

## Journée Technique Revêtements Superficiels

Enduits superficiels d'Usure (ESU) ; Matériaux Bitumineux Coulés à Froid (MBCF)  
& Revêtements Superficiels Combinés (RSC)

Rennes - jeudi 21 juin 2018



# Spécificités des liants bitumineux pour revêtements superficiels

Franck LE CUNFF  
Cerema Ouest / Département laboratoire de Saint-Brieuc

Cerema Ouest



**ADTECH**  
Association des Directeurs Techniques  
des Métropoles, des Départements et  
des Régions



INSTITUT DES ROUTES, DES RUES ET DES INFRASTRUCTURES POUR LA MOBILITÉ

# Spécificités des liants bitumineux pour revêtements superficiels (R.S)

- *Pourquoi des liants bitumineux dans les revêtements superficiels*
- *Liants utilisés en fonction du revêtement superficiel envisagé*
- *Classification, normalisation des liants bitumineux pour R.S.*
- *Évolutions normatives récentes depuis la rédaction des Guides*



## Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

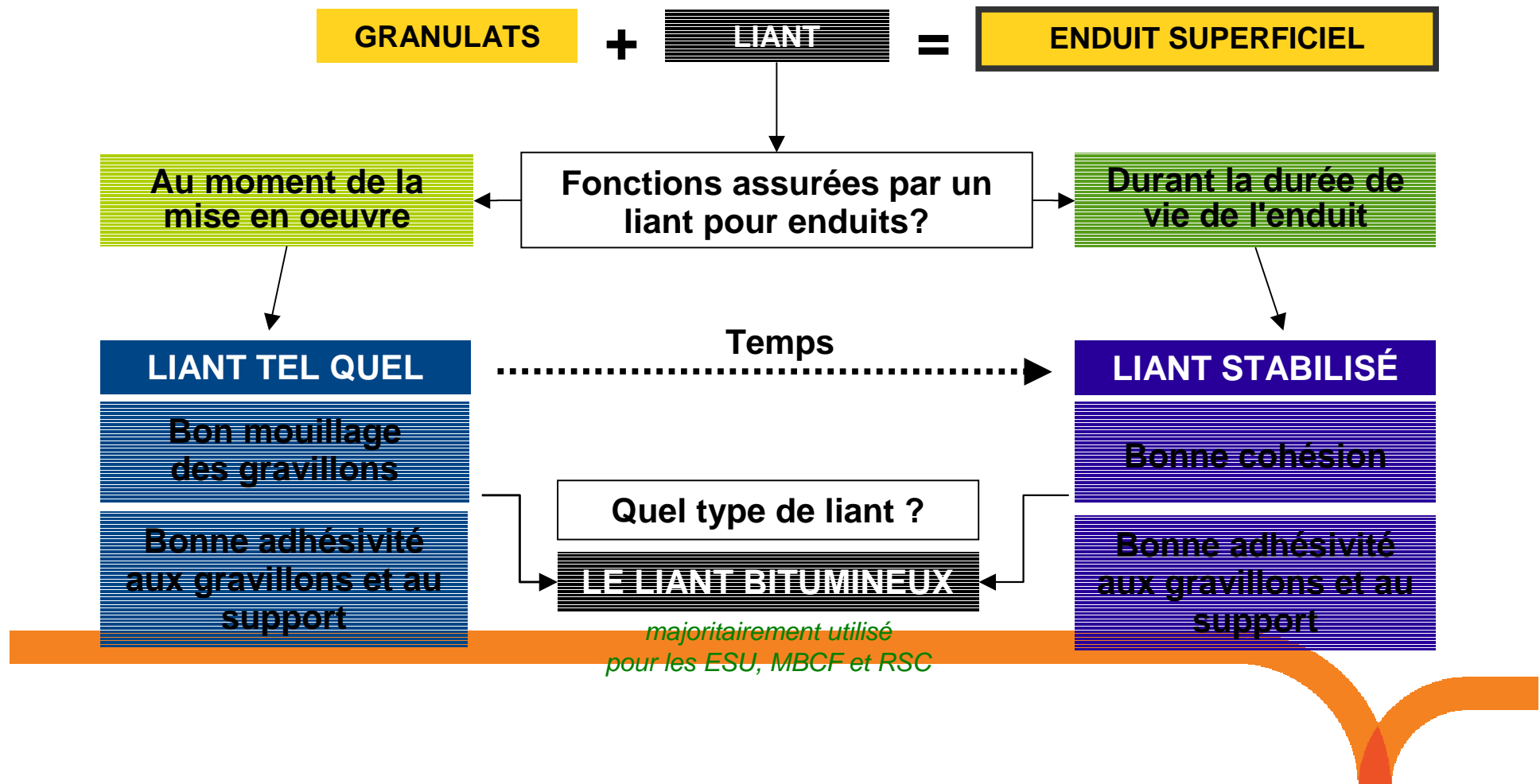
- **Pourquoi des liants bitumineux dans les revêtements superficiels**



# Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- Pourquoi des liant bitumineux dans les revêtements superficiels

## Exemple des enduits superficiels d'usure (ESU)





## Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- **Liants utilisés en fonction du revêtement envisagé**



## Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

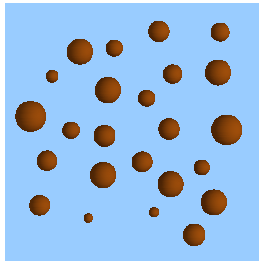
- Liants utilisés en fonction du revêtement superficiel envisagé

<p><b>Matériaux routiers</b> ... assemblés sur place</p>	<p><b>Matériaux Bitumineux Coulés à Froid (MBCF)</b></p> 	<p><b>Enduits Superficiels d'Usure (ESU)</b></p> 
<p><b>Liants bitumineux utilisés</b></p>	<p><b>Émulsion de bitume</b></p>	<p><b>Émulsion de bitume (80%)</b></p>
		<p><b>Bitume fluxé (20%)</b></p>

# Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- Liants utilisés en fonction du revêtement superficiel envisagé

## ■ Les émulsions de bitume



Dispersion d'un liant bitumineux (modifié ou non par des polymères) dans une phase aqueuse tensio-active (eau + émulsifiant + acide) obtenue au moyen d'énergie mécanique et thermique.

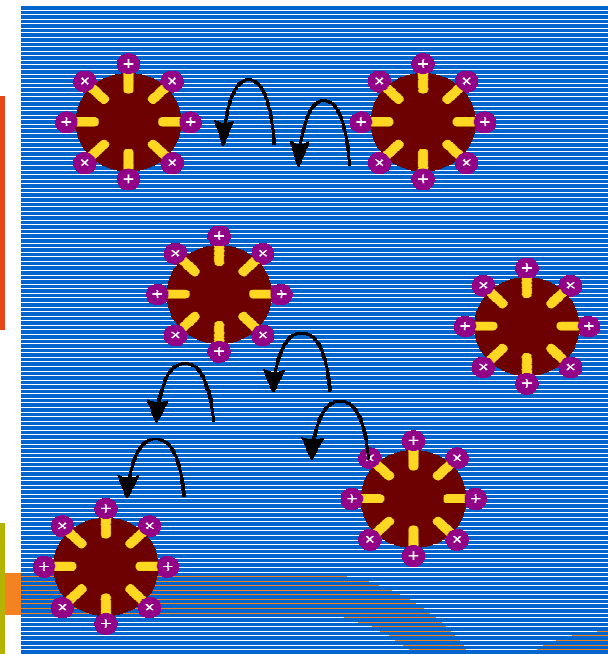
Répulsion des gouttes de liant entre elles dans la phase dispersante, car de même charge électrique (+) signe d'une émulsion cationique



Stabilisation de la dispersion



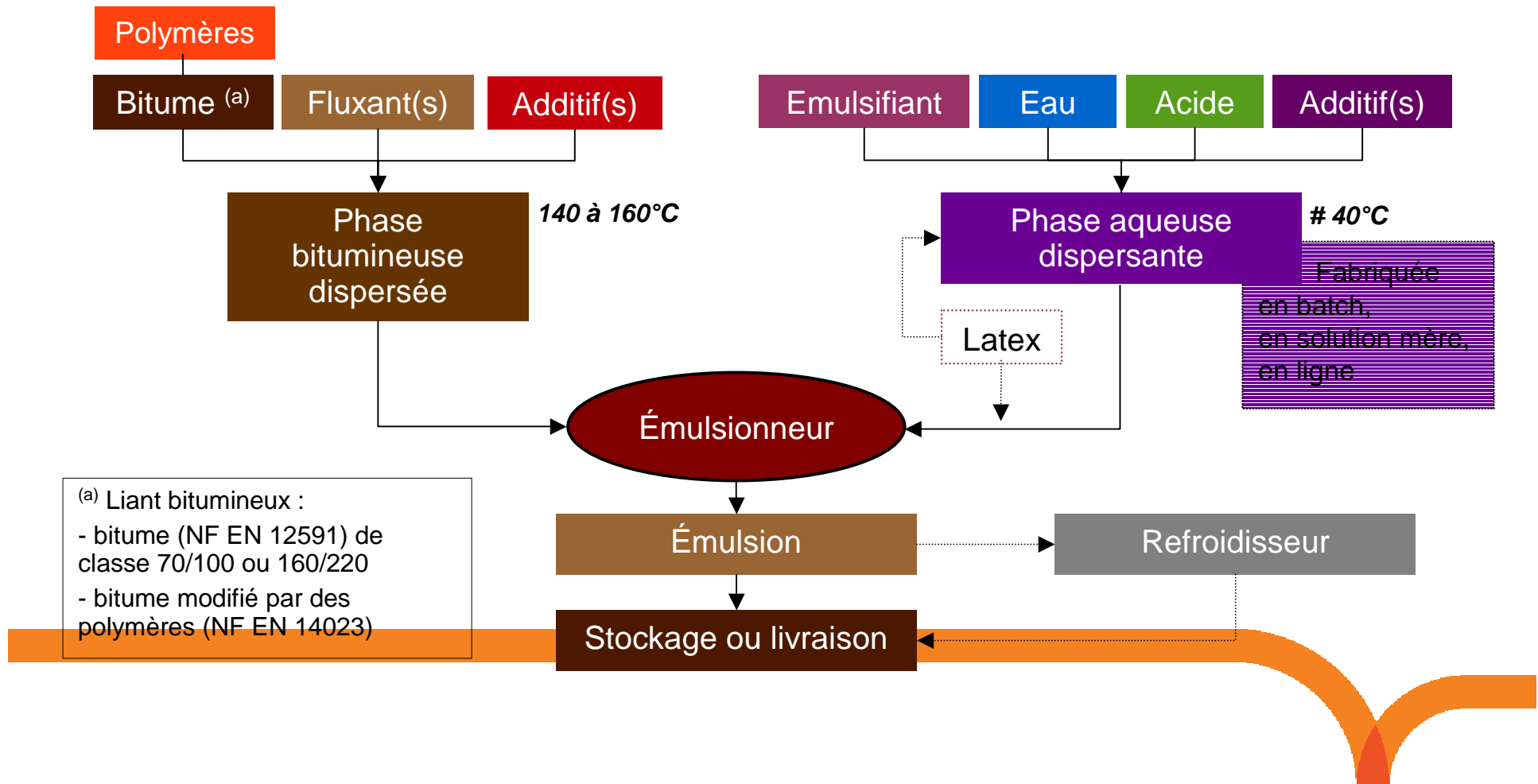
pas de séparation des phases dispersée (bitume) et dispersante (eau)



# Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- Liants utilisés en fonction du revêtement superficiel envisagé

## ■ Les émulsions de bitume





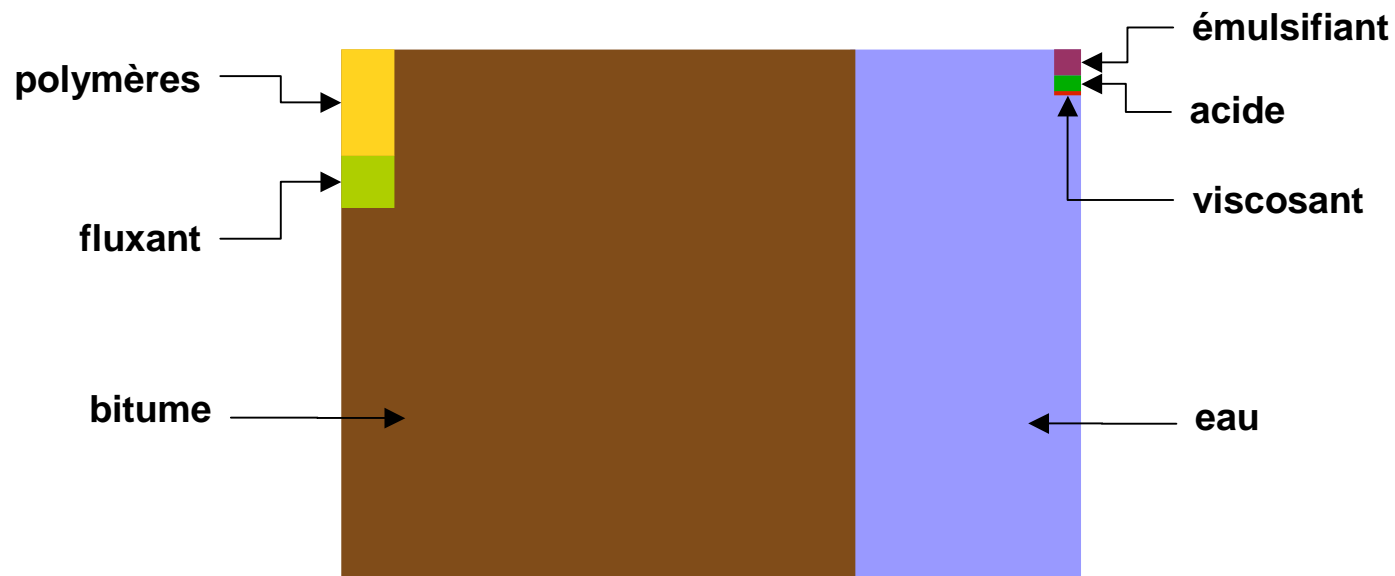
## Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- Liants utilisés en fonction du revêtement superficiel envisagé

### ■ Les émulsions de bitume

- Bitume : 60 à 70%
- Fluxant(s) : 0 à 3%
- Polymère(s) : 0 à 3% <sup>(a)</sup>

- Eau : 30 à 40 %
- Émulsifiant / acide : 0,2 à 1%
- viscosant : 0 à 0,04%



Représentation des dosages massiques des constituants d'une émulsion pour ESU

(a) de la phase bitumineuse

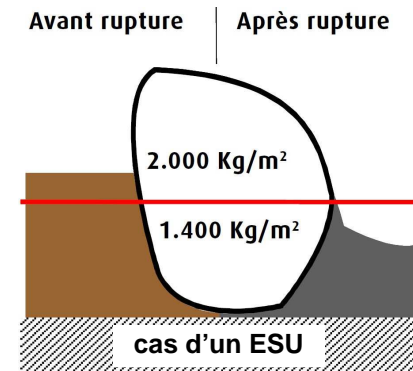
Exemple d'une émulsion C 69 BP 3

## Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- Liants utilisés en fonction du revêtement superficiel envisagé
  - Les émulsions de bitume

### Principales caractéristiques

- bon « mouillage » des granulats, du support
- sensibilité à la minéralogie des granulats
- performance « finale » du liant obtenue (rapidement) après la rupture



L'émulsion de bitume fabriquée possède des **propriétés** d'usages adaptées aux travaux routiers auxquels elle est destinée :

- la viscosité
- la rupture
- la stabilité / instabilité
- l'adhésivité

## Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- Liants utilisés en fonction du revêtement superficiel envisagé

### ■ Les émulsions de bitume

#### Caractéristiques importantes d'une émulsion pour ESU

- **une viscosité assez élevée**, pour éviter les écoulements gravitaires et les irrégularités de répartition du liant sur la chaussée
- **une rupture rapide**, permettant la séparation des phases aqueuse et bitumineuse après répandage
- **une bonne adhésivité immédiate** (« active », capacité à adhérer au granulat) et **pérenne** (« passive », capacité à rester sur le granulat en présence d'eau)

Il convient également de connaître assez précisément la **teneur en liant** du lot d'émulsion utilisé pour maîtriser au mieux le dosage en liant répandu

*Un essai de teneur en eau à la balance dessiccatrice est rapide et fiable (émulsions peu fluxées)*

# Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- Liants utilisés en fonction du revêtement superficiel envisagé

## ■ Les émulsions de bitume

### Caractéristiques importantes d'une émulsion pour MBCF

- **une viscosité généralement peu élevée** (fonction de la teneur en liant) pour l'enrobage d'un O/D
- **une rupture, variable** selon l'approche de formulation par le producteur/applicateur

L'émulsion peut être intrinsèquement très stable et la rupture pourra se faire au moment de la fabrication et mise en œuvre du MBCF, par ajout :

- d'un régulateur de rupture, sous forme d'additif liquide
- de  fines minérales  (chaux ou ciment), additifs solides jouant un rôle important dans le comportement à la rupture et la montée en cohésion

- **une bonne adhésivité immédiate** (« active », capacité à adhérer au granulat) et **pérenne** (« passive », capacité à rester sur le granulat en présence d'eau)

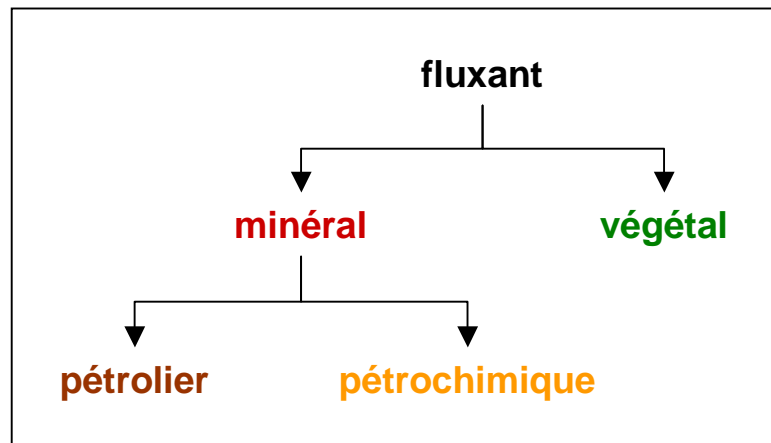
Il convient également de connaître précisément la **teneur en liant** du lot d'émulsion utilisé pour maîtriser au mieux le dosage en liant du mélange

# Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

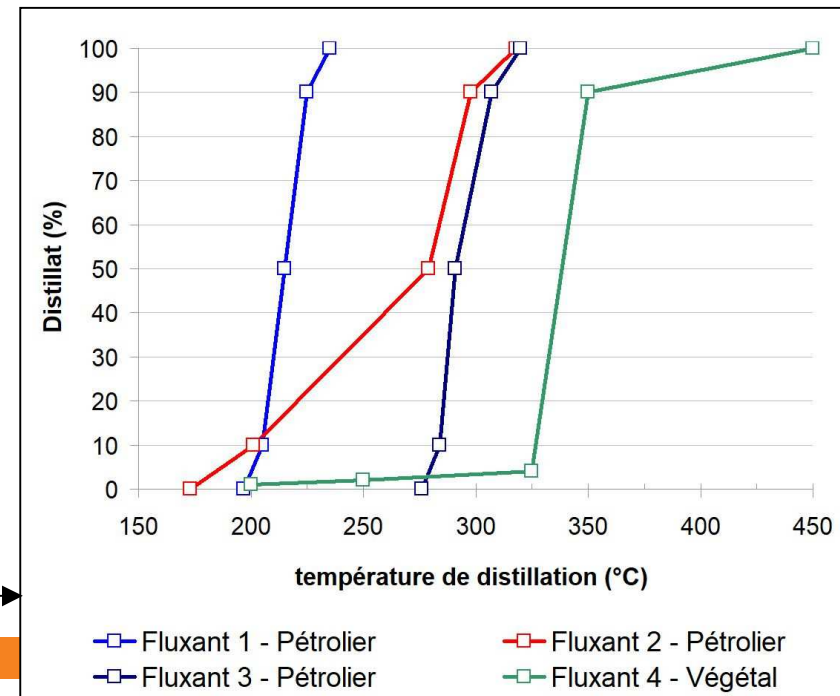
- Liants utilisés en fonction du revêtement superficiel envisagé

## ■ Les bitumes fluxés

Ils sont constitués d'un **bitume routier**, majoritairement de classe 70/100, modifié ou non par des polymères, dont la viscosité est réduite par l'ajout d'une huile peu ou pas volatile, appelée **fluxant**. Les bitumes fluxés sont utilisés en techniques ESU



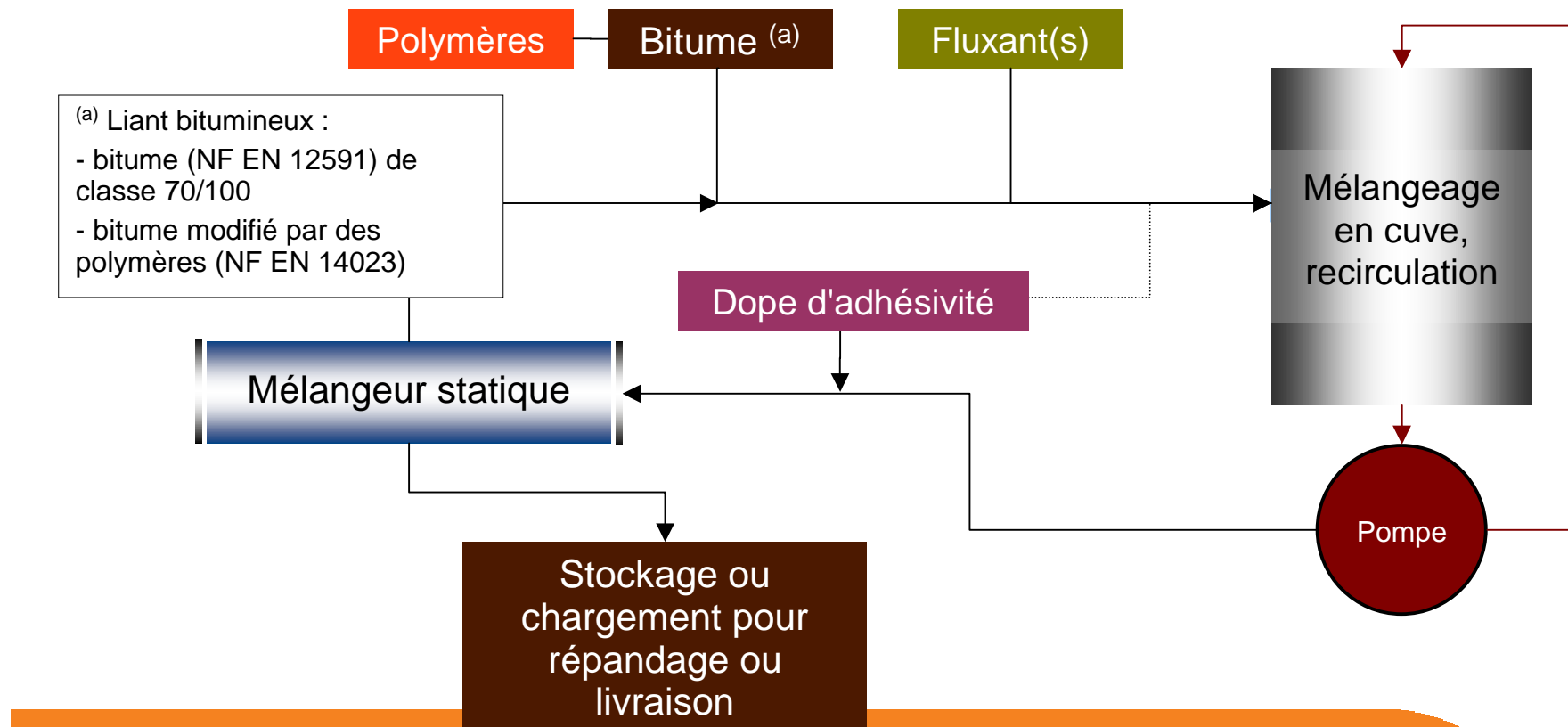
**Le choix du fluxant et son dosage sont une part importante de la formulation d'un bitume fluxé**



## Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- Liants utilisés en fonction du revêtement superficiel envisagé

### ■ Les bitumes fluxés



## Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- Liants utilisés en fonction du revêtement superficiel envisagé

### ■ Les bitumes fluxés

- bitume : 90 à 95%
- fluxant : 5 à 10 %
- dope d'adhésivité : 0,2% à 0,4%

- polymères : 0 à 3%

- *dope d'interface : 0 à 0,3%  
à l'application sur chantier*



Représentation des dosages massiques des constituants d'un bitume fluxé pour ESU

**Exemple d'un bitume fluxé de type Fm 4 BP 0**

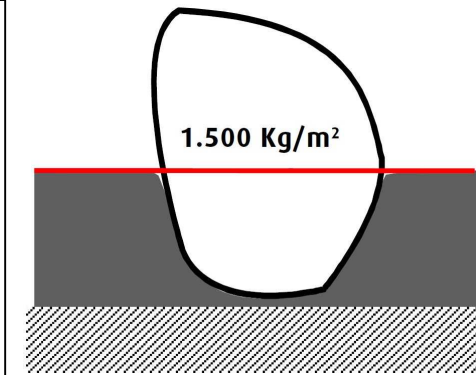
## Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- Liants utilisés en fonction du revêtement superficiel envisagé

### ■ Les bitumes fluxés

#### Principales caractéristiques

- cohésion initiale forte
- sensibilité du « mouillage » à la viscosité (élevée)
- performance « finale » du liant obtenue (lentement) après évolution des fluxants



Le bitume fluxé possède des **propriétés** d'usages adaptées aux travaux routiers auxquels elle est destinée :

- la viscosité
- l'adhésivité
- la cinétique de « mûrissement », de stabilisation  
(aptitude au durcissement)



# Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- Liants utilisés en fonction du revêtement superficiel envisagé

## ■ Les bitumes fluxés

### Caractéristiques importantes d'un bitume fluxé pour ESU

#### - une viscosité adaptée au trafic et à l'époque de réalisation de l'enduit

→ ni trop élevée (peignage), ni trop faible (ressuage et/ou défaut de cohésion du liant)

→ facilitation de la mise en place et le mûrissement de l'ESU qui doivent être d'autant plus rapides que le trafic est lourd et intense et que l'on se trouve en arrière-saison

#### - Un choix de fluxant adéquat

→ améliorer l'adhésivité du liant aux granulats

→ permettre une évolution de la consistance du liant en lien avec la configuration de la voie traitée

#### - une bonne adhésivité immédiate (« active », capacité à adhérer au granulats) et pérenne (« passive », capacité à rester sur le granulat en présence d'eau)

→ dopage dans la masse, voire en interface liant/granulat lors la réalisation de l'enduit



## Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- **Classification, normalisation des liants bitumineux**



# Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- **Classification, normalisation des liants bitumineux**

Les caractéristiques des liants bitumineux mesurées par les essais normalisés doivent satisfaire à des exigences en lien avec les usages prévus

→ **normes « produit »**


## Cadre de spécifications pour les émulsions cationiques

NF EN 13808 : 2013 *version corrigée 2 de 2017-12*

## Cadre de spécifications pour les liants bitumineux fluidifiés et fluxés

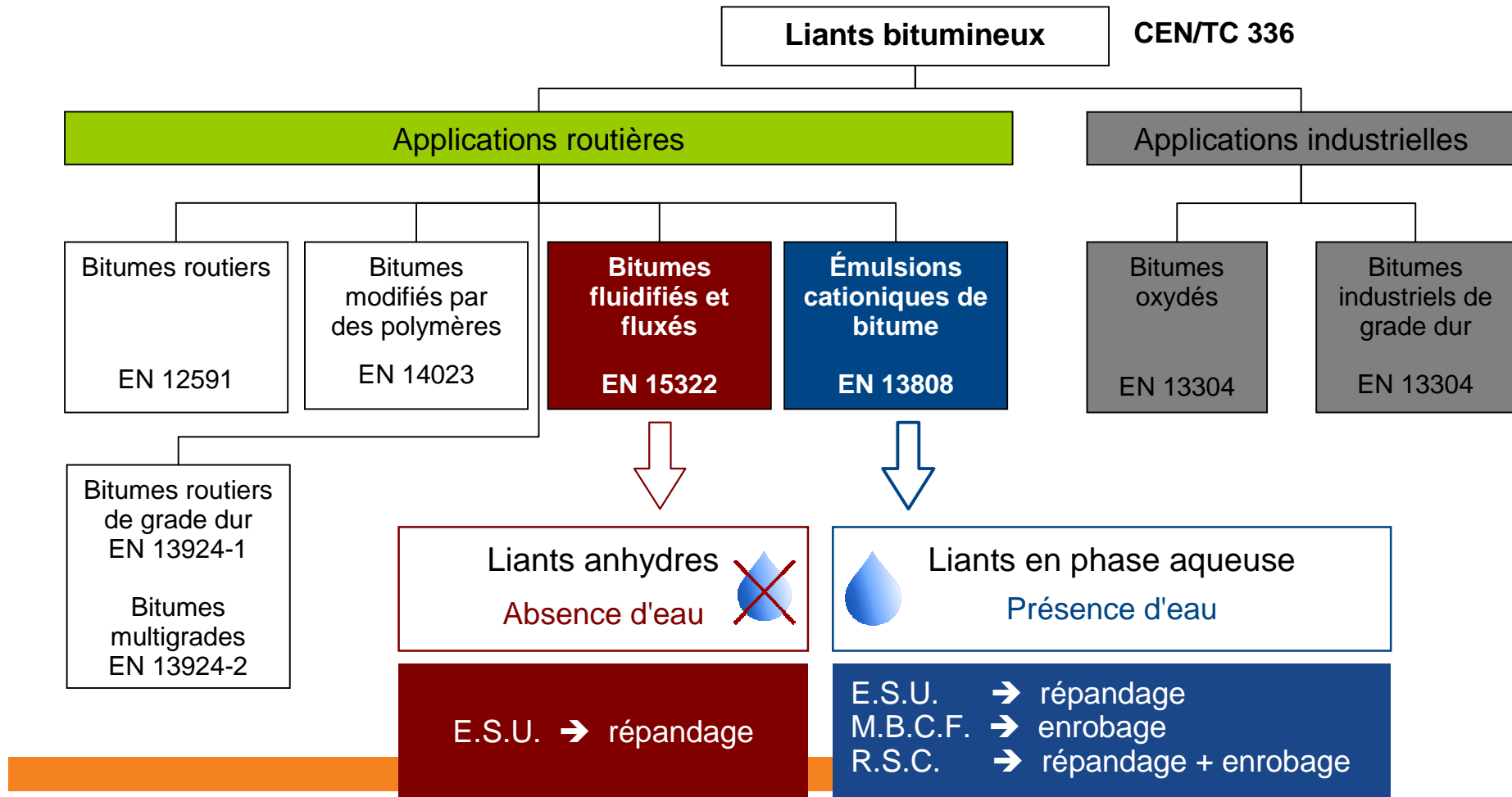
NF EN 15322 : 2013 *version corrigée 1 de 2014-08*

Ces documents s'appliquent :

- aux **émulsions** de bitume pur, de bitume fluxés ou fluidifiés et aux émulsions de bitume modifiés par des polymères y compris les émulsions modifiées par des latex
  - aux **liants** bitumineux fluidifiés ou **fluxés** non modifiés et modifiés par des polymères
- 

# Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

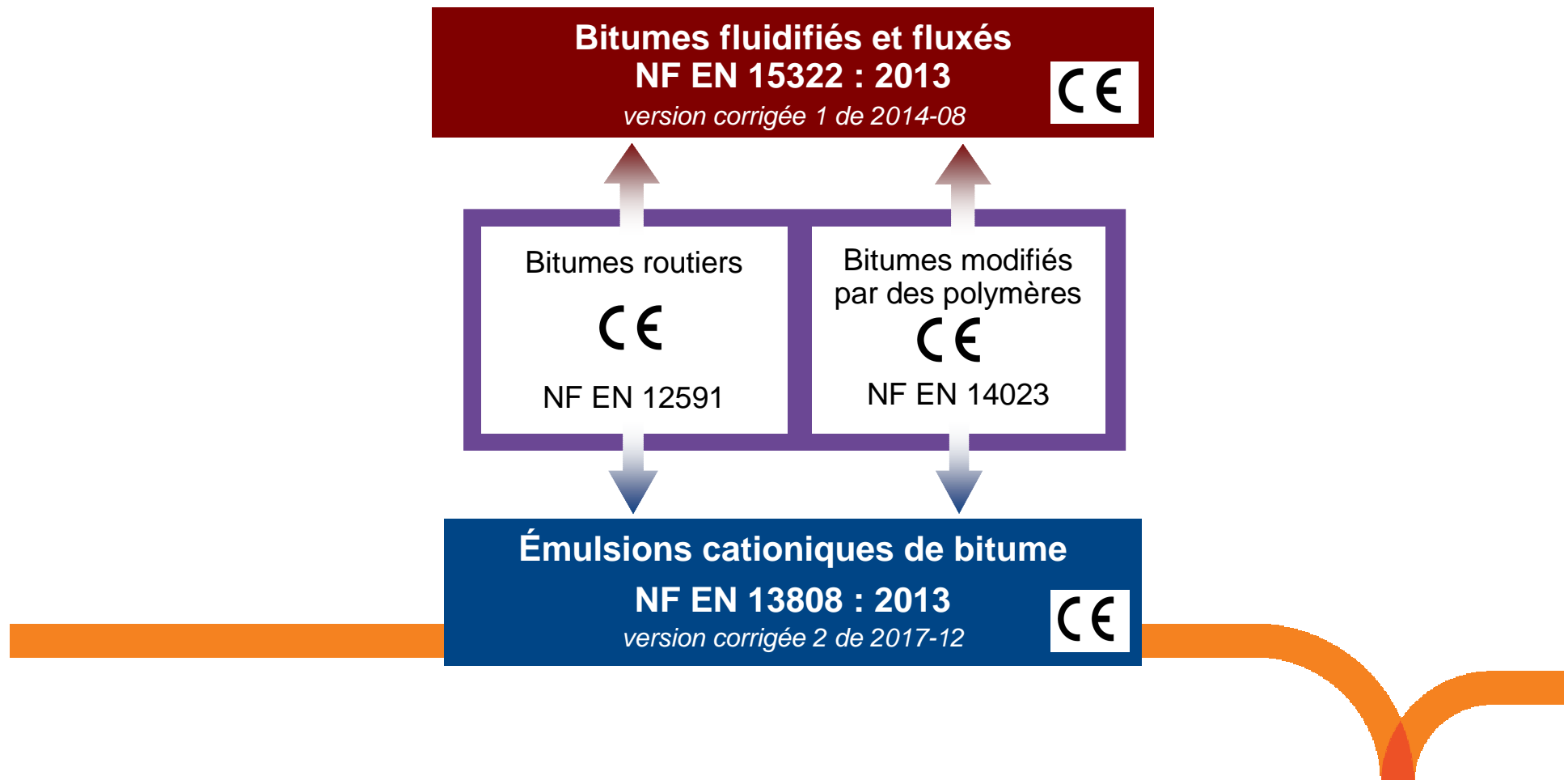
- **Classification, normalisation des liants bitumineux**



## Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- **Classification, normalisation des liants bitumineux**

Les émulsions de bitume et les bitumes fluxés sont soumis au **marquage CE** depuis 2011.



# Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- **Classification, normalisation des liants bitumineux**

## Identification des bitumes fluxés

Les bitumes fluxés sont repérés par une abréviation donnant une information minimum sur le produit... mais pas suffisante pour identifier complètement leurs caractéristiques

### Exemples

<b>Fm</b>	<b>4 - 300</b>	<b>B</b>	<b>0</b>	<b>Bitume fluxé de viscosité intermédiaire contenant un fluxant minérale</b>
<b>Fv</b>	<b>9 - 50</b>	<b>BP</b>	<b>0</b>	<b>Bitume fluxé modifié par des polymères de viscosité élevée contenant un fluxant végétal</b>

→ Aptitude au durcissement. Classe NR(0) retenue en France

→ Type de liant bitumineux : bitume pur (B) ou modifié par des polymères (BP)

→ Classe de viscosité (par écoulement ou dynamique) + valeur centrale ( $\pm 35\%$ )

→ Type de fluxant utilisé : minéral (m) ou végétal (v)

# Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- **Classification, normalisation des liants bitumineux**

## Identification des émulsions de bitume

Les émulsions sont repérées par une abréviation donnant une information minimum sur le produit... mais pas suffisante pour identifier complètement leurs caractéristiques

### Exemples

<b>C</b>	<b>69</b>	<b>BP</b>	<b>3</b>	émulsion de répandage à 69% de bitume modifié par des polymères pour <u>ESU</u>
<b>C</b>	<b>60</b>	<b>BP</b>	<b>5</b>	émulsion d'enrobage à 60% de bitume modifié par des polymères pour <u>MBCF</u>

→ Classe d'indice de rupture

→ Type de liant bitumineux (B, BP, BF, BPF)

→ Teneur en liant (%)

→ Polarité de l'émulsion, C : cationique

# Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- **Classification, normalisation des liants bitumineux**

## Exemple du tableau des classes de spécifications des émulsions

Extrait du Tableau 2 de la norme de spécifications des émulsions cationiques de bitume NF EN 13808

Exigences techniques	Document	Unité	Classes de performance pour les exigences techniques des émulsions de bitume cationiques												
			Classe 0	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6	Classe 7	Classe 8	Classe 9	Classe 10	Classe 11	Classe 12
Teneur en liant	EN 1428 <sup>a</sup> ou EN 1431 <sup>b</sup>	% (m/m)			< 38	38 à 42	48 à 52	53 à 57	58 à 62	63 à 67	65 à 69	≥ 69	≥ 71		
ou Liant résiduel après distillation <sup>c</sup>	EN 1431	% (m/m)			< 38 (C35)	≥ 38 (C40)	≥ 48 (C50)	≥ 53 (C55)	≥ 58 (C60)	≥ 63 (C65)	≥ 65 (C67)	≥ 67 (C70)	≥ 69 (C72)	≥ 71 (C72)	
Comportement à la rupture															
Indice de rupture (fines Forschhammer)	EN 13075 1	aucune			< 110	110 à 195	> 195	-	-	-	-	-	-	-	-
ou Durée de miscibilité des fines	EN 13075 2	s			-	-	-	> 90	≥ 180	≥ 300	-	-	-	-	-
ou Stabilité en mélange avec du ciment	EN 12848	g			-	-	-	-	-	-	> 2	≤ 2	-	-	-
Résidu sur tamis de 0,5 mm	EN 1429	% (m/m)			≤ 0,2	≤ 0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Viscosité															
Temps d'écoulement 2 mm à 40 °C	EN 12846 1	s	NR		< 20	20 à 130	40 à 130	-	-	-	-	-	-	-	-
ou Temps d'écoulement 4 mm à 40 °C	EN 12846-1	s	NR		-	-	-	40 à 100	-	-	-	-	-	-	-
ou Temps d'écoulement 4 mm à 50 °C	EN 12846 1	s	NR		-	-	-	-	5 à 30	≥ 25	-	-	-	-	-
ou Viscosité dynamique à 40 °C <sup>d</sup>	EN 13302	m Pa.s	NR		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Adhésivité avec le granulats de référence	EN 13614	aucune	NR		≥ 75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pouvoir de pénétration	EN 12849	min	NR	IV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teneur en distillat d'huile <sup>e</sup>	EN 1431	% (m/m)	NR		≤ 2,5	≤ 3,0	≤ 5,0	≤ 8,0	≤ 10,0	-	-	-	-	-	-
Résidu sur tamis de 0,16 mm	EN 1429	% (m/m)	NR		≤ 0,5	≤ 0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temps d'écoulement à 85 °C	EN 16345	s	NR		25 à 45	20 à 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stabilité au stockage par tamisage (7 jours de stockage) — tamis de 0,5 mm	EN 1429	% (m/m)	NR		≤ 0,1	≤ 0,5	≤ 0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Tendance à la décantation (stockage 7 jours)	EN 12847	% (m/m)	NR		≤ 5	≤ 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Pas de lecture en colonne !**

Seul le tableau NA.1 de l'Annexe NA peut se lire en colonnes



## Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- **Classification, normalisation des liants bitumineux**

Dans le cas de travaux par exemple en *régie*, au delà des classes relevant de la norme NF EN 13808, un maître d'ouvrage peut identifier dans le CCTP d'un marché de fourniture de liant des plages plus resserrées que les valeurs de classes de la norme pour des caractéristiques particulières, comme la viscosité.

Exemple pour la fourniture d'une émulsion à 69% de bitume pour ESU

Viscosité de classe 5 : 5 à 70 s

Valeur basse,  
risque de  
coulures

→ 10 s à 45 s  
bon compromis pour  
les travaux envisagés ←

Valeur élevée,  
pouvant conduire à  
du peignage

Valeurs usuelles en lien avec l'usage qui sera fait de l'émulsion

# Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- Classification, normalisation des liants bitumineux

## Valeurs usuelles des principales caractéristiques intrinsèques d'une émulsion pour ESU

Caractéristiques émulsions de liant bitumineux (liant tel quel)	Normes d'essais	Valeurs usuelles	
		Usage de l'émulsion → Trafic →	Enduits, préparation support, etc. faible à moyen
Indice de rupture	EN 13075-1	≤ 112 <sup>(1)</sup> ≤ 80 <sup>(2)</sup>	≤ 112 <sup>(1)</sup> ≤ 80 <sup>(2)</sup>
Teneur en liant (% massique) (mesure de la teneur en eau)	EN 1428	63 à 67	67 à 71
Temps d'écoulement 2 mm à 40 °C (s)	EN 12846-1	35 à 100	-
Temps d'écoulement 4 mm à 40 °C (s)	EN 12846-1	10 à 45	10 à 60
Résidu sur tamis (% massique)			
- tamis de 0,500 mm	EN 1429	≤ 0,1	≤ 0,1
- tamis de 0,160 mm		≤ 0,25	≤ 0,25
Adhésivité (% couvert)	EN 13614	≥ 75	≥ 75
Stockabilité à 7 jours	EN 1429		
- tamis de 0,500 mm (% massique)		≤ 0,2	≤ 0,2

Plage réduite par rapport aux classes de spécifications

(1) valeur obtenue avec le filler « Forshammer »

(2) valeur obtenue avec le filler « SikaSol »

## Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- **Classification, normalisation des liants bitumineux**

### Valeurs usuelles des principales caractéristiques intrinsèques d'une émulsion pour MBCF

Caractéristiques émulsions de liant bitumineux (liant tel quel)	Normes d'essais	Valeurs usuelles
Indice de rupture	EN 13075-1	> 170 <sup>(1)</sup>
		> 120 <sup>(2)</sup>
Teneur en liant (% massique) (mesure de la teneur en eau)	EN 1428	60 à 65
Temps d'écoulement 2 mm à 40 °C (s)	EN 12846-1	15 à 45
Temps d'écoulement 4 mm à 40 °C (s)	EN 12846-1	10 à 45
Résidu sur tamis (% massique) - tamis de 0,5 mm - tamis de 0,16 mm	EN 1429	≤ 0,1
		< 0,25
Adhésivité (% couvert)	EN 13614	> 75
Stockabilité à 7 jours - tamis de 0,5 mm (% massique)	EN 1429	≤ 0,5

(1) valeur obtenue avec le filler « Forshammer »  
(2) valeur obtenue avec le filler « Sikaisol »

## Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- **Classification, normalisation des liants bitumineux**

### Valeurs usuelles des principales caractéristiques intrinsèques d'un bitume fluxé pour ESU

		Type de liant fluxé →	
		Liants fluxés par une huile minérale	Liants fluxés par une huile végétale (agrochimique)
Caractéristiques liants bitumineux fluxés (liant tel quel)	Normes d'essais	Valeurs usuelles	
Nature du fluxant	-	minérale	végétale
Viscosité			
- Temps d'écoulement 10 mm 40 °C (s)	EN 12846-2	200 à 500	-
- Viscosité dynamique à 60 °C (Pa.s)	EN 13302 <sup>(1)</sup>	10 à 50	10 à 50
Adhésivité (% couvert)	EN 15626	≥ 75	≥ 75
Solubilité (%)	EN 12592	> 99,0	> 99,0
Point éclair (°C)	ISO 2719	> 60	-
	ISO 2592	-	> 160
Distillation	EN 13358 <sup>(2)</sup>	-	-

<sup>(1)</sup> une méthode de viscosité dynamique alternative (cône-plan) peut être utilisée.

<sup>(2)</sup> ou norme équivalente permettant de déterminer le pourcentage de distillat du fluxant aux températures de 190, 225, 260, 315, 360 °C sous une pression standard de 1013 hPa.

## Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- Classification, normalisation des liants bitumineux**

**Valeurs usuelles des principales caractéristiques intrinsèques d'un liant stabilisé d'une émulsion ou d'un bitume fluxé pour ESU**

Type de liant « stabilisé » →		Bitume pur	Bitume faiblement modifié	Bitume moyennement modifié	Bitume fortement modifié
Caractéristiques des liants bitumineux	Normes d'essais	Valeurs usuelles			
Après stabilisation	EN13074-2	-	-	-	-
Pénétrabilité à 25 °C (1/10 mm)	EN 1426	≤ 220	≤ 150	≤ 100	≤ 100
Point de ramollissement (°C)	EN 1427	≥ 35	≥ 43	≥ 46	≥ 48
Cohésion mouton-pendule	EN 13588	non pertinent	≥ 0,7	≥ 1,0	≥ 1,2
- maximum $C_{max}$ (J/cm <sup>2</sup> )		non pertinent	30 à 50	30 à 50	30 à 50
- température pour $C_{max}$ (°C)		non pertinent	≥ 30	≥ 30	≥ 30
- intervalle $T^{\circ}$ pour $C_{\geq 0,5J/cm^2}$ (°C)					
Point Fraass (°C)	EN 12593	≤ -10	≤ -12	≤ -14	≤ -16

# Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- **Évolutions normatives récentes**



# Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- **Évolutions normatives récentes**

Changements intervenus après la rédaction des Guides ESU et MBCF

## **Indice de rupture des émulsions de bitume (IREC) → nouveau filler !**

- **parution d'une version révisée de la norme d'essai NF EN 13075-1**

*Forshammer difficilement disponible, Sikaisol plus commercialisé*

→ ajout d'un 3<sup>ème</sup> filler de référence : Caolin Q92 (filler espagnol)

- **nouveaux rapports de conversion pour IREC en « équivalent Forshammer »**

*IREC Forshammer = 1,3 x IREC Sikaisol (rapport de 1,4 précédemment)*

*IREC Forshammer = 1,2 x IREC Caolin Q92*

→ Valeurs IREC des Tableaux 9 & 20 du Guide ESU et Tableau 7 du Guide MBCF légèrement modifiés

- **parution d'une version corrigée 2 de NF EN 13808 (2017-12)**

Concerne uniquement l'annexe nationale NA et le nouveau rapport de conversion Sikaisol/Forshammer + quelques corrections de signes erronés (« ? » → « ≥ »)

## **Teneur en eau à la balance dessiccatrice → nouvelle norme**

- **Parution d'une norme d'essai européenne NF EN 16849 remplaçant prXP T 66-080**

prXP T 66-080 → FD T 66-080

## Spécificités des liants bitumineux pour R.S.

- **Évolutions normatives récentes**

Les normes **NF EN 13808** de spécifications des **émulsions de bitume** et **NF EN 15322** de spécifications des **bitumes fluxés** sont actuellement en phase d'**Examen Systématique** (quinquennal)

*Réflexions en cours sur l'approche d'une norme de spécifications des émulsions cationiques plus directement en lien avec l'usage qui sera fait du produit (enduits superficiels, couches d'accrochage, MBCF, GE,...) comme l'était la norme française NF T 65-011.*





## Journée Technique Revêtements Superficiels

Enduits superficiels d'Usure (ESU) ; Matériaux Bitumineux Coulés à Froid (MBCF)  
& Revêtements Superficiels Combinés (RSC)

Rennes - jeudi 21 juin 2018



# Spécificités des liants bitumineux pour revêtements superficiels

Franck LE CUNFF  
Cerema Ouest / Département laboratoire de Saint-Brieuc

Cerema Ouest



**ADTECH**  
Association des Directeurs Techniques  
des Métropoles, des Départements et  
des Régions



INSTITUT DES ROUTES, DES RUES ET DES INFRASTRUCTURES POUR LA MOBILITÉ