERB

- Bulletin de Liaison du LCPC - Spécial W (Juin 1974)

- L'entretien courant des chaussées - Guide pratique (Février 1987) - SETRA

- Note d'information sur les enduits sandwichs

BIBLIOGRAPHY

- *These documents are only available in French.*
  Public roadwork markets
  - *Section 24 : Supplies of hydrocerbon binders*
  - *Section 25 : Making road foundations*
  - *Section 26 : Using surface dressings*
  - *Section 27 : Making and using coatings*

- *The road and Traffic Management's Directives (drawn up and distributed by SETRA and LCPC)*
  - *Making surface dressings*
  - *Making structure courses with gravel-emulsion mixes*

- *AFNOR (the French industry standards association) norms*
  - *NFT 65000*
  - *NFT 65111*
  - *NFT 65016 to NFT 65024*

- *Bitumen emulsions and their use on roads (1976), published by SFERB (Association of Bitumen Emulsions for Roads Manufacturers).*

- *Bitumen emulsions: Generalities and uses (1989), published by SFERB.*

- *The Central Bridges and Highways Laboratory (LCPC) liaison Bulletin: Special W (June 1974)*

- *Everyday Highway Maintenance - a practical guide (February 1987) - SETRA*

- *Information booklet - "sandwich" dressing*

L'**ISTED** est un organisme à but non lucratif regroupant de grands établissements scientifiques et techniques français en vue de concourir à l'effort international de transfert de technologie au moyen d'actions conjointes de coopération dans les domaines de la recherche et de la diffusion de l'information scientifique et technique dans les secteurs de l'Equipement et de l'Environnement (construction, habitat, urbanisme, aménagement, génie civil et urbain, transports, routes et ouvrages d'art, ports, aéroports, sciences de la Terre et cartographie, eau et assainissement, lutte contre les pollutions...)

A ce titre, l'**ISTED** est un point d'entrée dans le réseau des organismes spécialisés français. Il s'offre à recueillir toute demande de renseignements, de coopération ou d'intervention en provenance de l'étranger et à l'orienter vers le ou les organismes les plus aptes à y satisfaire ou à constituer, à leur demande, un groupement spécifique.

***ISTED** is a non-profit organization fostering technology transfer through mutual cooperation in research, training and the dissemination of scientific and technical information. Members include major French scientific and technical bodies whose aims include contributions to the international technology transfer effort. ISTED's prime fields of activity are Public Works and the Environment, including: construction, housing, town planning, regional development & planning, civil & urban engineering, transportation, highway engineering, ports, airports, earth sciences and cartography, water management (including reticulated water, sewerage and drainage), pollution control, etc.*

In these areas, ISTED acts as a point of entry into the network of French specialist organizations. It welcomes all requests for information, cooperation or assistance from abroad, then passes such requests on to the appropriate organization or, when necessary, forms a specific grouping.

ORGANISMES MEMBRES / *MEMBERS*

BCEOM, Société Française d'Ingénierie
BRGM - Bureau de Recherches Géologiques et Minières
C3D - Caisse des Dépôts-Développement
CEBTP - Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics
CETE - (Réseau des) Centres d'Etudes Techniques de l'Equipement
CETUR - Centre d'Etudes des Transports Urbains
CSTB - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
ENPC - Ecole Nationale des Ponts et Chaussées
ENTE - Ecole Nationale des Techniciens de l'Equipement
ENTPE - Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat
IAURIF - Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région d' Ile de France
IGN - Institut Géographique National
INRETS - Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité
LCPC - Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
ORSTOM - Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération
PLAN URBAIN
SETRA - Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes
STU - Service Technique de l'Urbanisme
USAP - Union des Sociétés Françaises d'Autoroutes à Péages
UTC - Université de Technologie de Compiègne

ORGANISMES CORRESPONDANTS / *CORRESPONDENTS*

ADP
AFT
CETU - Centre d'Etudes des Tunnels
COCHERY BOURDIN CHAUSSE
COFIROUTE
COLAS
ESTP - Ecole Spéciale des Travaux Publics
FOURNIER DRAINAGE SA
GERLAND Routes
GTM BTP
JEAN LEFEBVRE
MAP
MATIERE
NAN.C.I.E - Centre International de l'Eau
NOTEX SA
OFERMAT - Office Français de Coopération pour les Chemins de Fer et les Matériels d'Equipement
RHONE-POULENC FIBRES
SACER
SAR - Société d'Applications Routières
SCREG Routes et Travaux Publics
SERT - Service des Etudes, de la Recherche et de la Technologie
SEURECA - Société d'Etudes pour l'Urbanisme, l'Equipement et les Canalisations
SNCF - Société Nationale des Chemins de Fer Français
SOP - Soudure Outillage Protection
SRF - Secours Routier Français
STERELA
TEXSOL
TSS - Techniques Spéciales de Sécurité

ISTED
38, rue Liancourt 75014 PARIS **(FRANCE)**
Tél (33-1) 43.35.56.67 Télex 200789F

Dans la même série / *In the same series / En la misma serie*

En français / In French / En francès

"Le savoir-faire français en matière d'entretien routier"
"Le savoir-faire français en matière de géotextiles et géomembranes"
"Le savoir-faire français en matière de compactage à faible teneur en eau des sols et matériaux de terrassements et chaussées"
"Le savoir-faire français en matière d'ouvrages d'art"

En anglais / In English / En inglès

"Road maintenance. The French experience; its adaptation possibilities"
"French know-how in the field of geotextiles and geomembranes"
"French know-how in bridge building"

En espagnol / In Spanish / En espagnol

"La conservation de carreteras. La experiencia francesa. Sus possibilidades de adaptation"
"La experiencia francesa en materia de Geotextiles y Geomembranas"