



# **La solution pour vos enrobés haut module (EME, BBME, BBSG Anti-orniérants)**

*M. Sc. Eng Edith Tartari  
Selenice Bitumi*

# Sommaire

- 1. *Spécifications techniques de Selenizza<sup>®</sup> SLN***
- 2. *Caractérisation des différents bitumes naturels***
- 3. *Effets du vieillissement des bitumes naturels***
- 4. *Les enrobés à module élevé EME***
- 5. *Exemples de projets routiers avec Selenizza<sup>®</sup> SLN***
- 6. *Modes d'introduction du bitume dans une centrale d'enrobage***
- 7. *Conclusions***

# ***Selenizza*** <sup>®</sup>***SLN*** ***spécifications***

| 1

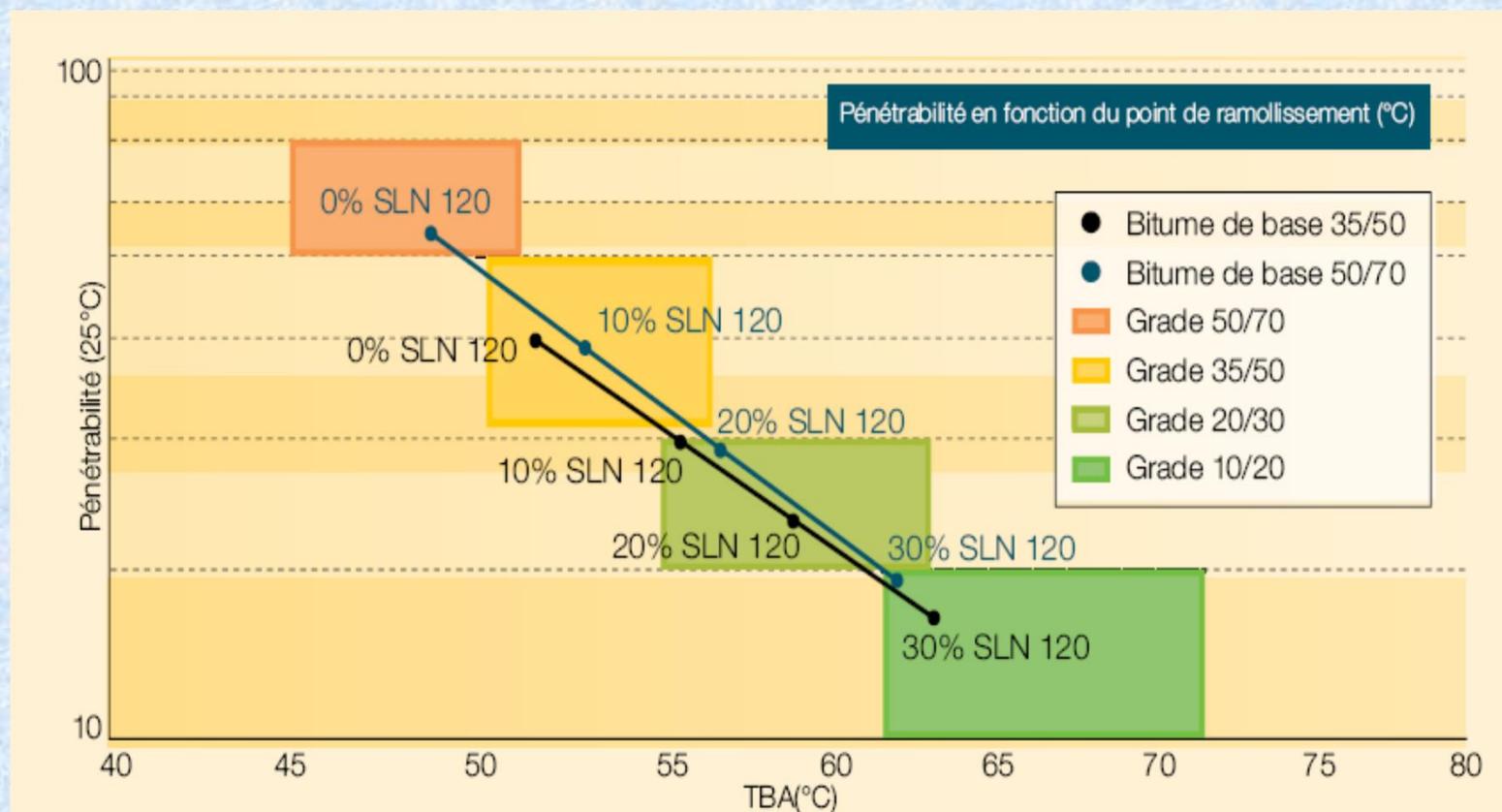
*Salon International des Travaux Publics  
Alger - Novembre 2016*

# Spécifications techniques

Pénétration à 25°C (1/10 mm)	EN 1426	≤ 2
Température de ramollissement (TBA °C)	EN 1427	≤ 120
Indice d'acidité (mg KOH/g )	NFT 66 013	3,5
Densité à 25°C (g/cm <sup>3</sup> )	NFT 66 004	1,16
Teneur en asphaltènes (% poids)	ASTM D2007-11	> 50
Perte de masse à 163°C, 5 heures (%)	EN 13303	0,08



# modification totale du liant



A partir de **n'importe quel grade** du bitume d'origine, en **variant la quantité** ajoutée de Selenizza, il est possible d'obtenir **tout type de bitume** modifié cible, de grade de pénétration et température de ramollissement bien précis.



# modification totale du liant

**Principe** : Avec l'ajout de Selenizza®SL dans un bitume traditionnel, il est obtenu une **diminution** de la **pénétration** et une **augmentation** de la **température de ramollissement** en fonction de la quantité introduite. Les **spécifications** du bitume obtenu **se déplacent** vers celles des **bitumes durs**.

Exemples typiques:

➤ Bitume de base **50/70 + (5 to 10 %)** Selenizza®SLN = Bitume de base **35/50**

Bitume de base **50/70 + 15 %** Selenizza®SLN => ( la pénétration **diminue** de **20-25** dmm  
+TBA **augmente** de **7-9 °C**

➤ Bitume de base **35/50 + 15 %** Selenizza®SLN => (pénétration **diminue** de **15-20** dmm  
+TBA **augmente** de **5-7 °C**

**En termes de liant** dans l'enrobé, **15%** de Selenizza®SLN, représente **0.9 to 1 %** du poids total de l'enrobé, contenant **5.8 à 6 % de liant**

Les bitumes de **différentes sources** peuvent avoir des **comportements légèrement variés** après l'ajout de Selenizza®SLN et c'est pourquoi les **caractéristiques du liant** doivent être contrôlées pour chaque cas



***Caractérisation  
des différents  
bitumes naturels*** | **2**

*Salon International des Travaux Publics  
Alger - Novembre 2016*

# caractérisation des différents bitumes naturels

- **Cette étude** a été réalisée par l'Université de Rome "**LA SAPIENZA**" afin de caractériser les bitumes naturels et d'évaluer **leur contribution** dans la modification des **bitumes de raffinage**.
- *Les travaux de recherche avaient pour but de caractériser quelques bitumes naturels les plus connus commercialement et d'évaluer leur efficacité autant que modifiants*
- Ont été sélectionnés trois bitumes naturels:

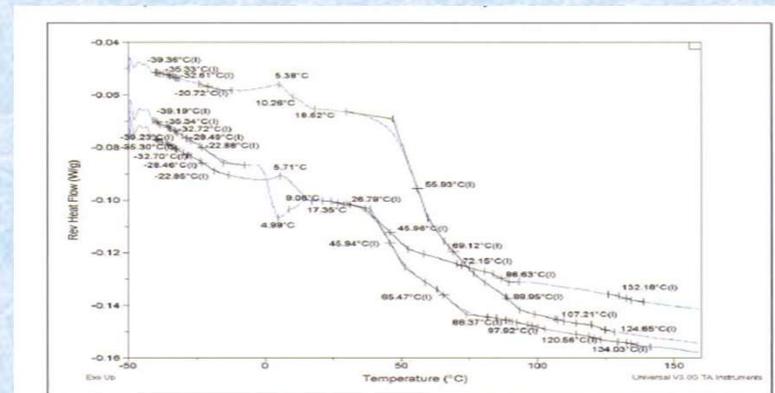
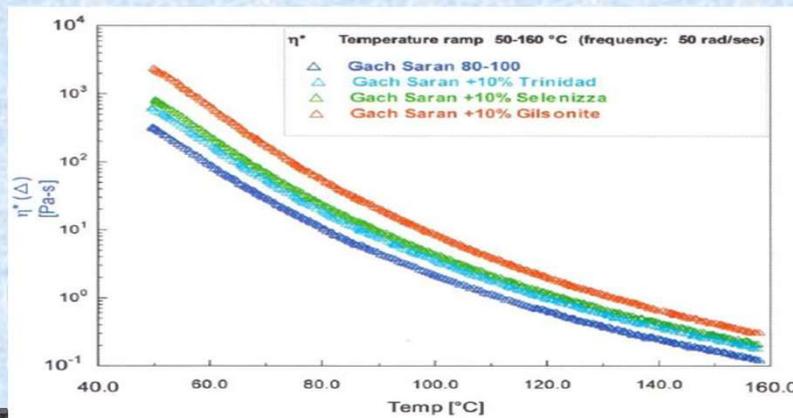
Natural asphalt	Bitumen content (%)	Asphaltènes content(%)	Penetration (à 25°C,1/10 mm)	R&B (°C)
Gilsonite	> 99	70	0	160-170
Selenizza	85-90	42*	0	115
Trinidad	53-55	33-37	1 - 4	93-98

- Un bitume Iranien de **distillation directe** (Gach Saran), de pénétration de grade **80-100**, a été **additionné** de chacun des trois types de bitumes naturels :
  - à un pourcentage de **10%**
  - la température **150 – 180 °C** pour une solubilité complète



# caractérisation des différents bitumes naturels

- **L'analyse rhéologique dynamique** : Les courbes de viscosité sont **déplacées vers le haut**, mais **restent parallèles** (même forme et pente pour tous les types de modifiants). L'ajout des modifiants **n'affecte pas les interactions internes** entre les composants asphalténiques du bitume modifié, phénomène typique pour les **additifs compatibles**
- **L'analyse calorimétrique par balayage différentiel modulée (MDSC)**: Trinidad et Selenizza : ont un **impact** sur la **limite inférieure** l'intervalle de ramollissement alors que **Gilsonite**, étend l'intervalle de ramollissement à plus **hautes températures**
- **Les modifications** sont de nature à **augmenter la consistance, la viscosité et la stabilité** au bitume d'origine → les bitumes naturels représentent une **alternative avantageuse** comme additifs performants pour modifier les **bitumes routiers** des enrobés



***Effets du  
vieillissement des  
bitumes naturels*** | **3**

*Salon International des Travaux Publics  
Alger - Novembre 2016*

# ***Effets du vieillissement des bitumes naturels***

- **Une thèse de doctorat** récemment soutenue à **l'Université de Strasbourg**, portait sur l'étude du **potentiel de l'emploi des bitumes naturels** dans la production des **liants bitumineux durs** et des **enrobés à module élevé** permettant la réalisation des ouvrages à **coûts réduits** (avec couches minces et durables dans le temps)
- Ces travaux de **recherche** sont importants et **d'actualité** d'autant plus si l'on considère les **problèmes** rencontrés lors de l'utilisation des **bitumes durs de raffinerie** qui présentent des défauts de **fissuration à froid, vieillissement rapide, difficultés** pratiques **d'approvisionnement, l'impossibilité de fabriquer** des bitumes durs à partir de **certains bruts pétroliers**, etc.
- L'analyse des **propriétés physico-chimiques** et du **comportement mécanique** du bitume naturel Selenizza a montré que du point **de vue structurel**, sa **phase organique** est **comparable** à un **bitume pétrolier**, mais avec des proportions en fractions malténiques et asphalténiques différentes, ce qui le rend **100% compatible** pour des **mélanges stables** avec n'importe quel type de **bitume routier**.



# Effets du vieillissement des bitumes naturels

- L'étude du **comportement mécanique aux basses températures**, comparant un **bitume modifié 35/50** (50/70 +5 % Selenizza), et un **bitume pétrolier** de même grade 35/50, a montré que la **température de la transition vitreuse** (liée au comportement mécanique à basses températures), était de  **$T_g = -23.1^{\circ}\text{C}$**  pour le **bitume modifié**, par rapport à  **$T_g = -19.3^{\circ}\text{C}$**  du **bitume pétrolier**, ce qui montre une **meilleure résistance** à la **fissuration fragile** du **bitume naturel**
- Afin d'étudier le **comportement au vieillissement** des bitumes durs issus de la modification par le bitume naturel, ils ont été soumis successivement au **vieillissement accéléré RTFOT** (simulation *vieillissement* à l'enrobage) et **PAV** (simulation du *vieillissement* ultérieur sur *route*)
- Il a été observé que le **vieillissement conduit** à un **durcissement** du bitume qui se manifeste par une **diminution de la pénétrabilité** et une **augmentation de la température bille-anneau**



# Selenizza: ralentisseur du vieillissement

## Pénétrabilité et TBA des matériaux avant et après le vieillissement

Description	Pénétrabilité (dmm)					TBA (°C)				
	Liant Neuf	Après RTFOT	$\Delta_1$ %	Après PAV	$\Delta_2$ %	Liant Neuf	Après RTFOT	$\Delta_1$ %	Après PAV	$\Delta_2$ %
Pétrolier 50/70	54	37	31.5	19	64.8	49	53.4	8.9	61.4	25.3
Mélange à 5%	38	27	<b>28.9</b>	15	<b>60.5</b>	52.6	57.2	<b>8.7</b>	66.0	<b>25.4</b>
Mélange à 10%	28	21	<b>25</b>	13	<b>53.5</b>	56.2	60.8	<b>8.1</b>	68.8	<b>22.4</b>
Mélange 15%	20	14	<b>30</b>	11	<b>45</b>	61.6	65.4	<b>6.1</b>	72.2	<b>17.2</b>
Pétrolier 35/50	40	27	<b>32.5</b>	12	<b>70</b>	52.6	56.8	<b>7.9</b>	66.2	<b>25.8</b>
Pétrolier 20/30	23	12	<b>47.8</b>	7	<b>69.5</b>	60.0	67.0	<b>11.6</b>	78.8	<b>31.3</b>
Pétrolier 10/20	18	9	<b>50</b>	5	<b>72.2</b>	65.0	72.6	<b>11.7</b>	86.0	<b>32.3</b>

$(\Delta_1, \Delta_2)$  bitumes modifiés <<<  $(\Delta_1, \Delta_2)$  bitumes pétroliers



# ***Les Enrobés à Module Elevé***

| 4

*Salon International des Travaux  
Publics Alger - Novembre 2016*

# Les enrobés à module élevé

- Depuis les années 80, pour la construction des autoroutes sont apparus les **enrobés** et **bétons bitumineux à module élevé EME** et **BBME** ( $> 12\ 000$  MPa), qui garantissent une **meilleure résistance** aux sollicitations des réseaux routiers (fatigue et orniérage), permettent une **économie** des matériaux (diminution des épaisseurs des couches) et une **longévité accrue**
- En termes de **liant**, ce type d'enrobé est obtenu en utilisant des bitumes de **grade dur** de **35/50** à **10/20** et/ou des **additifs spéciaux** pour le **durcissement** des liants



# Les enrobés à module élevé

EME

> couche d'assise

> support de portance

> résistance mécanique

> granulats : 0/10, 0/14 ou 0/20 (le plus souvent 0/14 semi-grenu)

liant: bitume 10/20, 15/25 ou 20/30 @ 5.5 – 6 %

	GB1 & 2	EME Classe 1	EME Classe 2
Duriez	> 0.65 - 0.70	> 0.70	>0.75
Rutting	< 10% (@ 10.000)	< 7.5% (@ 30.000)	< 7.5% (@ 30.000)
Modulus	> 9.000 MPa	> 14.000 MPa	> 14.000 MPa
Fatigue	> 80 – 90 x 10 <sup>-6</sup>	> 100 x 10 <sup>-6</sup>	> 130 x 10 <sup>-6</sup>



Mise en œuvre EME au Selenizza®SLN  
sur grave non traitée pour plateforme  
logistique



# Les enrobés à module élevé

**BBME** > couche de roulement > adhérence, drainabilité  
> résistance mécanique et fatigue

> granulats : 0/10 ou 0/14

liant: bitume 20/30 @ 5.5 – 5.8 %

> BBSG 1, 2 & 3

Duriez > 0.75

Rutting < 10 – 7.5 – 5 % (@ 30.000)

Modulus > 5.500 - 7.000 MPa

Fatigue > 100 x 10<sup>-6</sup>

BBME1, 2 & 3

> 0.80

< 10 - 7.5 – 5 % (@ 30.000 cycles)

> 9.000 – 12.000 MPa

> 110 x 10<sup>-6</sup>



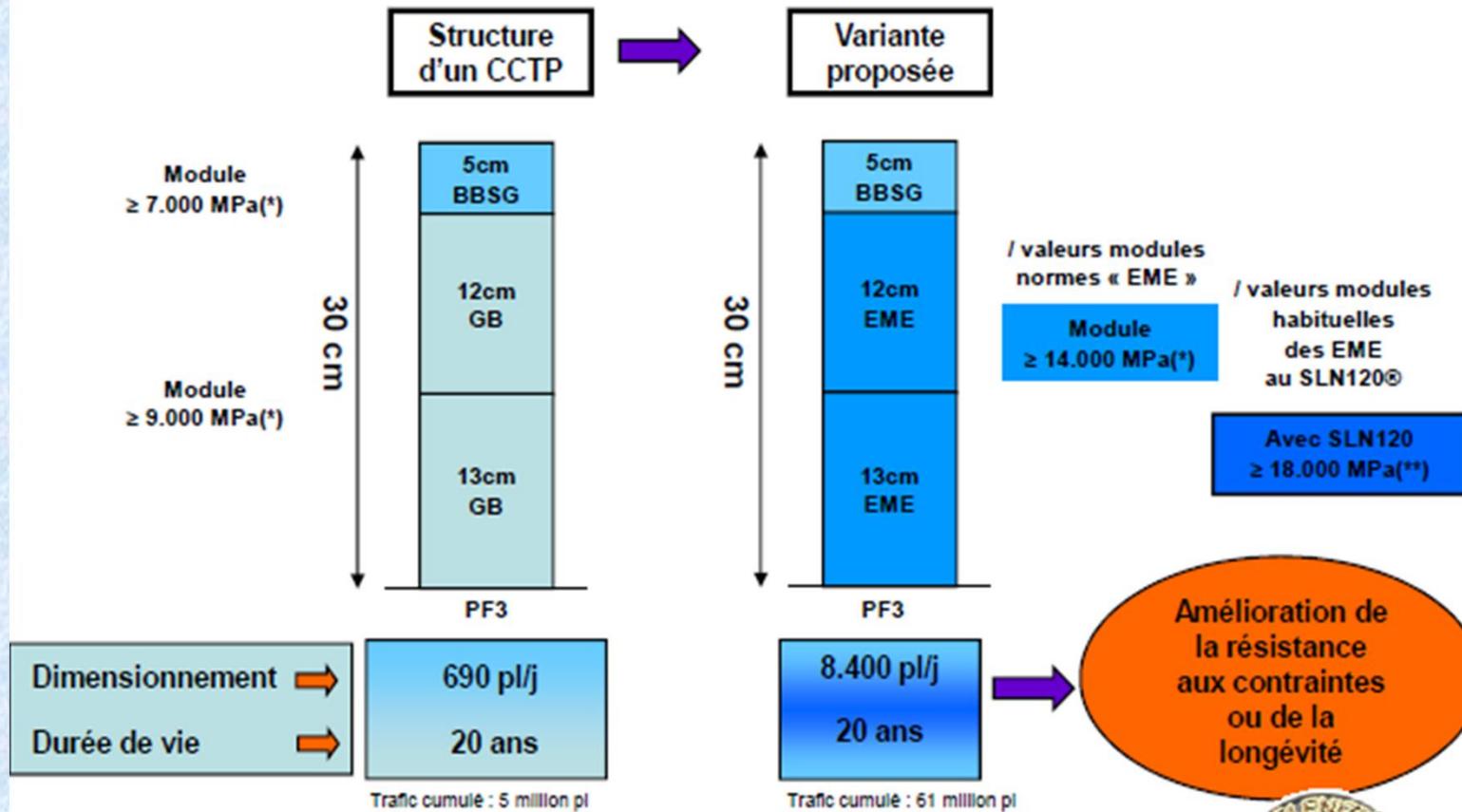
Mise en oeuvre BBME  
au Selenizza SLN  
sur grave bitume  
pour giratoire urbain



# Les enrobés à module élevé

## Dimensionnement de chaussée (calculs à partir du programme Alizé)

(à adapter et à étudier en fonction des performances requises et conditions locales (formulations, matériaux, bitume de base, ...))



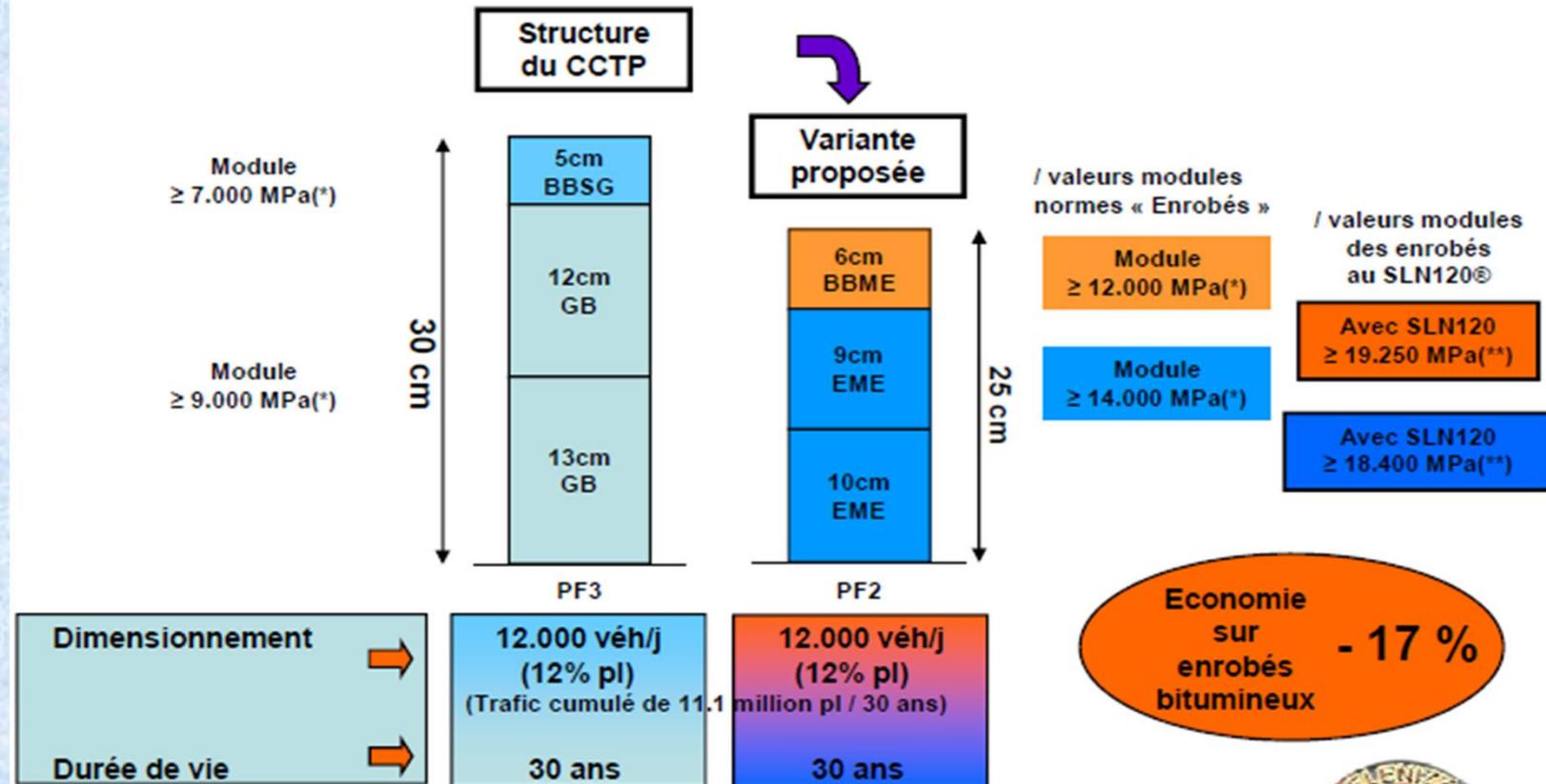
(\*) normes NF P 98 130, NF P 98 138, NF P 98 140, NF P 98 141

(\*\*) modules habituellement obtenus en étude de laboratoire pour les EME et BBME additivés au Selenizza SLN120

# Les enrobés à module élevé

## Re-dimensionnement de chaussée (calculs à partir du programme Alizé)

(à adapter et à étudier en fonction des performances requises et conditions locales (formulations, matériaux, bitume de base, ...))



(\*) normes NF P 98 130, NF P 98 138, NF P 98 140, NF P 98 141

(\*\*) modules obtenus en étude de laboratoire pour les EME et BBME additivés au Selenizza SLN120 (RD901)



***Exemples  
d'utilisation en  
projets routiers***

| 5

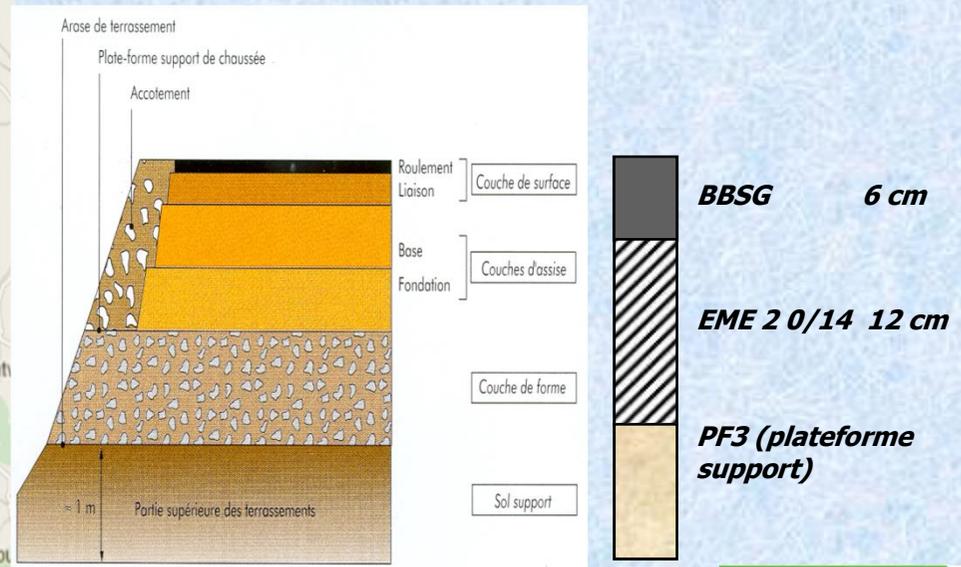
*Salon International des Travaux  
Publics Alger - Novembre 2016*

# Autoroute A 150 (France)



## DESCRIPTION DU PROJET

Construction de 17,5 km de chaussée neuve sur A 150  
Pour répondre aux spécifications techniques selon la norme de marquage CE, **NF EN 13108-1**, le projet prévoit l'utilisation d'un enrobé **EB 14 ASSISE 20/30** ou **EME 0/14** de classe 2



# Autoroute A 150 (France)

Pour la réalisation de l'enrobé recyclé, a été analysé l'utilisation de deux types de liants:

- Formulation **de base**: 30% AE (d'agrégats d'enrobé) + un bitume de **grade 20/30**
- La **variante étudiée**: 30% AE (d'agrégats d'enrobé) + un bitume **50/70 + 1,5 % Selenizza**

## Seuils de validation pour EME 0/14 classe 2

Type de mélange	P.C.G. TENEUR EN VIDES 100 girations  %	r/R Tenue à l'eau	Orniérage 60°C 30 000 cycles  mm	Module Rigidité 15°C 10 Hz  MPa	Fatigue 10 <sup>6</sup> cycles  µm/m
Norme	EN 12697-31	EN 12697-12	EN 12697-22	EN 12697-26	EN 12697-24
EME classe 2	≤ 6	≥ 0.75	≤ 7,5	≥ 14 000	≥ 130 x 10 <sup>-6</sup>

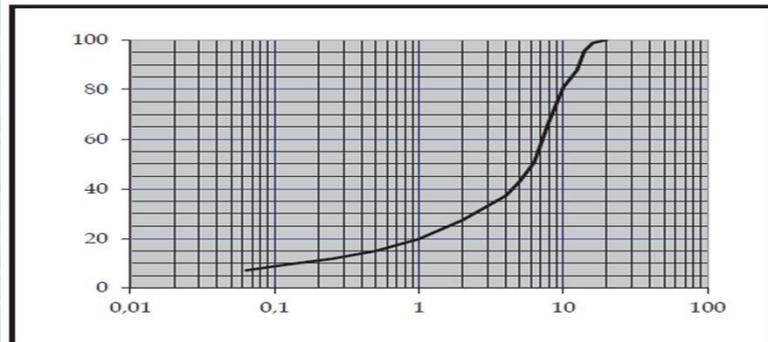


# Autoroute A 150 (France)

Pour la comparaison, les enrobés ont été réalisés avec la **même composition** de matériaux en termes de **courbe granulométrique** et de **% du liant utilisé**

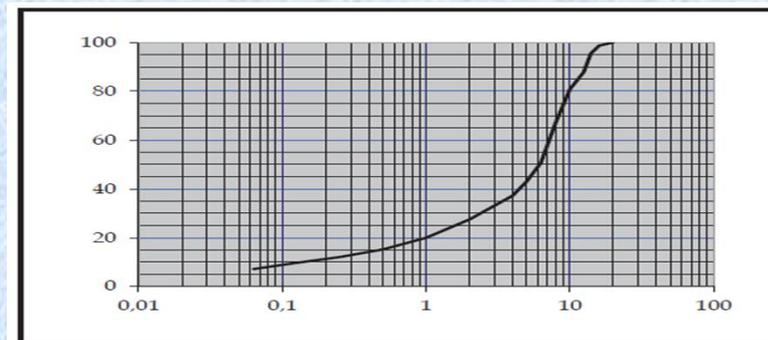
**EME 2 0/14 (30% AE bitume 20/30)**

FORMULE			
19,5%	0/5	STEMA	
21,8%	5/8	STEMA	
12,3%	8/11	STEMA	
11,4%	11/16	STEMA	
1,4%	FILLER	CONS	
29,9%	AE		
	apport liant AE avec		5,0 %TL
3,7%	20/30		
<b>5,2%</b>	<b>BITUME TOTAL</b>		



**EME 2 0/14 (30% AE SLN bitume 50/70)**

FORMULE			
20,4%	0/5	STEMA	
21,8%	5/8	STEMA	
12,3%	8/11	STEMA	
11,4%	11/16	STEMA	
0,3%	SLN 120	FILLER	
1,4%	FILLER	CONS	
29,9%	AE		
	apport liant AE avec		5,0 %TL
2,5%	50/70		
1,50%	SLN 120		
<b>5,2%</b>	<b>BITUME TOTAL</b>		



# Autoroute A 150 (France)

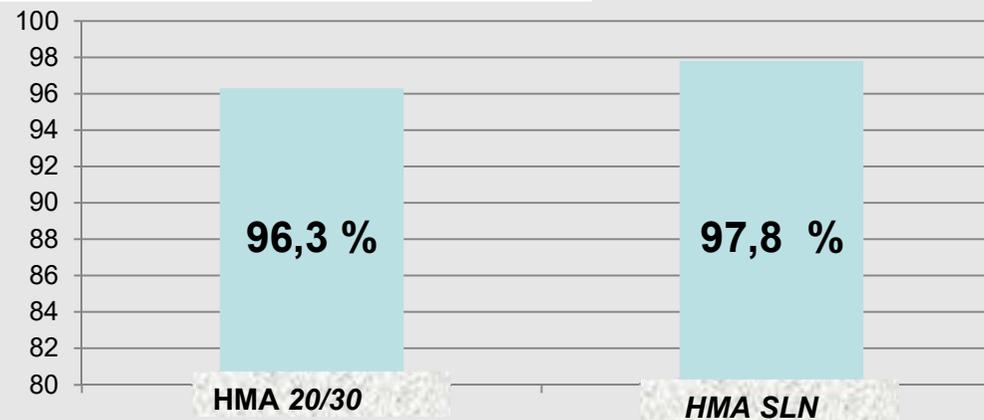
## Sensibilité à l'eau

### EME 20/30

Sensibilité à l'Eau EN 12697-12 Méthode B			
COMPACITE	94,9%	ESSAIS MECANIQUES	
INDICE VIDES	5,1%	C <sub>D</sub> à 18° kPa	17918
MVRG t/m <sup>3</sup>	2,767	C <sub>W</sub> à 18° kPa	17250
MVR t/m <sup>3</sup> *	2,545	i/C (%)	96,3
MVA t/m <sup>3</sup>	2,416	K	3,45

### EME SLN

Sensibilité à l'Eau EN 12697-12 Méthode B			
COMPACITE	95,1%	ESSAIS MECANIQUES	
INDICE VIDES	4,9%	C <sub>D</sub> à 18° kPa	20623
MVRG t/m <sup>3</sup>	2,766	C <sub>W</sub> à 18° kPa	20178
MVR t/m <sup>3</sup> *	2,544	i/C (%)	97,8
MVA t/m <sup>3</sup>	2,418	K	3,46



Les 2 échantillons ont été compactés à 5% de vides

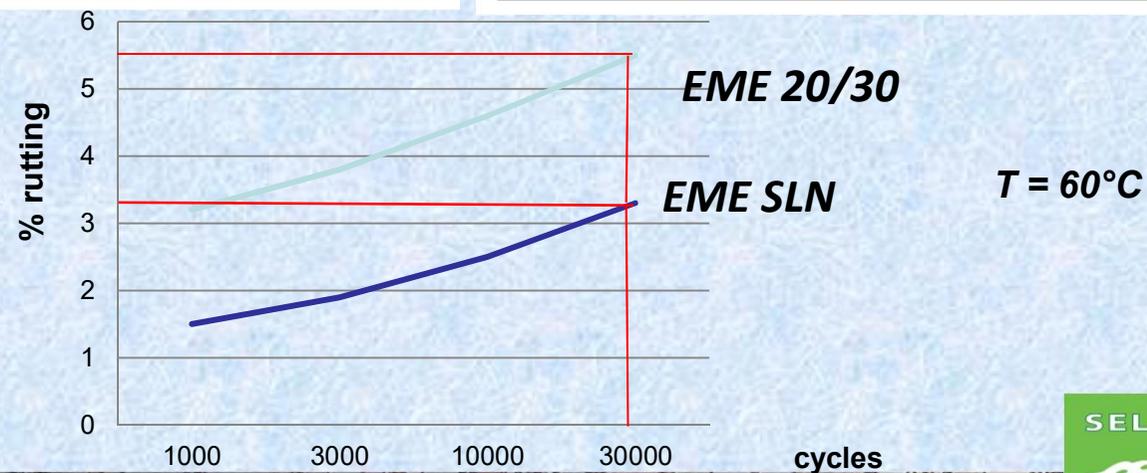


# Autoroute A 150 (France)

## Essai d'orniérage

ESSAI D'ORNIERAGE EN 12697-22		
% de vides des éprouvettes		4,9 %
N Cycles	% ornière moyen	Specific.
1 000	3,2%	
3 000	3,8%	
10 000	4,6%	
30 000	5,5%	< 7,5%

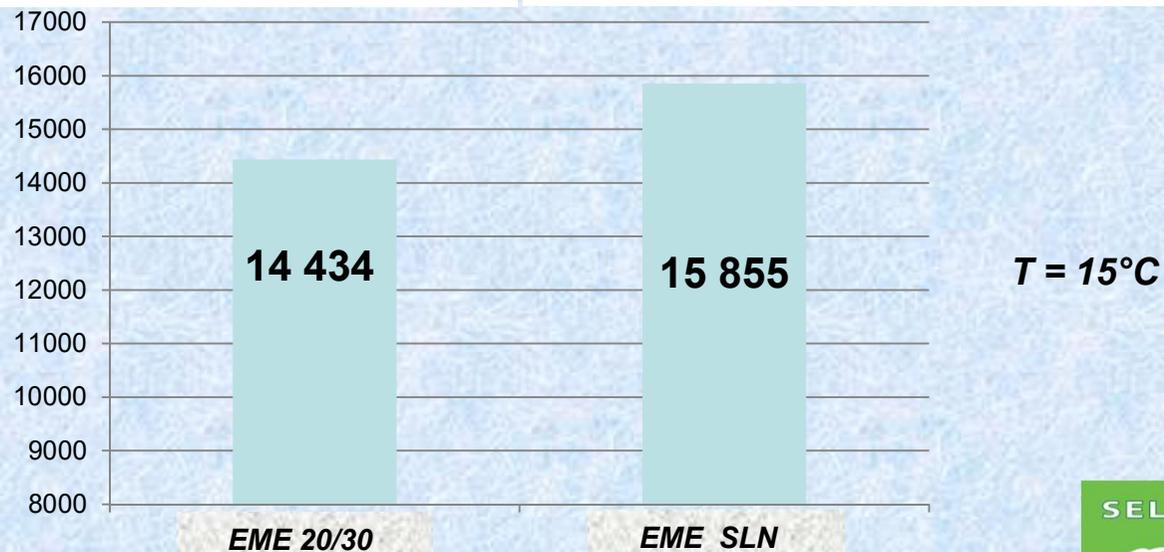
ESSAI D'ORNIERAGE EN 12697-22		
% de vides des éprouvettes		4,7 %
N Cycles	% ornière moyen	Specific.
1 000	1,5%	
3 000	1,9%	
10 000	2,5%	
30 000	3,3%	< 7,5%



# Autoroute A 150 (France)

## Module élastique

TRACTION INDIRECTE EN 12697-26 Annexe C		TRACTION INDIRECTE EN 12697-26 Annexe C	
% de vides	5,1	% de vides	5,0
Module 15°C, 124ms (MPa)	14434	Module 15°C, 124ms (MPa)	15855



# Autoroute A 150 (France)

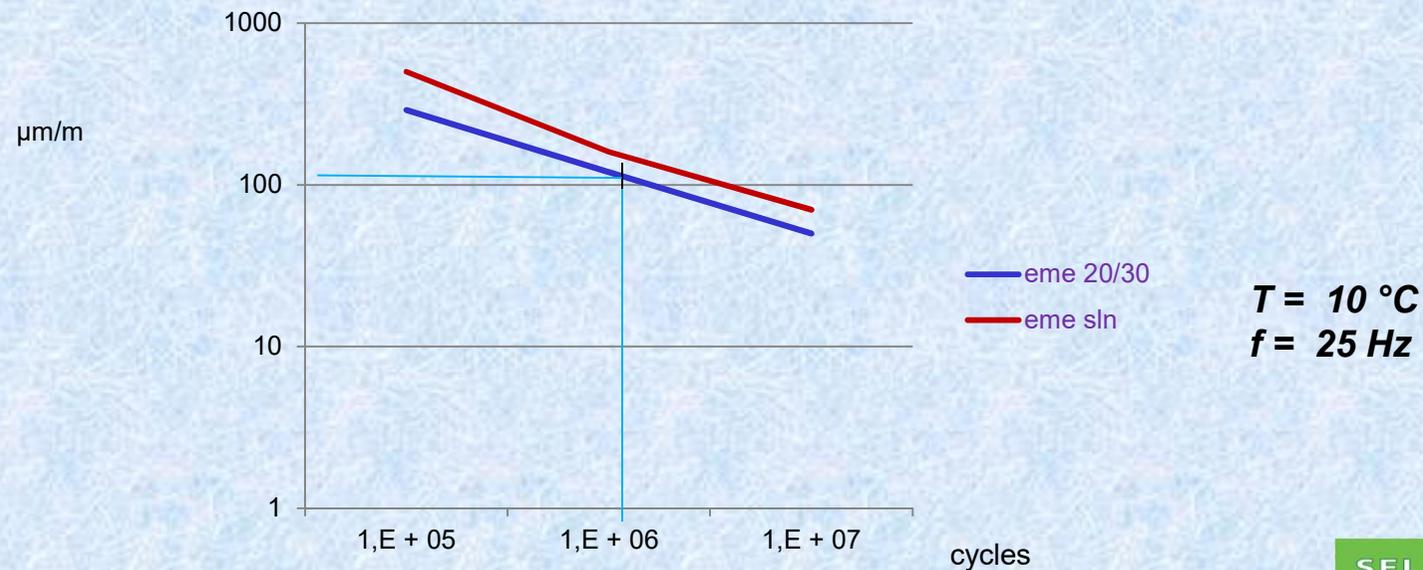
## Fatigue

### ESSAI DE FATIGUE EN 12697-24 Annexe D

MVA (t/m<sup>3</sup>) : 5 % de vides  
Déformation relative à 10°,25Hz 134,1 µm/m

### ESSAI DE FATIGUE EN 12697-24 Annexe D

MVA (t/m<sup>3</sup>) : 5,1 % de vides  
Déformation relative à 10°,25Hz 137,3 µm/m



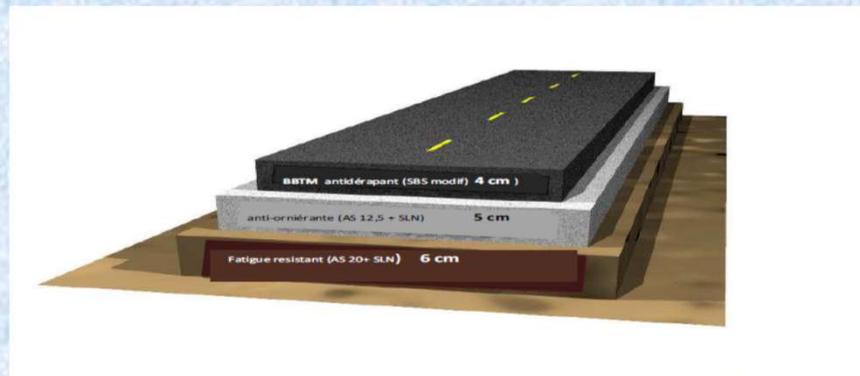
# Autoroute A 150 (France)

Les **résultats valident l'approche** utilisée qui consiste à réaliser la formulation de l'enrobé recyclé EME à base d'un bitume **50/70 +1,5 %** de bitume naturel *Selenizza*.



# Autoroute A8 “Olimpia Odos” (Grèce)

- Le projet comprenait la réalisation de **375 km** d'autoroute et a été conçu en conformité avec les **normes Françaises** appliquées à la **réalité** et l'**expérience de la Grèce**
- La **structure routière** se composait des couches de:
  - **roulement BBTM** antidérapante (**bitume modifié SBS**, Module  $\geq 4\,320$  Mpa, ) **4 cm**
  - **liaison** anti-orniérante (AS 12.5, **bitume 50/70** dont **6% SLN**, Module  $\geq 8\,870$  Mpa) **5cm**
  - **base** anti-fatiguen en enrobé bitumineux dense (DBM ) AS 20, **4.2 % liant: 50/70** dont **6% SLN** ,  $\epsilon_6 = 100 \cdot 10^{-6}$  **6 cm**
  - **forme** (granulats de calcaires broyés) **40 cm**



# Autoroute A8 “Olimpia Odos” (Grèce)

- Pour les formulations de la couche de **base** et de **liaison**, ont été testés **différents** types de **liants** :
  - bitume **50/70**
  - bitume **50/70 + 8% Selenizza**
  - bitume **30/50**
  - bitume modifié **PR PLAST**



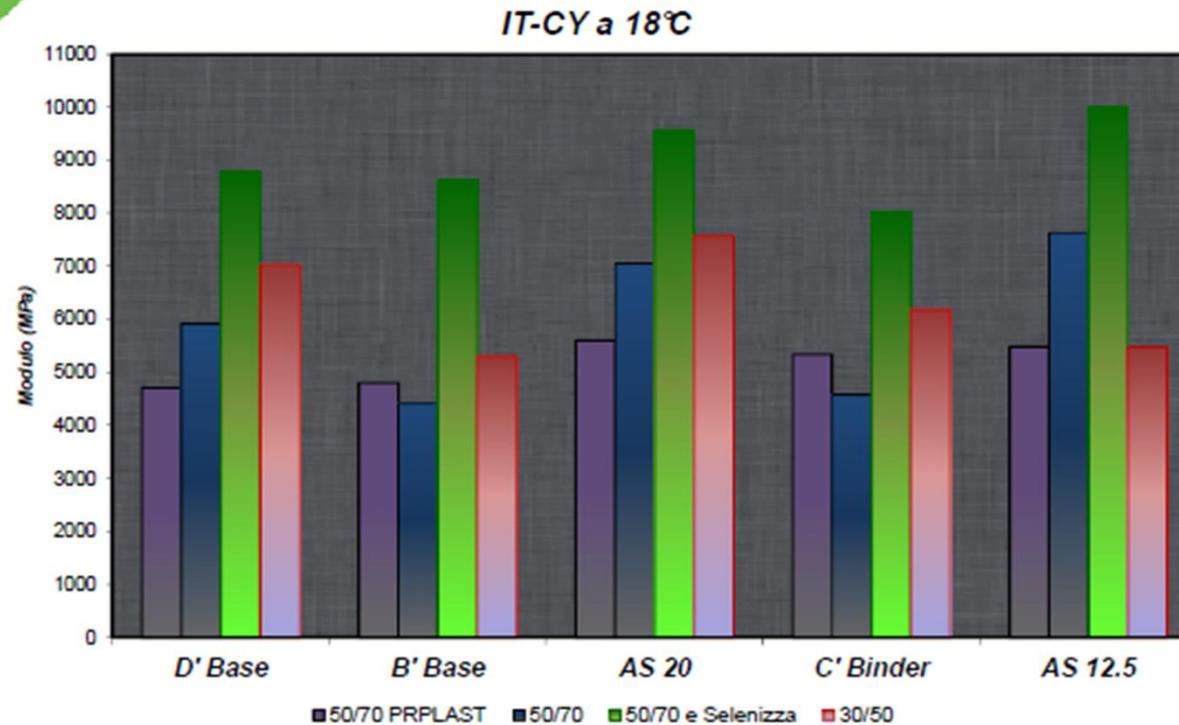
# Autoroute A8 “Olimpia Odos” (Grèce)

Essais de traction indirecte sur éprouvettes cylindriques



Dott. Ing. Luca Noferini  
Laboratorio prove materiali Elletipi srl

## LABORATORY TEST RESULTS STIFFNESS MODULUS



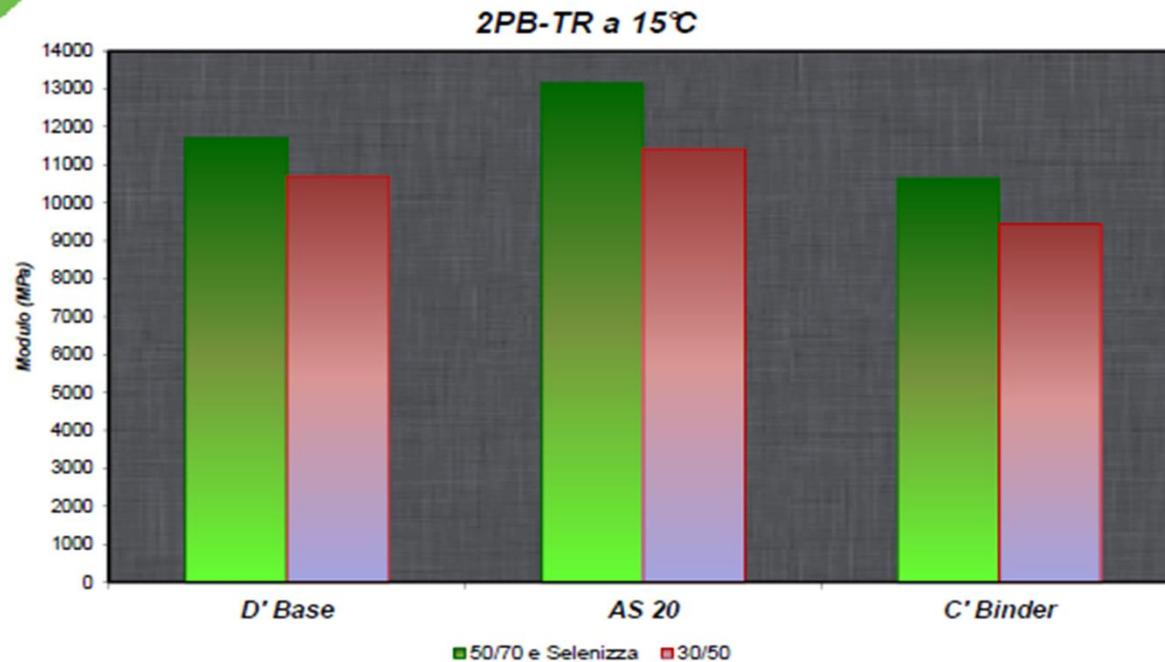
# Autoroute A8 “Olimpia Odos” (Grèce)

## Essais de flexion en deux points sur éprouvettes trapézoïdales



Dott. Ing. Luca Noferini  
Laboratorio prove materiali Elletipi srl

### LABORATORY TEST RESULTS STIFFNESS MODULUS



# Autoroute A8 “Olimpia Odos” (Grèce)

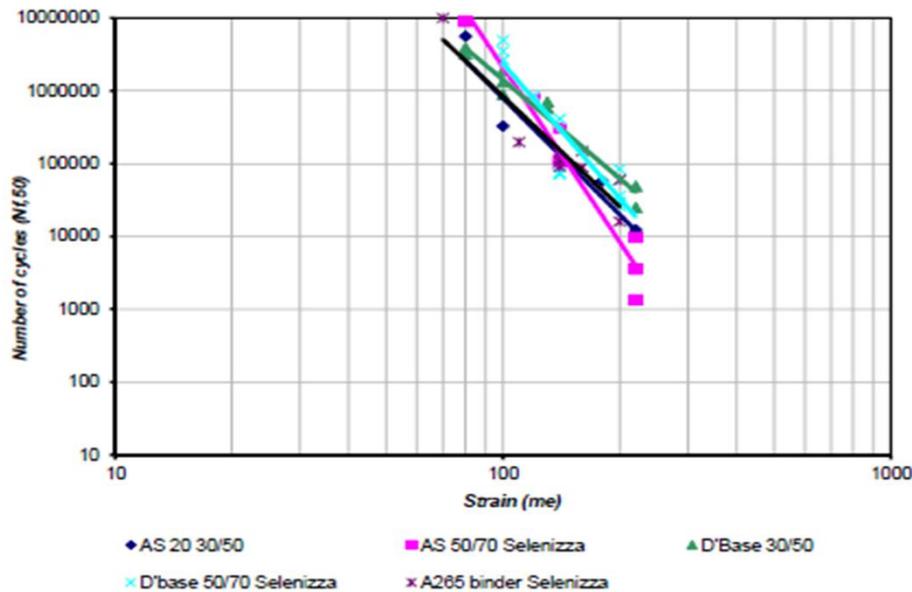
## Essais de résistance à la fatigue



Dott. Ing. Luca Noferini  
Laboratorio prove materiali Elletipi srl

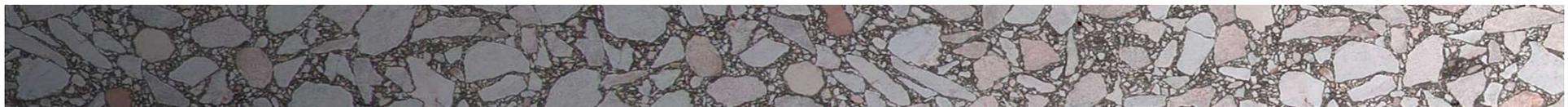
### LABORATORY TEST RESULT FATIGUE RESISTANCE 2PB-TR

SUMMARY OF FATIGUE TESTS 2PB-TR, 10°C, 25 Hz



Material	Bituminous binder	Fatigue $\epsilon_6$ 10 °C, 25 Hz	Class asphalt mix
STS A265 B' binder course	50/70 + 8% Selenice Pen = 39	101.6	DBM4
STS A 260 D' base course	30/50 Pene = 45	108	DBM3
STS A 260 D' base course	50/70 + 8% Selenizza Pen=39	112	DBM4
AS 20 base course	50/70 + 8% Selenizza Pen = 39	110	DBM4
AS 20 base course	30/50 Pen= 45	95	DBM3

	TAC	AC	DBM2	DBM3	DBM4	HDM
10°C	7200	7200	12 300	12 300	14 550	17 000
18°C	4320	4320	7500	7500	8870	12200
$\epsilon_6$	-	-	80	90	100	130
-1/b	-	-	5	5	5	5
SN	-	-	0,3	0,3	0,3	0,25
v	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Kc	-	-	1,3	1,3	1,3	1



# Autoroute A8 “Olimpia Odos” (Grèce)

Les essais de laboratoire ont démontré que le liant à base de bitume **50/70 + 8% Selenizza**, présentait des **meilleures performances de module et de fatigue** par rapport aux autres liants testés, permettant ainsi de réaliser des enrobés d'une **catégorie supérieure, DBM 4**, ce qui a rendu possible la **réduction** de l'épaisseur totale des couches par rapport à celle prévue initialement, d'au moins **4 cm**



# Enrobés à hautes performances (Suisse)

Pour répondre au **défi technique** imposé par:

1. les **contraintes très importantes** subies par les chaussées bitumineuses dues à la forte **hausse du nombre des camions** qui traversent les Alpes suisses chaque année
2. les **condition climatiques** du pays sont très rudes (températures oscillent de -20°C à +40°C)

La **Suisse a intégré** dans sa norme nationale des mélanges bitumineux, le concept des **enrobés à module élevé (EME)**



# Enrobés à hautes performances (Suisse)

- La **classe de performance 1** est préconisée pour améliorer la résistance aux **déformations permanentes** (orniérage)
- La **classe 2**, pour augmenter la **résistance à la fatigue** de la structure de chaussée. **Plus difficile** à atteindre car elle comporte des exigences élevées sur le **module de rigidité** et sur la **résistance à la fatigue** (plus sévère que celle Française)

Les **spécifications suisses** sur les **performances des enrobés** sont indiquées dans le tableau:

	Méthode d'essai	AC EME 22 C1	AC EME 22 C2
Teneur en vides des éprouvettes Marshall (%)	EN 12697-8	≤ 3.0 - 5.0	≤ 1.0 - 3.0
Sensibilité à l'eau, résistance à la traction par fendage ITSR (%)	EN 12697-12	≥ 70	≥ 70
Teneur en liant en pourcentage de la masse d'enrobé (%)		≥ 4.6	≥ 5.4
Résistance à l'orniérage à 30 000 cycles et 60 °C	EN 12697-22		
Profondeur d'ornière sur une plaque de 10 cm d'épaisseur (%)		≤ 5.0	≤ 7.5
Module complexe à 15 °C/10 Hz (MPa)	EN 12697-26	≥ 11 000	≥ 14 000
Résistance à la fatigue à 10 °C/25 Hz (microdéformations)	EN 12697-24	≥ 100	≥ 135

Tableau 1  
Spécifications de la norme suisse SN 640 431-1NAB pour les AC EME 22



# Enrobés à hautes performances (Suisse)

- Pour répondre à **ces contraintes**, **CO.MI.BIT**, une coopérative de fabrication d'enrobés, située à Taverne, dans le Tessin, **a développé** une formulation d'enrobé de type **AC EME 22 C2** qui améliorerait la **performance en fatigue** en utilisant un bitume **modifié par des polymères** tout en gardant un **module de rigidité élevé** à l'aide de **l'additif durcisseur Selenizza®SLN**. Dans le cas concret, le liant était composé d'un bitume polymère dur, le Shell Cariphalte 25 RC, et du bitume naturel Selenizza SLN
- A partir de la **même courbe granulométrique**, **deux formules** ont été testées, avec différents niveaux de dosage de Selenizza, afin de **déterminer le pourcentage** de SLN pour obtenir **un liant final** de pénétration entre **10 et 20 dmm**.



# Enrobés à hautes performances (Suisse)

1. Première formulation (selenizza **26%** du liant)

**3.9%** Shell Cariphalte 25 RC+ **1.4%** SLN = **5.3%**

2. Deuxième formulation (selenizza **29%** du liant)

**3.9%** Shell Cariphalte 25 RC+ **1.6%** SLN = **5.5%**

Composition du liant	Unité	Formule 1	Formule 2
Shell Cariphalte 25 RC	%	3,9	3,9
SLN 120	%	1,4	1,6
Teneur en liant théorique (en % de la masse d'enrobé)	%	5,3	5,5
Module complexe à 15 °C/10 Hz (EN 12697-26)	MPa	19 441	18 336
Pourcentage de vides hydrostatique	%		
Résistance à la fatigue à 10 °C/25 Hz (EN 12697-24)	Microdef	139	145
Pourcentage de vides hydrostatique	%		

Tableau 4

Résultats des essais de module et de fatigue obtenus par Shell Global Solutions



# Enrobés à hautes performances (Suisse)

- Les **résultats des tests** en **module** et en **fatigue** sont **nettement supérieurs** au **spécifications** de la norme suisse pour les AC EME 22 C2
- L'**ajout** de **29%** de SLN donne des **résultats plus faibles**, ce qui pourrait s'expliquer par le fait qu'au delà d'une certaine proportion de SLN, l'**assimilation** est plus difficile et ne contribue pas à augmenter les performances du mélange
- Des mesures réalisées sur des **extractions du bitume**, ont donné des valeurs de la **pénétration** (à 25°C) de **4 dmm** et de la TBA de **110°C**
- Pour remédier au **risque de fragilité à basses températures**, une **nouvelle formulation** a été misé au point par **COMIBIT** et vérifiée ensuite par le labo **LAVOC** de l'Ecole Polytechnique fédérale de Lausanne

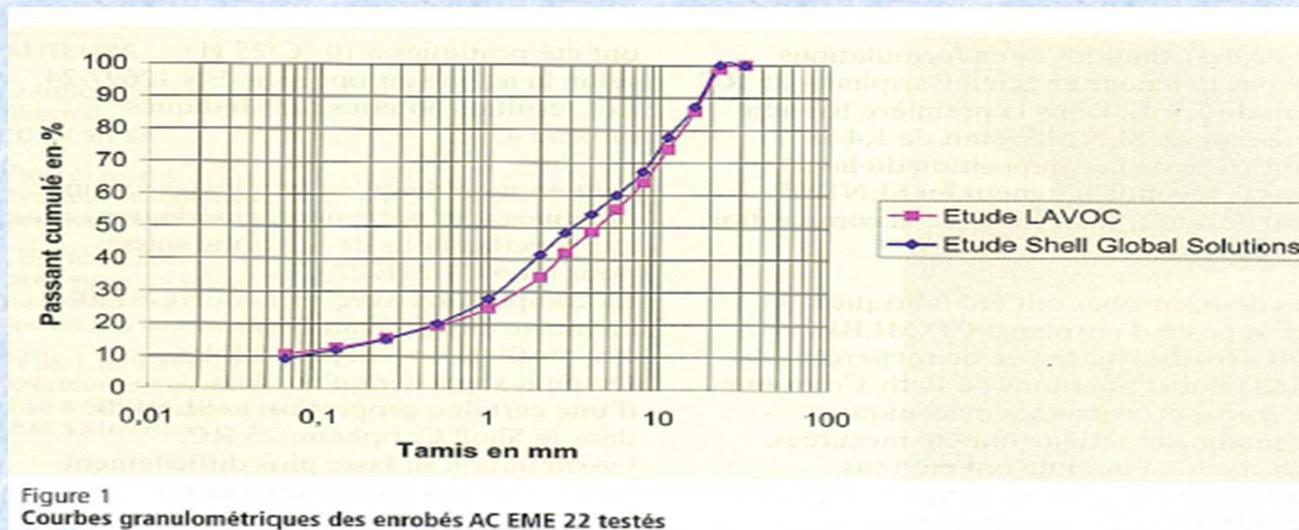


# Enrobés à hautes performances (Suisse)

- La formulation a été **modifiée** afin de maintenir un niveau de résistance à la **fatigue élevé** avec un **module de rigidité moins fort**, :

**4.7% Shell Cariphalte 25 RC+ 1.4% SLN = 6.1%**

La **teneur en liant** a été **augmentée** à **6.1%** et le **pourcentage** de Selenizza a été **abaissé** à **22%** . Le module de richesse = **3.74**



# Enrobés à hautes performances (Suisse)

Après l'extraction du bitume, de la nouvelle formulation, ont été trouvés les valeurs suivantes:

- ❑ **pénétration = 13 dmm**
- ❑ **TBA = 86,7°C**

valeurs qui s'approchent à un **10/20** vieilli après enrobage

Les résultats des tests effectués par LAVOC, selon la modalité de compactage fort, **teneur en vides** des éprouvettes = **2.4%** ont été les suivants:

- ❑  **$\epsilon_6$  (extrapolée)  $\approx$  150 microdéformations** (norme  $\geq 135 \mu\text{def}$ )
- ❑ **Module (15°C/10 Hz) = 15 100 MPa** (norme  $\geq 14\ 000$  MPa)



# Enrobés à hautes performances (Suisse)

- **D'autres** formulations d'enrobé de type **AC EME 22 C1**, ont été **développées**, validées et **appliquées** en collaboration avec le laboratoire **LAVOC** de l'**Ecole Polytechnique** de **Lausanne**, avec des résultats concluants par rapport aux performances en fatigue et très peu susceptibles à l'orniérage

**3.9 % PmB Shell Cariphalte 25 RC + 1,4% SLN = 5.3%**

## *Résultats des tests:*

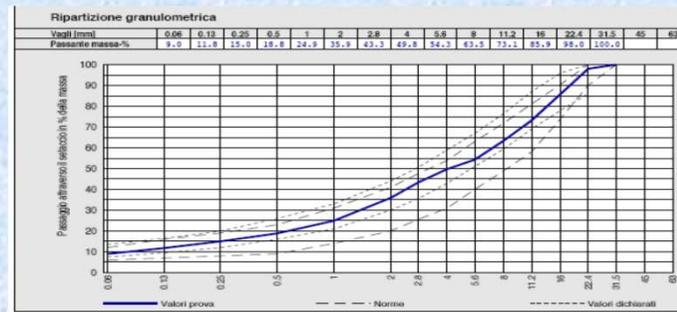
- Module de richesse K=3.30** (norme  $\geq 2.7$ )
  - Orniérage (à 30 000 cycles) = 1.9 %** (norme  $\leq 5\%$ )
  - $\epsilon_6$  (extrapolée)  $\approx 134$  microdéformations** (norme  $\geq 100 \mu\text{def}$ )
  - Module (15°C/10 Hz) = 18 016 MPa** (norme  $\geq 11\ 000$  MPa)
- **Le module de richesse élevé** génère de bonnes **performances en fatigue** et l'enrobé est **très peu susceptible à l'orniérage**

# Enrobés à hautes performances (Suisse)

- A noter également l'utilisation de Selenizza avec des recyclés.

Exemple: **AC EME 22 C2** avec liant Shell B **15/20** + **10%** RA + **0.3%** SLN

Teneur en liant = **5.34%** (4.4% Shell 15/20 + 0.64%RA + 0.3% SLN)



- Orniérage** (à 30 000 cycles) = **3.8 %** (norme  $\leq 7.5\%$ )
- $\epsilon_6$  (extrapolée)  $\approx$  **153** microdéformations (norme  $\geq 130 \mu\text{def}$ )
- Module** (15°C/10 Hz) = **14 800 MPa** (norme  $\geq 14\ 000$  MPa)

- L'enrobé est très **peu susceptible** à l'**orniérage** et **performant en fatigue**. Le bon comportement constaté provient aussi de l'adjonction de Selenizza

# Enrobés à hautes performances (Suisse)

- Après plus de **dix années de service** aux **hivers rigoureux**, sur les différents chantiers réalisés avec ces EME à hautes performances en Suisse, **aucune fissuration thermique** n'est apparue **validant** ainsi la **pertinence de formulation** de ces EME qui présentent des **performances mécaniques** très intéressantes, **nettement supérieures** en **fatigue** au **seuil** de la norme suisse
- **Il est ainsi confirmé l'intérêt de combiner** les avantages du **liant modifié** par des **polymères Shell Cariphalte 25 RC** et du **bitume naturel SLN**

# Chantiers de référence Selenizza®SLN



2011 : contournement autoroute Berne -Suisse

**SELENIZZA®**  
NATURAL BITUMEN

# ***Modes d'introduction*** | **6**

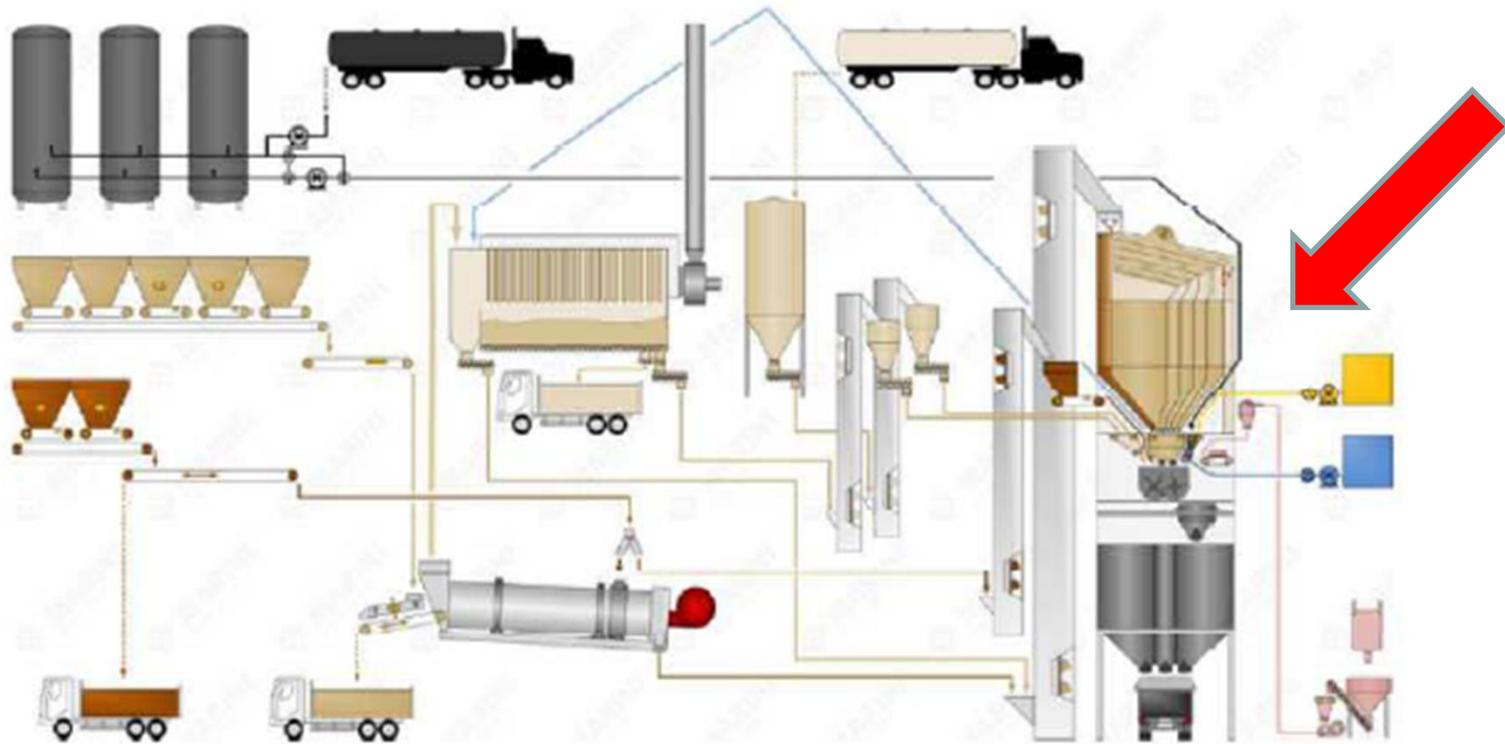
*Salon International des Travaux  
Publics Alger - Novembre 2016*

# Modes d'introduction de Selenizza dans les centrales d'enrobage

1. Incorporé dans le malaxeur lors du malaxage des enrobés pour les **postes discontinus**
2. Ajouté dans l'anneau de recyclage pour les **postes continus**
3. Introduit et mélangé par brassage dans les **citernes de liant**



# 1. Dans le mixer des centrales discontinues



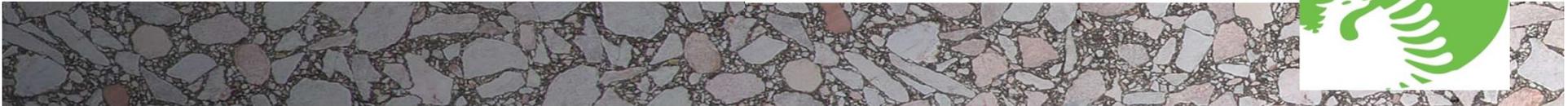
# 1. centrales discontinues transport pneumatique



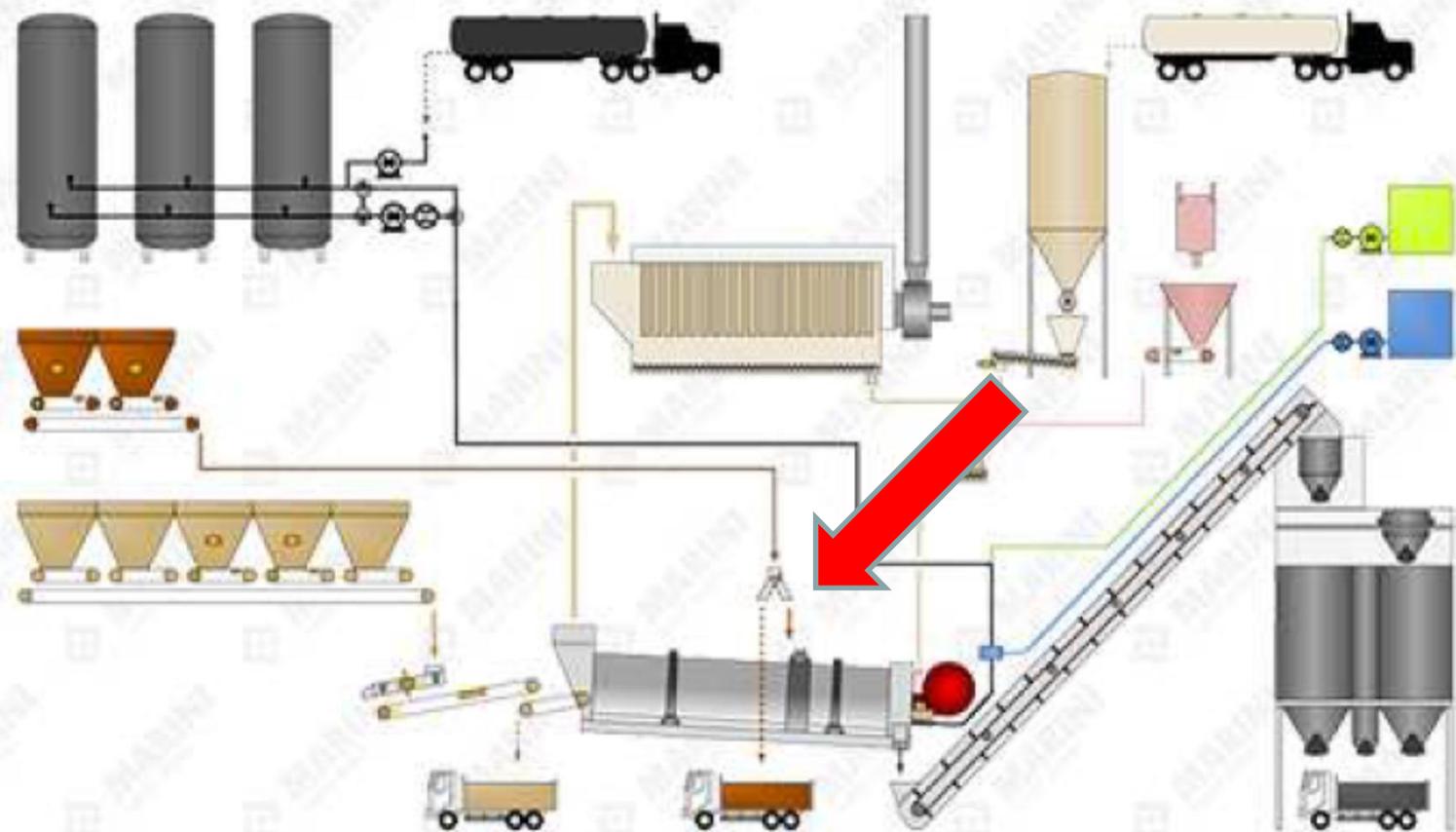
# 1. centrales discontinues

## insertion mécanique dans la trémie

Par bande transporteuse ou convoyeur à vis sans fin



## 2. Dans l'anneau de recyclage des centrales continues



## 2. Introduction de SELENIZZA



## 2. Introduction dans l'anneau de recyclage des centrales continues



**(300 tons /heure France) enrobé recyclé + Selenizza**

SELENIZZA



## 2. Introduction dans l'anneau de recyclage des centrales continues

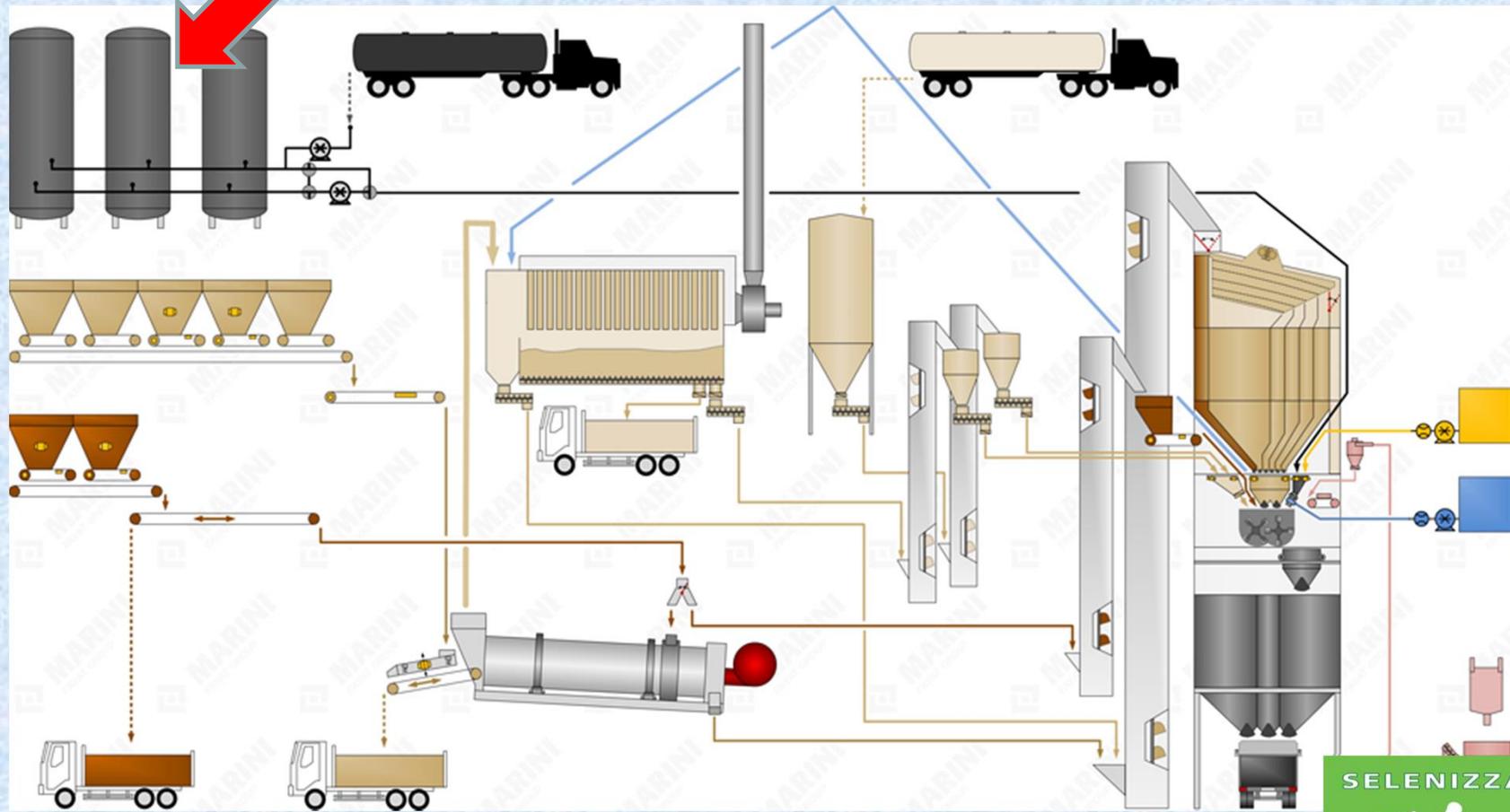


enrobé recyclé + Selenizza

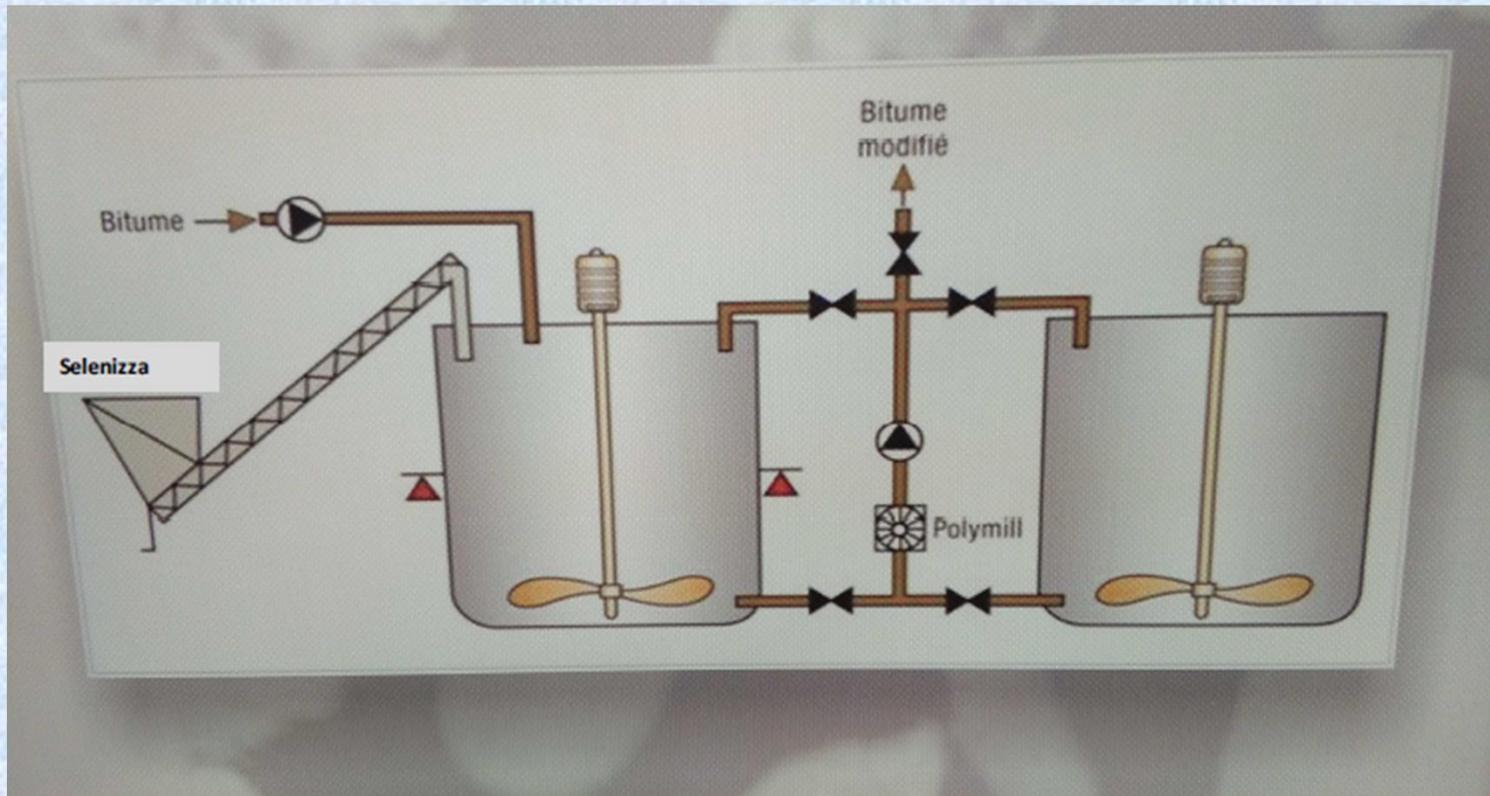
SELENIZZA



### 3. Introduit et mélangé par brassage dans les citernes du liant



### 3. Introduit et mélangé par brassage dans les citernes du liant



### 3. Introduction dans les citernes de liant



Mélange avec le bitume liquide (Serbie)



### 3. Introduction dans les citernes de liant



mélangé directement dans les citernes du liant (Serbie)



### 3. Introduction dans les citernes de liant



Mélange avec le bitume liquide, batchs de 100 tonnes  
(Albanie)



### 3. Introduction dans les citernes de liant



Mélange avec le bitume liquide, batchs de 100 tonnes  
(Albanie)



### 3. Introduction dans les citernes de liant



Mélange avec le bitume liquide, batchs de 100 tonnes  
(Albanie)



### 3. Introduction dans les citernes de liant



Mélange avec le bitume liquide, batchs de 100 tonnes  
(Albanie)



### 3. Introduction dans les citernes de liant



Mélange avec le bitume liquide, batchs de 100 tonnes  
(Albanie)



### 3. Introduction dans les citernes de liant



mélangé directement avec le bitume liquide dans les citernes des polymères (Grèce)



# ***Conclusions***

|7

*Salon International des Travaux  
Publics Alger - Novembre 2016*

# Conclusions

- **Conforme à la norme EN 13108-4**
- **100% compatible** avec tous les **bitumes routiers** de pétrole (et les bitumes modifiés par des polymères)
- Hautes performances du **Module & Orniérage**
- Meilleure adhésion **bitume-agrégats & meilleure maniabilité**
- Réduction des **épaisseurs** des couches
- **Ralentisseur de vieillissement & Longévité élevée** des routes
- **Impact environnemental réduit**





***Merci pour votre attention!***

