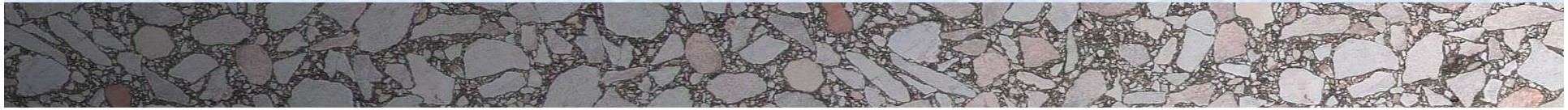
La contribution des bitumes naturels pour la réalisation des EME pour les climats froids

M. Sc. Eng Edith Tartari
Selenice Bitumi



Sommaire

1. *Modification des bitumes routiers de raffinerie par l'ajout des bitumes naturels*

2. *Caractéristiques et comportement à basses températures de Selenizza SLN® et des liants à base de bitumes naturels*

3. *Exemples de formulations appliquées dans des pays caractérisés par de fortes oscillations de températures. Critères de choix*

4. *Produit respectueux de l'environnement*

5. *Conclusions*

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Modification des bitumes routiers par les bitumes naturels

1

Développement des enrobés bitumineux à module élevé (EME) en régions froides
Montréal, le 30 Septembre 2016

caractérisation des différents bitumes naturels

- **Une étude** réalisée par l'Université de Rome ***''LA SAPIENZA'',*** *s'est penchée sur la* **caractérisation** des bitumes naturels et l'évaluation de **leur contribution** dans la modification des **bitumes de raffinage**.
- *Les travaux de recherche avaient pour but d'analyser* ***quelques bitumes naturels*** *les* ***plus connus*** *commercialement et* ***d'évaluer leur efficacité*** *en tant 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 percentage de **10%**
- la température **150 – 180 °C** pour une solubilité complète

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

caractérisation des différents bitumes naturels

- *Pour analyser la nature de la modification, ont été utilisées deux techniques:*

  - ***L'analyse rhéologique dynamique***
  - **L'analyse calorimétrique par balayage différentiel modulée (MDSC)**

- ***L'analyse rhéologique*** *a été réalisée en utilisant un rhéomètre rotatif en conditions:*

  - ***isochrones,*** *balayage en température, pour évaluer le comportement viscoélastique à températures* ***relativement hautes***
  - ***isothermes,*** balayage en fréquence, pour déterminer le comportement rhéologique ***en basses températures***

- Les essais rhéologiques ont été effectués dans les **domaines viscoélastiques linéaires** respectifs pour **chaque échantillon** de sorte à appliquer le principe de ***superposition temps-température*** permettant d'obtenir la courbe maitresse

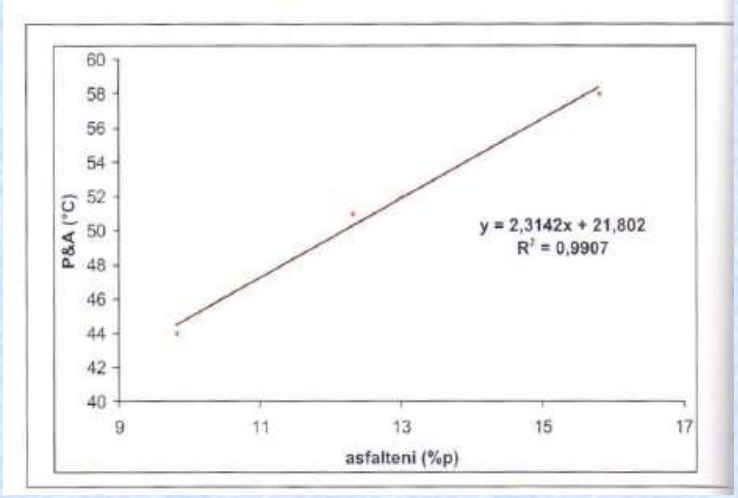
SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

caractérisation des différents bitumes naturels

L'incidence sur la Pénétration et la Température de Ramollissement TBA

- Comme on pouvait s'y attendre, dans les trois cas, le bitume modifié obtenu était caractérisé de valeurs **plus élevées de la TBA** et des valeurs de la **pénétration plus basses** par rapport au bitume conventionnel d'origine, dû à la présence de **hauts pourcentages des asphaltènes** dans les bitumes naturels

Type of bitumen	Penetration at 25° (1/10 mm)	R&B Temperature °C	Asphaltenes content (%)
Original bitumen	96	44	9,8
+10% Gilsonite	38	58	15,8
+10% Selenizza	67	52	13,0
+10% Trinidad	78	51	12,3



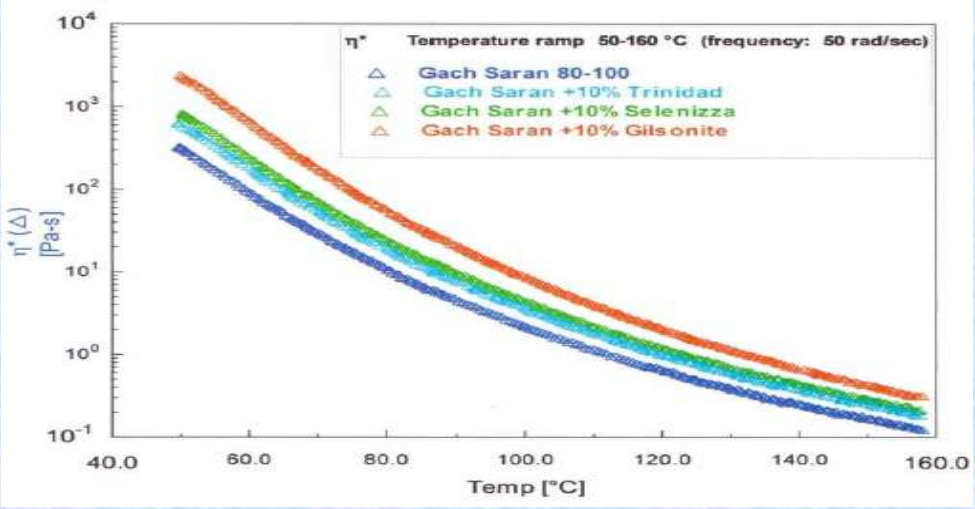
Corrélation entre teneur en aspaltènes et la TBA

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

caractérisation des différents bitumes naturels

L'impact sur les caractéristiques viscoelastiques à hautes températures

- Pour les **moyennes et hautes températures** (50 – 160°C), le **comportement rhéologique**, dont le point de ramollissement représente la limite inférieure, ne dépend pas de la qualité du modifiant mais est fonction exclusivement de la **teneur en asphaltenes**



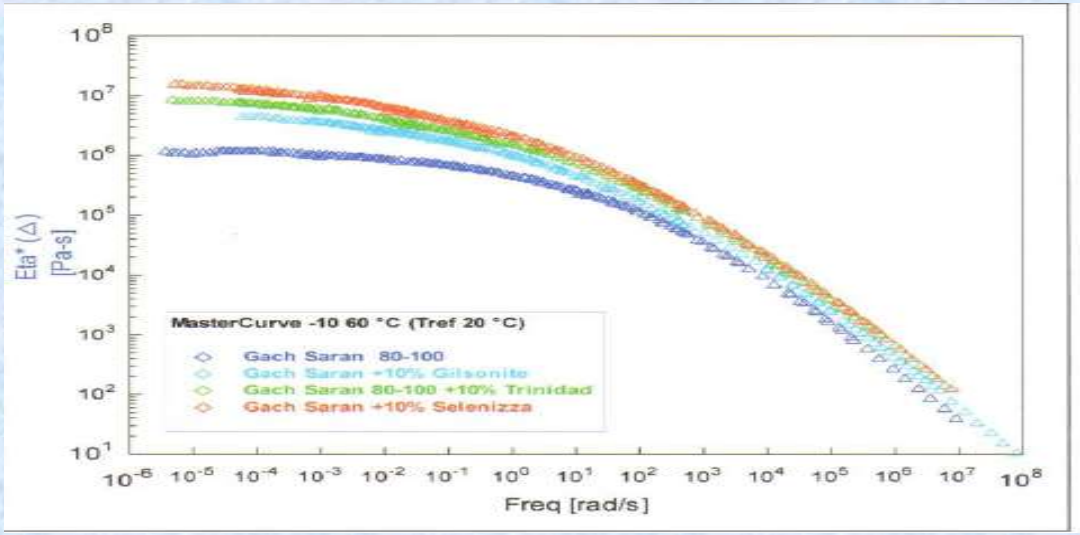
- Les courbes de viscosité sont **déplacées vers le haut**, mais **restent parallèles** (même forme et pente pour tous les types de modifiants). L'ajout des modifiants **n'affecte pas** les **interactions internes** entre les composants asphalténiques du bitume modifié, phénomène typique pour le **additives compatibles.**

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

caractérisation des différents bitumes naturels

L'impact sur les caractéristiques viscoelastiques à basses températures

- En **basses températures** (**10 - 60°C**), les modifications rhéologiques semblent **complexes** et **différeniciées**



- **Courbes maitresses** η*, G',G'' = f(ω) construites **à 20°C** et **60°C.** Le comportement **viscqueux et** la **ductilité** des échantillons modifiés **sont affectés par** la **qualité** du bitume naturel (composantes bitumineuse+inorganique). A **T=20°, inversion de la viscosité** à zéro cisaillement: η_0 (GS) < η_0 (Gil) < η_0 (Trid < η_0 (Sln)

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

caractérisation des différents bitumes naturels

Analyse calorimétrique par balayage différentiel modulé MDSC:

- Les échantillons (7 – 10 mg), ont été soumis à une rampe linéaire **du flux de chaleur** superposée d'une **onde sinusoïdale**

$$dQ/dt = C_p\,\beta + f(T, t)$$

L'intervalle de températures: [-50 °C, + 160 °C]

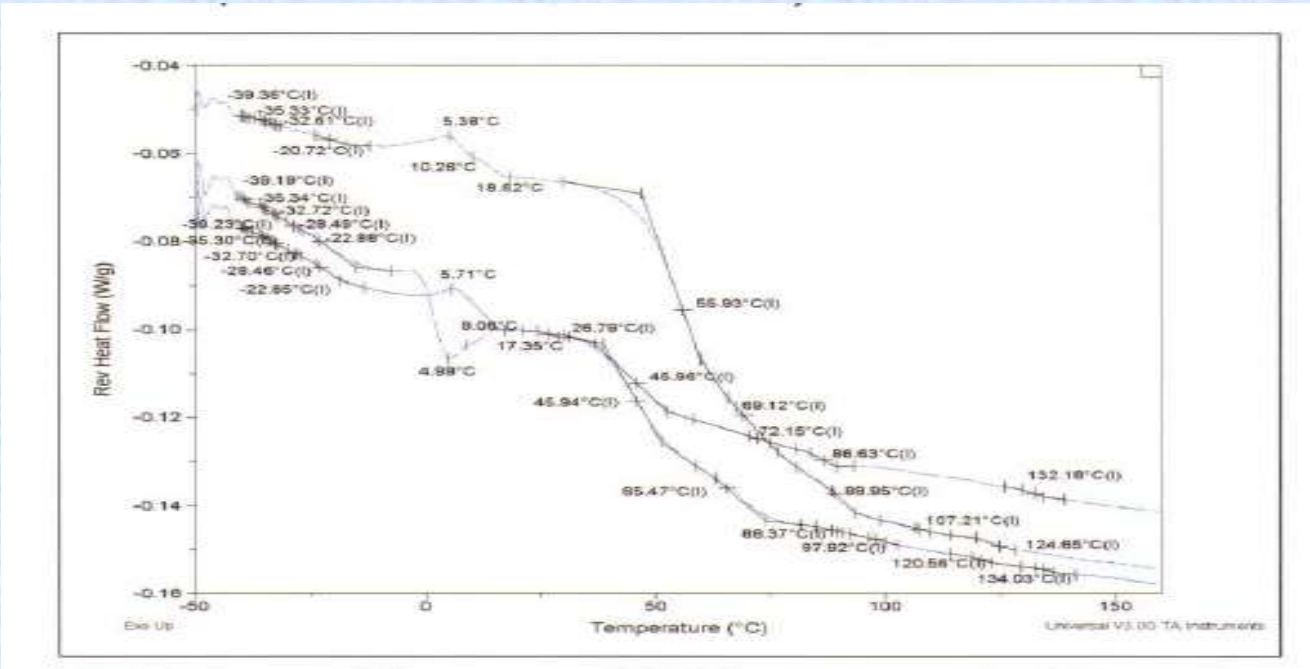
- Pour les bitumes, la **courbe réversible ≈ 1/ C_p** , résulte plus indicative:
  - **transitions vitreuses**
  - **ramollissements**

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

caractérisation des différents bitumes naturels

Analyse calorimétrique par balayage différentiel modulé MDSC:

Courbes réversibles des échantillons mixés



SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

caractérisation des différents bitumes naturels

Analyse calorimétrique par balayage différentiel modulé MDSC:

- L'**analyse calorimétrique** MDSC montre que le **comportement rhéologique** du bitume de raffinerie **résulte modifié par** l'addition des bitumes naturels

- **Trinidad et Selenizza** : ont un **impact** sur la **limite inférieure** l'intervalle de **ramollissement** du bitume de distillation (+55,8 °C ➔ 45,9°C) dû à la présence de **≠ phases malténiques** (de masse molaire plus petite), qui **ramollissent à plus basses températures**. Les phases asphalténiques se comportent de manière indépendante. Il est obtenu un effet de **dilution du bitume origine**

- **Gilsonite,** ne joue pas un rôle de diluant, mais **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

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Caractérisation de Selenizza ®SLN

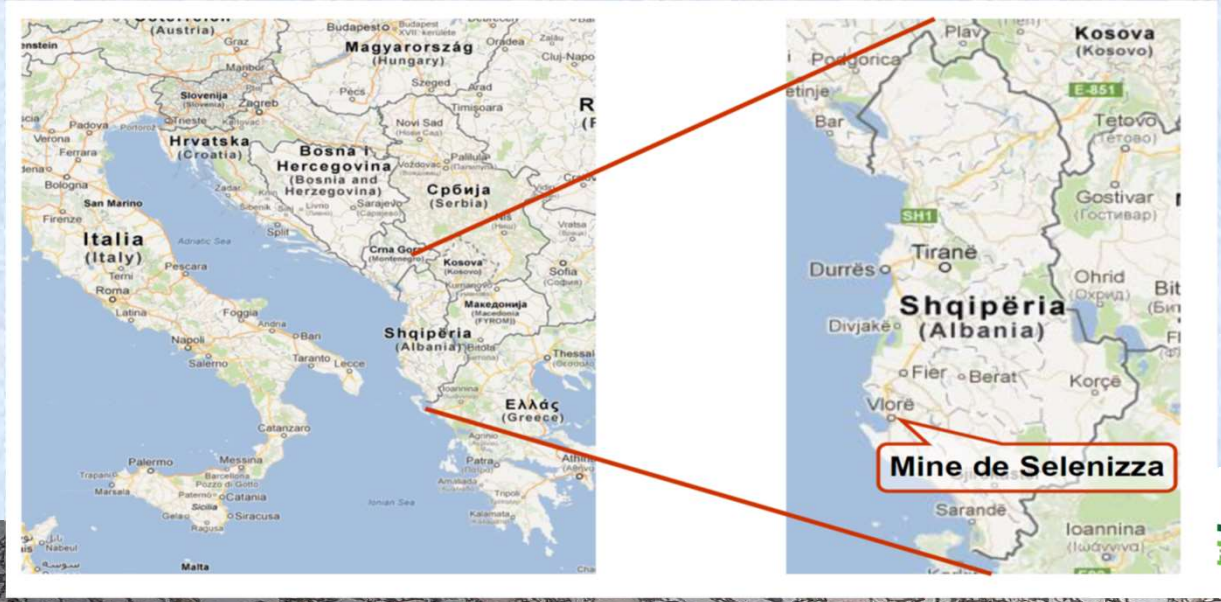
2

Développement des enrobés bitumineux à module élevé (EME) en régions froides
Montréal, le 30 Septembre 2016

Caractérisation du bitume naturel Selenizza®SLN

➢ La **mine de Selenice** se trouve dans le **sud-ouest** de **l'Albanie.** Elle est mentionnée depuis **l'antiquité par Aristote** et a été activement utilisée par **les Romains**. Après des siècles de silence, en **1868,** le géologue **français H. Coquand** a publié la première **description géologique** des gisements des bitumes albanais. Le gouvernement ottoman a cède l'exploitation de la mine aux **français** (1871), suivi des **italiens** (1919-1943). Après la deuxième guerre mondiale la mine a été exploitée pour l'état Albanais.

Depuis 2001, la mine est gérée par la **compagnie française KLP Industries** et la production de bitume, réalisée sur des bases modernes en exploitation à ciel ouvert, connait un essor de plus en plus important.



.ENIZZA®
RAL BITUMEN

Caractéristiques principales de SelenizzaSLN

Pénétration à 25°C (1/10 mm)	EN 1426	≤ 2
Température de ramollissement (TBA °C)	EN 1427	≤ 120
Indice d'acidité (mg KOH/g)	EN 14104	3,5
Densité à 20°C (g/cm³)	EN ISO 3838	1,16
Teneur en asphaltènes (% poids)	ASTM D2007-11	> 50
Perte de masse à 163°C, 5 heures (%)	EN 13303	0,08

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Caractérisation du bitume naturel Selenizza®SLN

- **Une thèse de doctorat** récemment soutenue à **l'Université de Strasbourg** et encadrée par **Dr. Emmanuel Chailleux,** portait sur l'étude du **potentiel de l'emploi** du **bitume naturel Selenizza®SLN** 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)

- Cette **étude,** qui s'inscrit dans le **cadre industriel de l'intégration** des enjeux **du développement durable**, propose une **méthode de substitution** avec l'utilisation des **bitumes naturels** pour la production des **liants durs** et des **EME** en **conformité avec la Normalisation Européenne**, **résistant au vieillissements** et **relativement performants** aux **basses températures**

- 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.

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Caractérisation du bitume naturel Selenizza®SLN

- L'analyse des **propriétés physico-chimiques** du bitume naturel Selenizza a montré que sa **phase organique** est semblable aux bitumes pétroliers mais avec comme spécificité une teneur **élevé en fractions polaires** (résines + asphaltènes) résultant en **une transition vitreuse** à plus **hautes températures,** mais aussi, en une bonne **adhésion du bitume aux agrégats minéraux**

Teneur en fractions SARA – séparation IATROSCAN

		Saturated [%]	Aromatic [%]	Resin [%]	Asphaltene-i [%]	I_c
Purified sample-depth	Average Standard deviation	1,7 0,35	24,8 2,29	35,1 1,35	38,4 1,88	0,67
Purified sample-surface	Average Standard deviation	1,5 0,14	22,7 1,37	37,2 1,90	38,6 1,58	0,67
Raw sample- depth	Average Standard deviation	1,6 0,29	23,8 1,40	34,6 1,16	40,01 1,99	0,71
Raw sample-surface	Average Standard deviation	1,6 0,24	19,7 2,02	37,9 1,60	40,8 2,74	0,73

- L'indice de **l'instabilité colloïdale I_c** montre que SelenizzaSLN présente un caractère **sol ou sol-gel**

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Comportement à basse température

Evolution de la transition vitreuse des bitumes modifiés en fonction du % de Selenizza

	Total heat flux				
	T_g1 [°C]	T_g [°C]	T_g2 [°C]	ΔT_g [°C]	$\Delta\Phi$ [W/g]
Petroleum bitumen 50/70	-31,9	-22,9	-13,2	18,6	0,022
Mixed with 5% Selenizza	-30,9	**-23,1**	-13,8	17,1	0,019
Mixed with 10% Selenizza	-30,3	-23,1	-13,3	17,0	0,018
Mixed with 15% Selenizza	-32,1	-23,3	-13,4	18,8	0,019
Natural bitumen Selenizza	-12,6	-1,1	16,2	28,8	0,021

- L'**analyse calorimétrique différentielle** a montré que **l'addition** du bitume naturel **n'affecte pas** la transition **vitreuse** des bitumes (T_g, ΔT_g et $\Delta\Phi$ ne semblent pas évoluer).Parallèlement, il a été observé une **légère diminution** de la **teneur en fractions cristallisables**, avec le taux de modification.
- Cependant il est important de noter que la comparaison d'**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 aux basses températures) était **T_g = - 23.1°C** pour le **bitume modifié,** par rapport à **T_g = -19.3°C** pour le **bitume pétrolier**, ce qui montre une **meilleure résistance** à la **fissuration fragile** du **bitume naturel**

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Effets du vieillissement des bitumes naturels

- 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 (oxydation)** du bitume dans l'enrobé qui se manifeste par une **diminution de la pénétrabilité** et une **augmentation de la température bille-anneau**

- L'étude a aussi montré que **le vieillissement** se traduisait également par une **augmentation** de la norme du **module complexe** et par un gain **d'élasticité** (diminution de l'angle de phase)

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Selenizza: ralentisseur du vieillissement

Pénétrabilité et TBA des matériaux avant et après le vieillissement

Description	Pénétrabilité (dmm)					TBA (°C)				
	Liant Neuf	Après RTFOT	Δ_1 %	Après PAV	Δ_2 %	Liant Neuf	Après RTFOT	Δ_1 %	Après PAV	Δ_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	**28.9**	15	**60.5**	52.6	57.2	**8.7**	66.0	**25.4**
Mélange à 10%	28	21	**25**	13	**53.5**	56.2	60.8	**8.1**	68.8	**22.4**
Mélange 15%	20	14	**30**	11	**45**	61.6	65.4	**6.1**	72.2	**17.2**
Pétrolier 35/50	40	27	**32.5**	12	**70**	52.6	56.8	**7.9**	66.2	**25.8**
Pétrolier 20/30	23	12	**47.8**	7	**69.5**	60.0	67.0	**11.6**	78.8	**31.3**
Pétrolier 10/20	18	9	**50**	5	**72.2**	65.0	72.6	**11.7**	86.0	**32.3**

(Δ_1 , Δ_2) bitumes modifiés <<< (Δ_1 , Δ_2) bitumes pétroliers

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

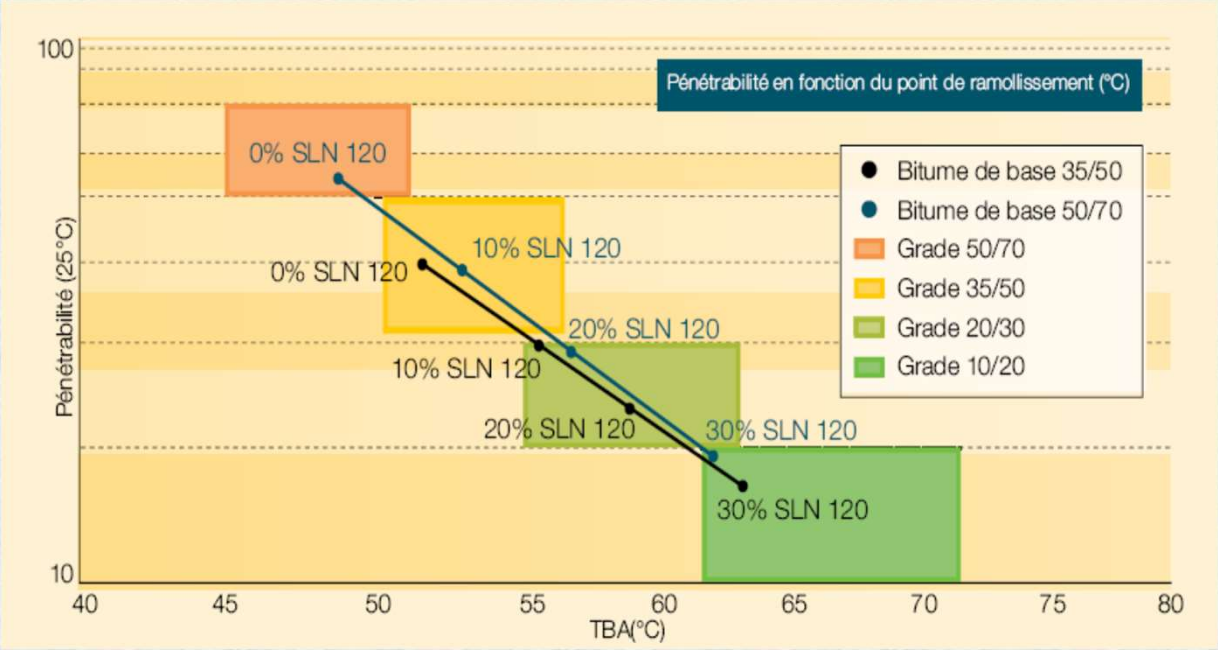
Selenizza: ralentisseur du vieillissement

- *Les **effets du vieillissement** et ceux de la **fatigue thermique** sont **couplés**, le phénomène de **fatigue thermique** à basses températures de service **en hiver**, se **cumulant** avec **l'effet du vieillissement** (durcissement du liant), en **amplifiant la contrainte thermique** induite par le **refroidissement**. Par conséquent, il est raisonnable de présumer que les **bitumes modifiés** avec le bitume naturel **Selenizza**, présentent, en terme de **comportement** de l'enrobé **à basses températures, un avantage** par rapport aux **bitumes de pétrole** de grade équivalent.*

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

modification totale du liant

- 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 aphalténiques différentes, ce qui le rend **100% compatible** pour des **mélanges stables** avec n'importe quel type de **bitume routier**



- 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.

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Fissuration à basse température

EME-01: avec bitume **pétrolier 20/30, EME-02** : bitume **50/70** modifié **préalablement avec SLN, EME-03:** addition de **Selenizza dans le malaxeur**

Les résultats présentés dans la figure montrent que l'**EME-01** est plus **thermo rigide** comparé aux **EME avec du bitume naturel.**

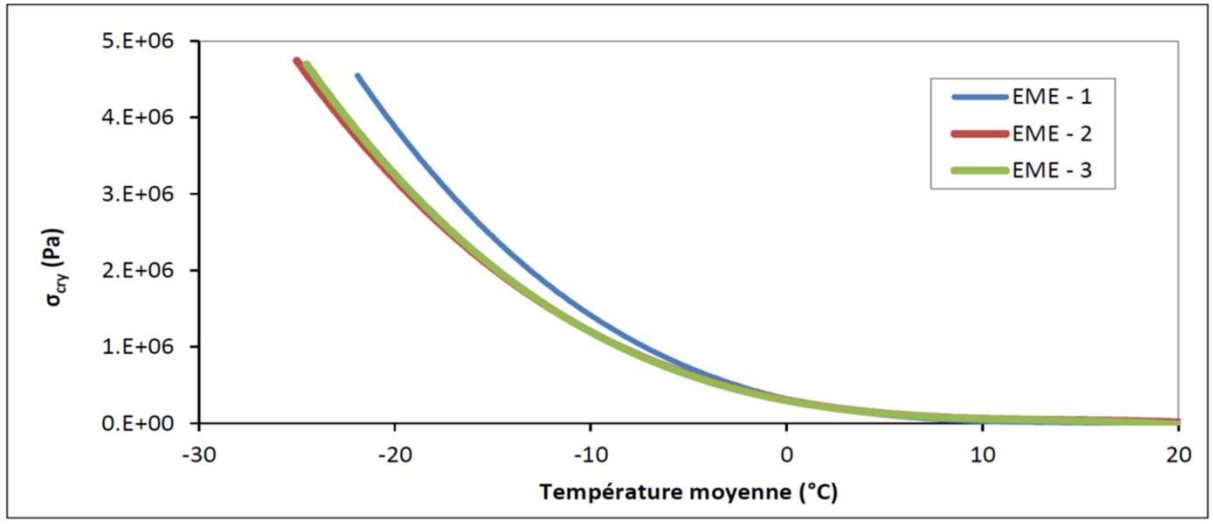


Figure 94 : Contraintes cryogéniques déterminées par l'essai de retrait empêché.

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Fissuration à basse température

Les **EME avec** bitume naturel **Selenizza** ont une **meilleures performance aux basses températures** par rapport à **l'EME produit** avec le bitume pétrolier dur, **de grade équivalent**

Températures et contraintes de rupture

Référence	$T_{failure}$ (°C)	Ecart type$T_{failure}$ (°C)	$\sigma_{cry,failure}$ (MPa)	Ecart type$\sigma_{cry,failure}$ (MPa)
EME-01	-21,4	0,27	4,523	-
EME-02	-25,1	0,48	4,752	0,13
EME-03	-24,9	1,47	4,715	0,36

Les **EME-02 et EME-03** produits avec Selenizza sont très proches **d'un EME de classe 2**, le matériau **le plus performant** de la **normalisation européenne**.

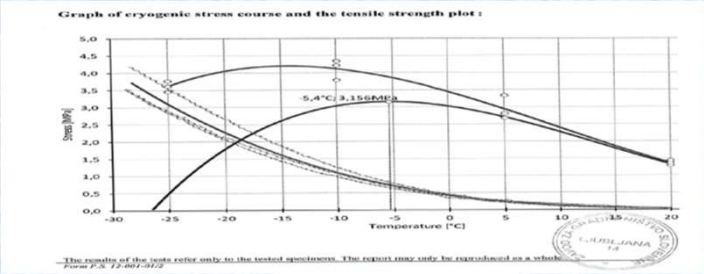
SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Fissuration à basse température

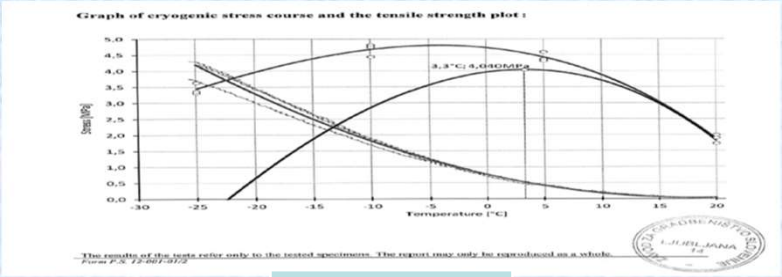
➢ **Le laboratoire** des asphaltes et produits bitumineux **de l'Institut national Slovène de construction et génie civil ZAG,** a réalisé des **essais comparatifs de retrait thermique empêché TSRST,** sur un échantillon d'enrobé **de couche de base AC 22** avec un liant **50/70**, et la **même formulation** d'enrobé à base d'un **liant 50/70 modifié avec SelenizzaSLN**

Les courbes **de traction directe** et la courbe des **contraintes cryogéniques** des tests ont montré que Selenizza apporte une **certaine rigidité** (avec Selenizza, les courbes sont **décalées à droite**, vers les valeurs de température positives). À **T= 3,3 °C**, l'enrobé avec SLN est soumise à une contrainte de traction supérieure **4,04 MPa**, par rapport à une contrainte de traction de **3,156 MPa** à **T= -5,4 °C**, pour l'enrobé classique

Courbe traction directe & contraintes cryogéniques



Liant 50/70



50/70 + SLN

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Fissuration à basse température

- Les essais montrent que l'addition de Selenizza **a peu d'influence** sur la **résistance à la rupture** à basse température

- La température de fracture à l'essai TSRST est de **-25°,3** pour **-28°,4** pour l'enrobé sans Selenizza.

Test results summary :

Failure temperature at TSRST	$T_{failure}$	-28,4°C
Maximum tensile strength reserve	$\Delta\beta_{t,max}$	3,156MPa
Temperature at $\Delta\beta_{t,max}$	$T(\Delta\beta_{t,max})$	-5,4°C

Liant 50/70

Test results summary :

Failure temperature at TSRST	$T_{failure}$	-25,3°C
Maximum tensile strength reserve	$\Delta\beta_{t,max}$	4,040MPa
Temperature at $\Delta\beta_{t,max}$	$T(\Delta\beta_{t,max})$	3,3°C

Liant 50/70 + SLN

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

combiner les avantages du liant modifié par des polymères et du bitume naturel ***SelenizzaSLN***

- D'une manière générale, les études sur la modification des bitumes pétroliers par des bitumes naturels montrent que ces derniers **améliorent** le comportement aux hautes températures (notamment **résistance à l'orniérage**) et **détériorent** celui aux **basses températures**.

- La **combinaison** des **bitumes naturels** avec les **polymères** représente une **solution attractive** du point de vue **technique et économique.** Une **partie du SBS** peut **être remplacée** par le **bitume naturel** pour **réduire le coût** de l'enrobé. Aussi, le remplacement de SBS par l'asphalte naturel, selon quelques auteurs, conduit à une **augmentation de la maniabilité**, ce qui peut permettre une **réduction** de **l'énergie de compactage.**

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Exemples de formulations d'EME. Critères de choix

3

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 **conditions climatiques** du pays sont très rudes (températures oscillent de -20°C à +40°C)

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

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

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 cyles 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

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Enrobés à hautes performances (Suisse)

- Pour répondr**e à ces contraintes**, **CO.MI.BIT,** une coopérative de fabrication d'enrobés, située à Taverne, dans le Tessin, **a dévelopé** une formulation d'enrobé de type **AC EME 22 C2** qui améliorait 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 pénetration entre **10** et **20 dmm**.

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

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

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

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 dela 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 remedier 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 féderale de Lausanne

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

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**

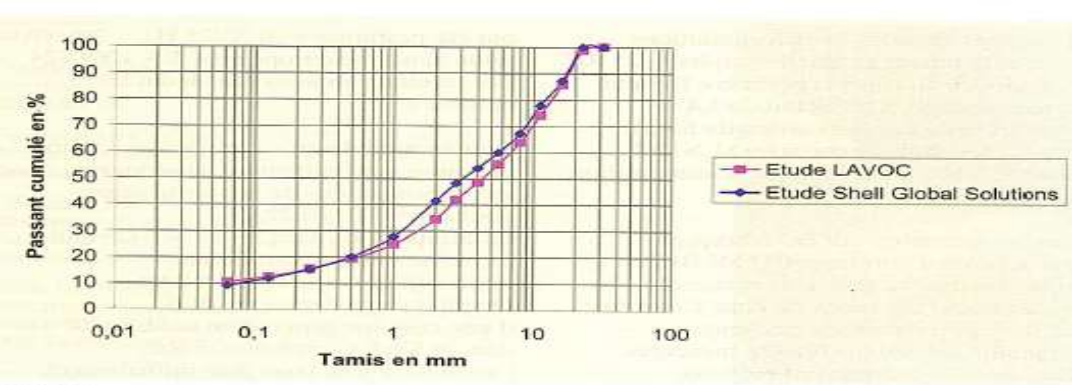


Figure 1
Courbes granulométriques des enrobés AC EME 22 testés

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Enrobés à hautes performances (Suisse)

Après l'extraction du bitume, de la nouvelle formulation, ont été trouvées 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:

- ε_6 (extrapolée) ≈ **150 microdéformations** **(norme ≥135 µdef)**
- **Module** (15°C/10 Hz) **= 15 100 MPa** **(norme ≥ 14 000 MPa)**

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Enrobés à hautes performances (Suisse)

- **D'autres** formulations d'enrobé de type **AC EME 22 C1,** ont été **dévelopées**, 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 richese K=3.30** **(norme ≥2.7)**
- **Orniérage (à 30 000 cycles) = 1.9 %** **(norme ≤5%)**
- ε_6 (extrapolée) ≈ **134 microdéformations** **(norme ≥100 µdef)**
- **Module** (15°C/10 Hz) **= 18 016 MPa** **(norme ≥ 11 000 MPa)**

- Le **module de richesse élevé** génère de bonnes **performances en fatigue et** l'enrobé est **très peu susceptible à l'orniérage**

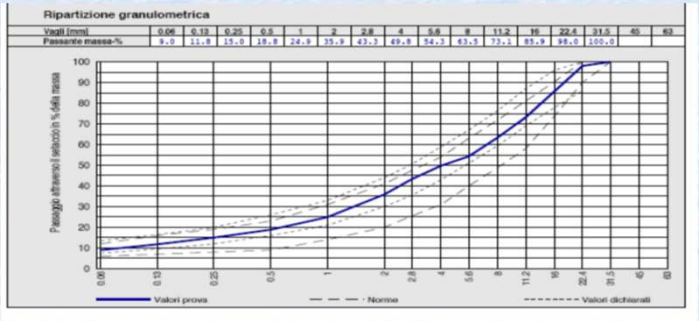
SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

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 ≤7.5%)
- **ε_6** (extrapolée) ≈ **153** microdéformations (norme ≥130 µdef)
- **Module** (15°C/10 Hz) **= 14 800 MPa** (norme ≥ 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

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Enrobés à hautes performances (Suisse)

- Après plus de **dix années de service** aux **hivers rigoureux,** sur les différents chanters 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**

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Chantiers de référence Selenizza®SLN

2011 : Pont à Val Verzaska, Tessin - Suisse

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Chantiers de référence Selenizza®SLN

Canton Ticino - Suisse

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Chantiers de référence Selenizza®SLN

Asphalte coulé Suisse

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Chantiers de référence Selenizza®SLN

AutorouteTessin - Suisse

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

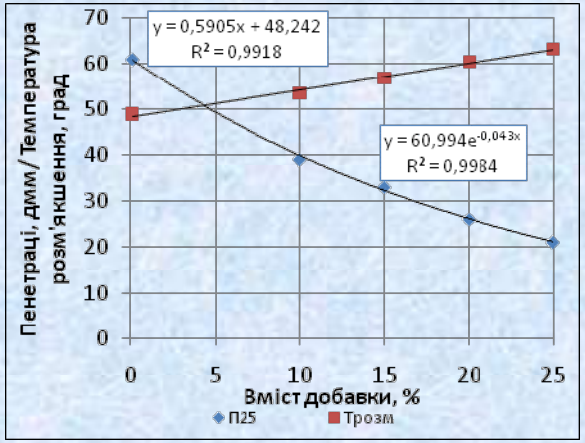
Chantiers de référence Selenizza®SLN

2011 : contournement autoroute Berne -Suisse

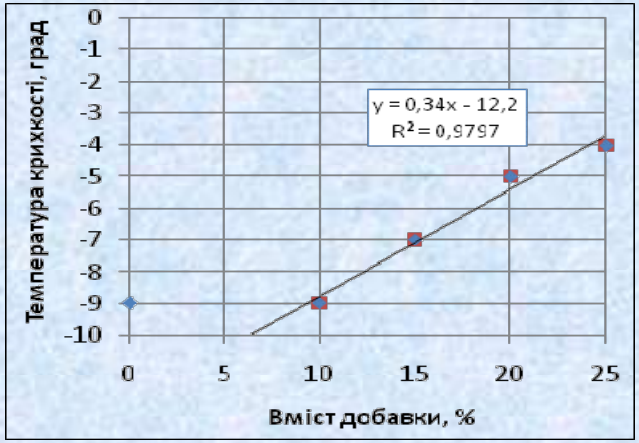
SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Enrobés à hautes performances - Ukraine

En Ukraine, SelenizzaSLN a été **légalisé** comme **matériau de construction.** Il a été **classifié** comme un **modifiant de bitume** pour les enrobés d'asphalte à **être inséré** dans une proportion de **4-12%** de la **masse du bitume de base.** L'analyse des propriétés de Selenizza pour déterminer sa **compatibilité** avec les **Bitumes Ukrainiens** (de grade de penetration 60/90), ou avec ceux des pays **environants**,a été réalisée par **l'Université Nationale Technique des Transports** du pays.



La modification de la pénetration et TBA de BND 60/90 en fonction du % de Selenizza



La modification du point de fragilité Fraas de BND 60/90 en fonction du % de Selenizza

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Enrobés à hautes performances (Ukraine)

L'étude a montré que l'adition de Selenizza jusqu'à **10%, n'affecte** pas la température du **point Fraas** du bitume 60/90. Au **dessus** de ce %, il a été observé une **augmentation proportionnelle** de la température du point Fraas avec le % de SelenizzaSLN

SLN [%]	0	10	15	20	25
Fraas T [°C]	-9	-9	-7	-5	-4

SelenizzaSLN a été utilisé à des pourcentages de **4%** jusqu'à **16%** (principalement **5%** et **8%**), dans des différentes zones à **fort traffic** et conditions **climatiques sévères,** où les températures varient de **-30°C** en hiver, jusqu'à **+ 30°C** en été.

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Enrobés à hautes performances - Ukraine

- Route **Kiev – Kovel,** dans la partie **occidentale** de l'Ukraine, revêtement de surface

SMA -20, 8cm couche de base & 8cm couche de liaison, sur 3 segments d'une longueur totale d'environ 5 km

Avec Selenizza

Avec SBS

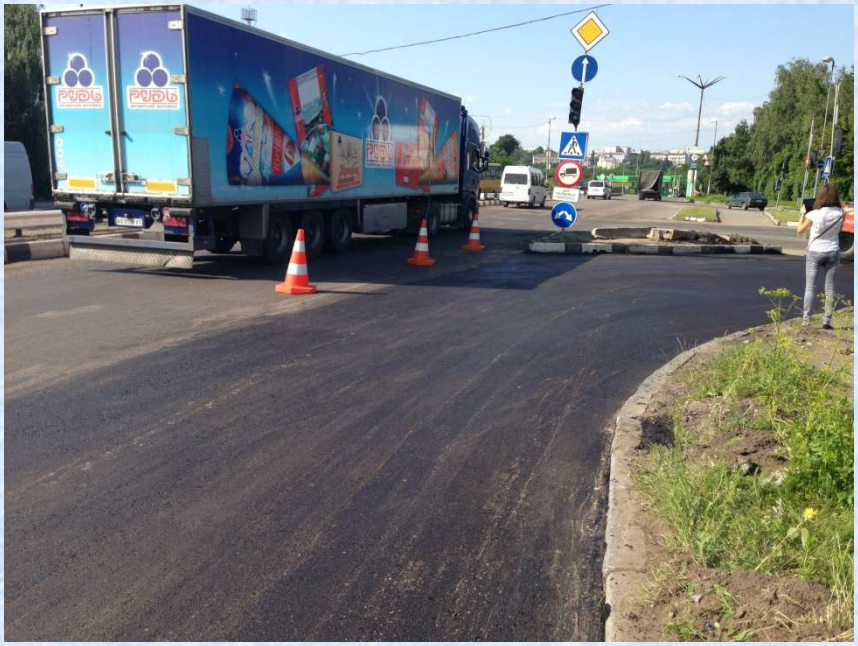
Après 3 années de service la route en très bon état !!!

Au **milieu de la chaussée** avec Selenizza, sur une petite section, **pour comparaison,** a été utilisé un liant additivé **avec Kraton**. La route avec Selenizza est **plus lisse** et d'une couleur **plus noir** par rapport au segment avec Kraton

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Enrobés à hautes performances - Ukraine

Zhitomir, à 70 Km à l'ouest **de Kiev**



Avant

Après

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Enrobés à hautes performances - Ukraine

- Route **Kiev – Crimea,** dans la **partie méridionale** de l'Ukraine, SMA 15 mm type A and G, 2 segments d'une longueur totale d'environ 2 km

Mykolaev. Pas **d'orniérage après 5 ans**. Les routes sont absolument **nivelées et lisses**, celles **à forte pente** aussi.

Exceptionnel, le cas d'une **courbe raide,** à circulation intense, **aucune fissure observée** 5 années après la pose.

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Enrobés à hautes performances - Ukraine

Route nationale Mykolaiv (Ukraine)

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Enrobés à hautes performances - Ukraine

Kiev

SMA avec 6 % Selenizza

Echangeur autoroutier entrant à Kiev
à circulation intense

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Chantiers de référence Selenizza®SLN

Périphérique Kiev (Ukraine)

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Enrobés à hautes performances - Ukraine

Piste d'atterrissage d'helicoptères au centre de la ville près du Parlement, réalisée en **enrobé** bitumineux à **6,5% de Selenizza**

Après plus **de 5 années d'utilisation**, il a résulté que l'emploi de SelenizzaSLN était très efficace, en général il n'y a **pas de signes d'orniérage** et **pas de dégâts** liés à la température du **point FRAAS**. La résistance à la **déformation permanente** comparée aux chaussées sans Selenizza était augmentée par un facteur de **1,5** à **2,5,** ainsi que la **durabilité** de la chaussée

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Un bitume naturel respectueux de l'environnement

4

ANALYSE CYCLE DE VIE

SELENIZZA comparé aux bitumes de raffinerie

- La **crise économique** mondiale et la prise de **conscience environnementale**, ont créé le besoin de **liants bitumineux** qui **répondent efficacement** aux contraintes de **LCA**

- L'Analyse du Cycle de Vie (LCA), évalue la **durabilité de différents** matériaux en déterminant **les impacts environnementaux** de **tous les stades du cycle** de vie d'un produit, de sa **conception à son élimination**

- Nous avons de plus en plus besoin de **quantifier l'impac**t sur l'environnement et **comparer les solutions potentielles** se basant sur des **données scientifiques**

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

ANALYSE CYCLE DE VIE

SELENIZZA comparé aux bitumes de raffinerie

- Dans le cadre d'un engagement commun pour un **développement durable**, **l'Université de Rome**, en coopération avec la **société Selenice Bitumi,** ont réalisé un projet de recherche, visant à analyser et comparer pour la première fois, en termes de **consommation d'énergie** et **émission de CO_2** entre:

1. Le **cycle traditionnel** de production des bitumes de raffinerie issus du pétrole brut

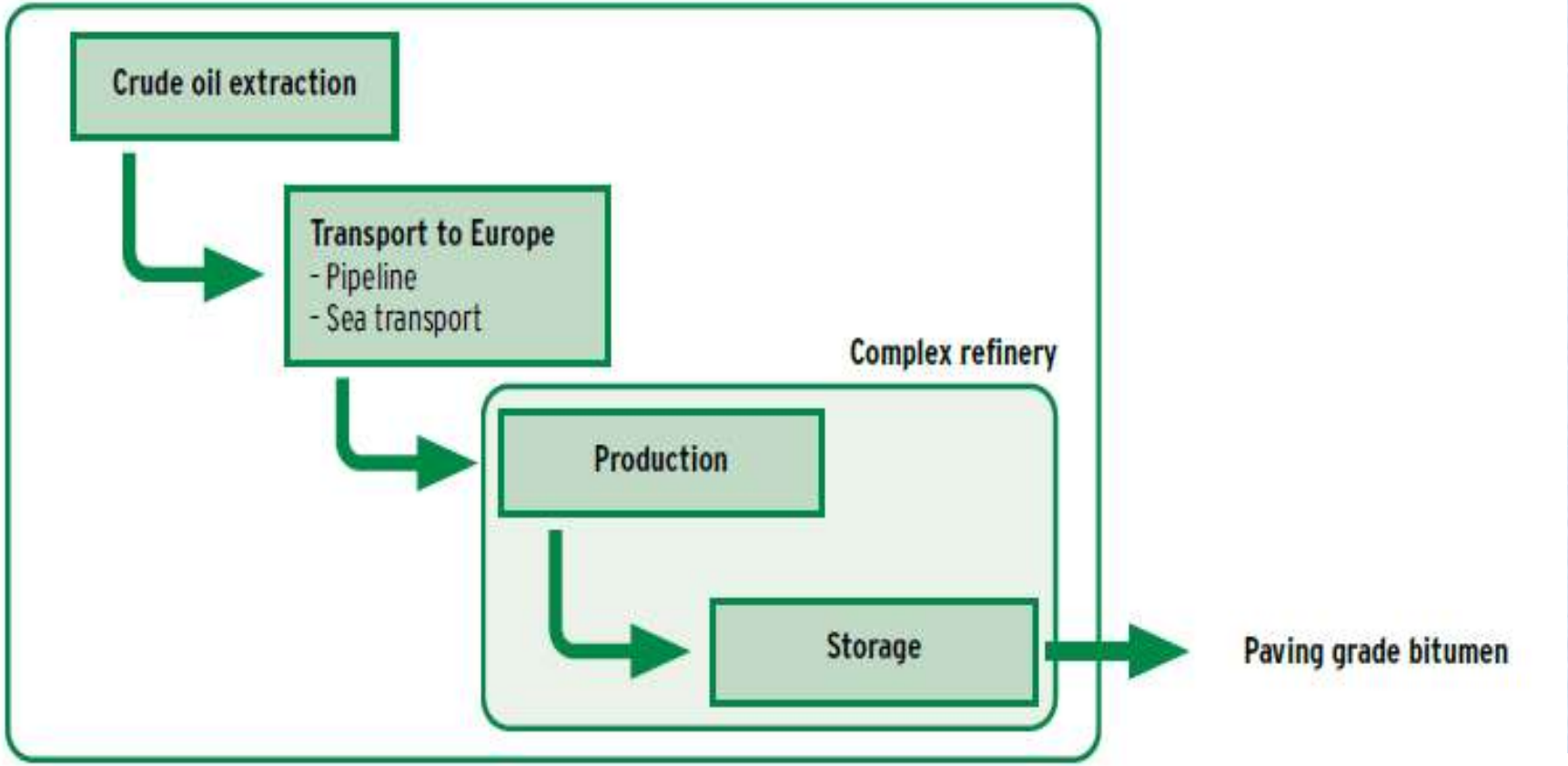
2. Le **processus de production** de **l'asphalte naturel,** extrait directement à la mine de Selenice en Albanie, l'unique en Europe

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

ANALYSE CYCLE DE VIE

SELENIZZA comparé aux bitumes de raffinerie

***Chaine de production** du **bitume de raffinerie** (approche globale du berceau à l'élimination)*



SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

ANALYSE CYCLE DE VIE

SELENIZZA comparé aux bitumes de raffinerie

➢ L'étude a été **réalisée conformément** aux directives de la **norme EU** (ISO 1440 et 14044) de l'évaluation environnementale, appelé **LCA** (Life Cycle Assesment) et **LCI** (Life Cycle Inventory), et les **données ont été fournies** par organes compétentes et les institutions spécialisées comme par ex. **Eurobitume & EAPA** (European Asphalt Pavement Association)

▪L'inventaire du cycle de vie (LCI) pour les bitumes de distillation directe (straight-run) a **évalué** toutes les **ressources et moyens de production** (matières premières, électricité, carburant, eau, etc.) **nécessaires** pour les opérations d'un système donné. De plus, il a évalué tous les solides, liquides et gaz en sortie

▪Comme le **bitume** représente un matériau de construction complètement **recyclable**, il ne peut pas être considéré comme un **combustible**, et c'est pourquoi l'étude de **l'élimination finale** a **été omise** soit pour les deux types de bitume, de distillation et naturel

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

ANALYSE CYCLE DE VIE

SELENIZZA comparé aux bitumes de raffinerie

Consommation d'énergie et emisssion CO_2 pour les bitumes routiers de distillation

Production 1 tonne bitume (processus avec infrastructure)	unité	Extraction pétrole brut	Transport	Raffinage	Stockage	Total
Matière première						
Pétrole brut	kg	1000				1000
Consommation de ressources énergétiques						
Gaz naturel	MJ/t	2,196		0,855	0,001	3,061
Pétrole brut	MJ/t		0,588	0,404	0,096	1,088
Electricité	MJ/t					0,561
Total	MJ/t					**4,71**
Emissions dans l'air						
CO_2	g	144563	37422	7831		**226167**

ANALYSE CYCLE DE VIE

SELENIZZA comparé aux bitumes de raffinerie

Gisement de l'asphalte naturel Selenizza

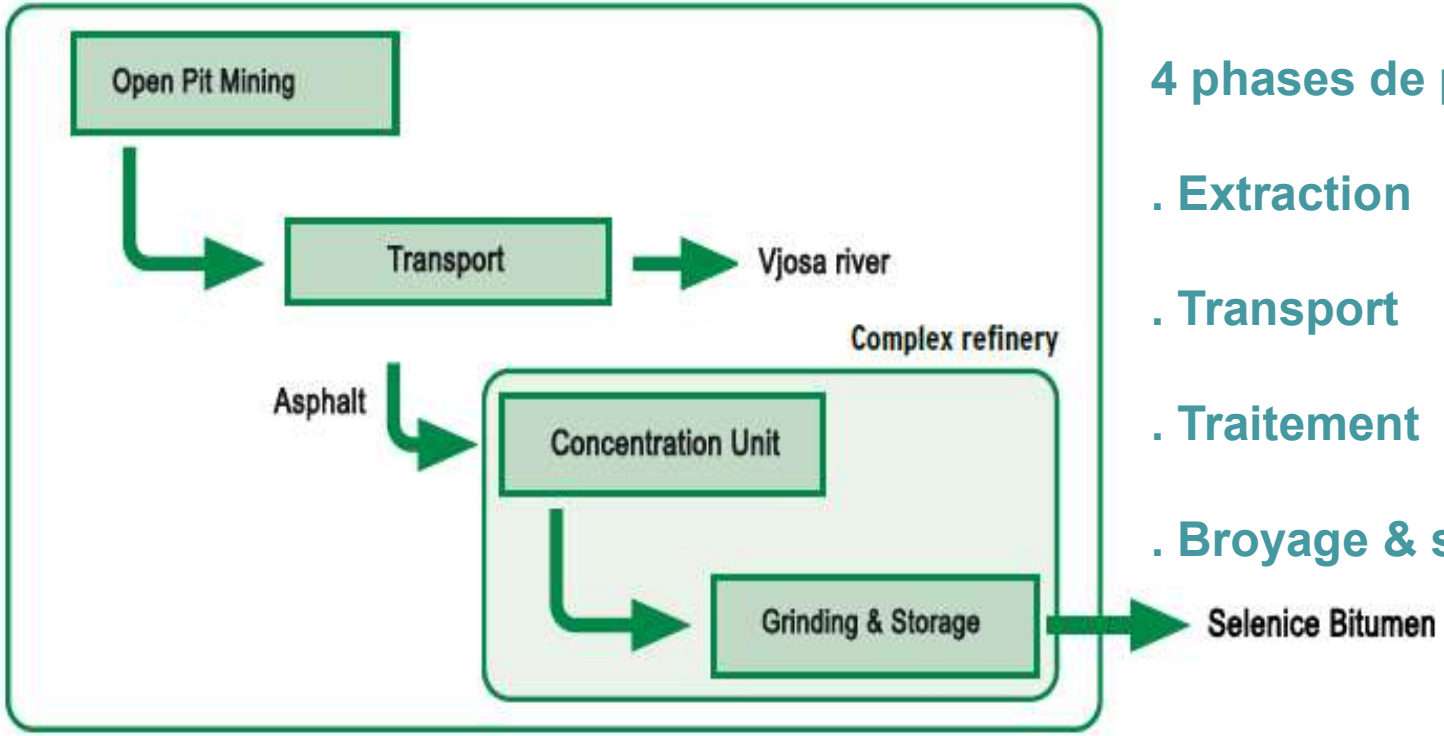
SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

ANALYSE CYCLE DE VIE

SELENIZZA comparé aux bitumes de raffinerie

Chaine de production de l'asphalte naturel Selenizza

*Le processus de production est **beaucoup plus simple** avec un **impact direct** sur l'économie de la **consommation d'énergie** et le **coût du transport** est réduit au minimum car **l'unité de traitement** se trouve à **proximité de la cave***



4 phases de production:

. Extraction

. Transport

. Traitement

. Broyage & stockage

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

ANALYSE CYCLE DE VIE

SELENIZZA comparé aux bitumes de raffinerie

- La mine de Selenice **produit** sur place le **minerai brut** (l'asphalte) ainsi **que le combustible** (charbon bitumineux) qui est utilisé dans le processus de **traitement du bitume** au four

- Les **stériles** sont transportés et déposés sur le **bord d'un fleuve voisin** et seront utilisés dans un **projet social** pour la **construction d'une digue** qui **protégera** la plaine, les immeubles et les autres infrastructures de la zone, **des inondations**

- Pour évaluer la consommation d'énergie, a **été exploité toute la documentation technique** des **équipements électriques** et des **machines** de la mine

- Les valeurs du **panier énergétique** Italo-albanais ont été obtenues par International Energy Agency IEA

- La valeur **calorifique des carburants** et donc la quantité des **émissions CO_2 par kg** de **carburant brulé**, ont été obtenus de la base de données de l'Agence Italienne Nationale des Hydrocarbures **ENI**

SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

ANALYSE CYCLE DE VIE

SELENIZZA comparé aux bitumes de raffinerie

Consommation d'énergie et emisssion CO_2 pour l'asphalte naturel Selenizza

Production 1 tonne bitume (processus avec infrastructure)	unité	Extraction asphalte brut	Transport	Unité de Traitement	Stockage	Total
Matière première						
Asphalte brut	kg	1000				1000
Consommation de ressources énergétiques						
Essence	MJ/t	1,007				1,007
Diesel	MJ/t		0,066		0,001	0,067
Charbon bitumineux	MJ/t			0,339		0,339
Electricité	MJ/t					0,963
Total	MJ/t					**2,376**
Emissions dans l'air						
CO_2	g	59300	4500	59145		**127298**

ANALYSE CYCLE DE VIE

SELENIZZA comparé aux bitumes de raffinerie

Bitumes routiers de distillation

Total	*Consommation d'énergie*	MJ/t					**4,71**
CO_2	*Emissions dans l'air*	g	144563	37422	7831		**226167**

L'asphalte naturel Selenizza

Total	*Consommation d'énergie*	MJ/t					**2,376**
CO_2	*Emissions dans l'air*	g	59300	4500	59145		**127298**

- Les résultats synthétisés dans ces tableaux permettent de conclure que le cycle de production de **Selenizza** a un **impact environnemental inférieur** d'environ **44%** par rapport aux bitumes de raffinerie

- La **consommation d'énergie** est aussi réduite par **environ 50%** par rapport aux bitumes produits des pétroles bruts

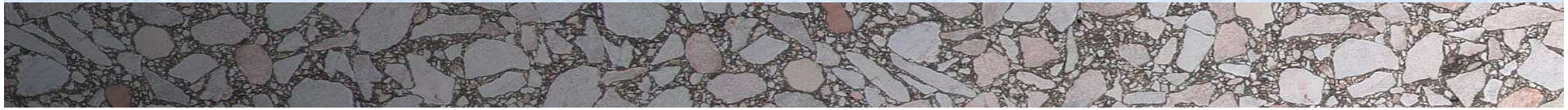
SELENIZZA®
NATURAL BITUMEN

Conclusions

5

Conclusions

- **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**
- Réduction des **épaisseurs** des couches
- Meilleure **maniabilité**
- **Ralentisseur de vieillissement & Longévité élevée** des routes
- **Impact environnemental réduit**



Merci pour votre attention!