



*Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose*

# Asphalte naturel – caractéristiques, applications et compatibilité avec l'environnement

M.Sc. Edith TARTARI  
SELENICE BITUMI SHA  
Product Development Manager

[e.tartari@selenicebitumi.com](mailto:e.tartari@selenicebitumi.com)



*Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose*

## Sommaire

- Caractéristiques de l'asphalte naturel Selenizza
- Particularités de Selenizza comme additif antvieillissement, durcisseur et respectueux de l'environnement
- L'utilisation potentielle des huiles végétales de récupération et de l'asphalte naturel pour la réalisation d'un nouveau type de liant bitumineux
- Exemple d'un enrobé innovant utilisant 100 % AE et un liant régénérant à base d'huile végétale et asphalte naturel Selenizza
- Conclusions



*Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose*

- La mine de Selenice se situe dans le **sud-ouest** d'Albanie
- Le gisement a été mentionnée **depuis l'antiquité** par Aristote et a été **exploité** par les Romains
- **En 1868**, le géologue français Coquand publia pour la première fois la **description géologique** du gisement de Selenice
- Le gouvernement ottoman a **cédé les droits** d'exploitation aux **Français (1871)**, qui les transfèrent à leur tour aux **Italiens (1922 - 1943)**
- Après la **Seconde Guerre Mondiale**, la mine fut exploitée par le **gouvernement Albanais**
- Depuis **2001**, la mine est exploitée par le groupe français **KLP Industries**

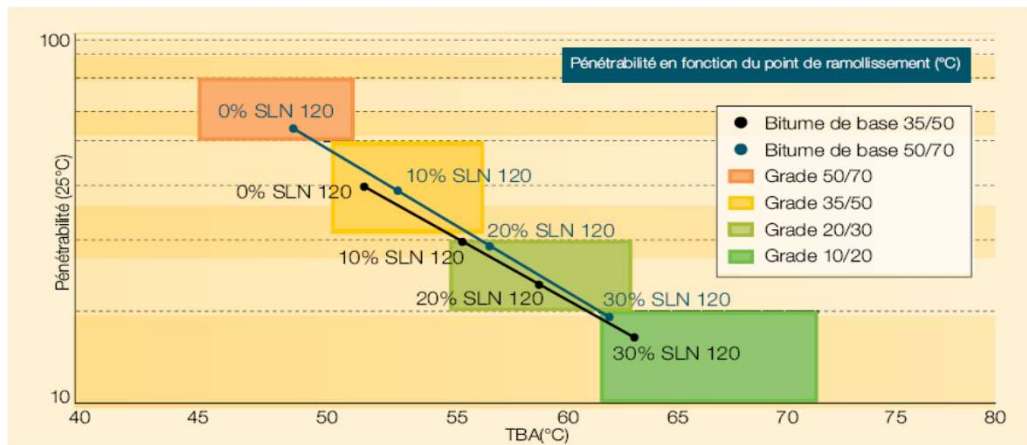




Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose

| Description                    | Penetration [dmm] | TR&B[°C] | Penetration Index | Grade obtained |
|--------------------------------|-------------------|----------|-------------------|----------------|
| Petroleum bitumen 50/70        | 54                | 49,0     | -1,28             | -              |
| Mixed with 5% natural bitumen  | 38                | 52,6     | -1,18             | 35/50          |
| Mixed with 10% natural bitumen | 28                | 56,2     | -1,01             | 20/30          |
| Mixed with 15% natural bitumen | 20                | -61,6    | -0,60             | 10/20          |
| Natural Bitumen                | 0                 | 120,0    | -0,18             | -              |

- Structurellement, **la phase organique** de Selenizza peut être **comparée** aux **bitumes pétroliers** mais avec différents **proportions** des fractions aphalténiques et malténiques, le rendant **100% compatible** aux bitumes routiers
- En **fonction du %** de Selenizza ajouté, il est possible de **cibler** des valeurs précises de **la pénétration** et de la **TBA** du liant final.
- L'évolution du log P** et de la **TBA** sont en proportion **linéaire** avec le % de Selenizza



$$\log P_m = \log P_n + x * (\log P_a - \log P_b)$$

$$T_m = T_b + x * (T_a - T_b)$$



Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose

## Fractions SARA

### Caractéristiques physico-chimiques

Analyse des **fractions SARA (IATROSCAN)**. La valeur de l'indice **d'instabilité colloïdale  $I_c$** , indique un caractère **sol** ou **sol-gel**

Selenizza est riche en **résines** et **asphaltènes**, responsables de sa dureté, des valeurs élevées de la **TBA** et du  **$|E^*|$** , et de la **penetration** environ zero.

Par rapport aux **bitumes pétroliers**, la **phase organique** de Selenizza a un **niveau plus élevé de fractions polaires** (résines + asphaltènes):

- **transition vitreuse** à températures plus élevées
- L'ajout de l'asphalte naturel **n'affecte pas** la **transition vitreuse** du bitume modifié
- Bitume **modifié 35/50 comparé au bitume pétrolier** de grade de pénétration équivalente:

$$T_g = -23.1^{\circ}\text{C} \text{ versus } T_g = -19.3^{\circ}\text{C}$$

- Le bitume modifié montre une **meilleure résistance à la fissuration** à basse températures

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

## Evolution des températures de transition vitreuse

### Module complexe

| Complex modulus          | Measures at 100°C, 5 Hz |               |
|--------------------------|-------------------------|---------------|
|                          | $ E^* $ [GPa]           | $\delta$ [°C] |
| Albanian Natural Bitumen | 0,95 - 1,27             | 48,3 - 51,7   |

|                         | Total heat flux |               |               |                      |                    |
|-------------------------|-----------------|---------------|---------------|----------------------|--------------------|
|                         | $T_{g1}$ [°C]   | $T_{g2}$ [°C] | $T_{g2}$ [°C] | $\Delta T_{g2}$ [°C] | $\Delta\Phi$ [W/g] |
| Petroleum bitumen 50/70 | -31,9           | -22,9         | -13,2         | 18,6                 | 0,022              |
| Mixed with 5% SLN       | -30,9           | -23,1         | -13,8         | 17,1                 | 0,019              |
| Mixed with 10% SLN      | -30,3           | -23,1         | -13,3         | 17,0                 | 0,018              |
| Mixed with 15% SLN      | -32,1           | -23,3         | -13,4         | 18,8                 | 0,019              |
| Natural asphaltite SLN  | -12,6           | -1,1          | 16,2          | 28,8                 | 0,021              |



Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose

## Inhibiteur de vieillissement

Essai **RTFOT** (vieillissement accéléré simulant l'oxydation du liant pendant l'enrobage )

Essai **PAV** (vieillissement accéléré simulant l'oxydation du liant à long terme)

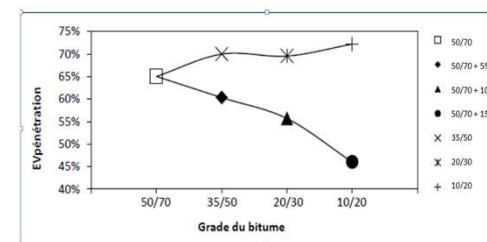
Le changement des propriétés mécaniques qui reflètent l'évolution du bitume au vieillissement, peut être quantifié par la formule:

$$EVx = \frac{|x^{RTFOT+PA} - x^{New}|}{x^{New}} * 100$$

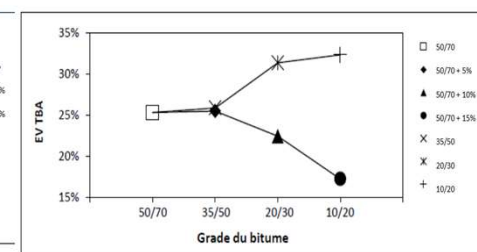
où  $EVx$  : l'évolution de la propriété mécanique X

- **L'évolution** des bitumes modifiés est **inférieure** à l'évolution du bitume de départ
- L'évolution **s'atténue** avec **le taux** de modification
- Les bitumes modifiés subissent **moins de changements**

| Description     | Penetration (dmm) |             |                |           |                | TR&B (°C)  |             |                |           |                |
|-----------------|-------------------|-------------|----------------|-----------|----------------|------------|-------------|----------------|-----------|----------------|
|                 | New binder        | After RTFOT | $\Delta_1$ (%) | After PAV | $\Delta_2$ (%) | New binder | After RTFOT | $\Delta_1$ (%) | After PAV | $\Delta_2$ (%) |
| Petroleum 50/70 | 54                | 37          | 31.5           | 19        | 64.8           | 49         | 53.4        | 8.9            | 61.4      | 25.3           |
| Mixed with 5%   | 38                | 27          | 28.9           | 15        | 60.5           | 52.6       | 57.2        | 8.7            | 66.0      | 25.4           |
| Mixed with 10%  | 28                | 21          | 25             | 13        | 53.5           | 56.2       | 60.8        | 8.1            | 68.8      | 22.4           |
| Mixed with 15%  | 20                | 14          | 30             | 11        | 45             | 61.6       | 65.4        | 6.1            | 72.2      | 17.2           |
| Petroleum 35/50 | 40                | 27          | 32.5           | 12        | 70             | 52.6       | 56.8        | 7.9            | 66.2      | 25.8           |
| Petroleum 20/30 | 23                | 12          | 47.8           | 7         | 69.5           | 60.0       | 67.0        | 11.6           | 78.8      | 31.3           |
| Petroleum 10/20 | 18                | 9           | 50             | 5         | 72.2           | 65.0       | 72.6        | 11.7           | 86.0      | 32.3           |



Evolution de la pénétration



Evolution de la TBA





*Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose*

## **Selenizza, un bitume naturel respectueux de l'environnement**

La **crise économique mondiale** et la **sensibilisation** aux problèmes **d'environnement**, ont fait émerger le besoin de produire des **liants bitumineux** qui **répondent efficacement** aux exigences de l'**Analyse du Cycle de Vie**, qui 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**

Dans le cadre d'un engagement commun pour un **développement durable**, l'Université de Rome «**La Sapienza**», en coopération avec la société **Selenice Bitumi**, ont réalisé un projet de recherche, **évaluant** pour la première fois les **consommations d'énergie** et **les émissions de CO<sub>2</sub>** pour **respectivement**:

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 gisement en Europe

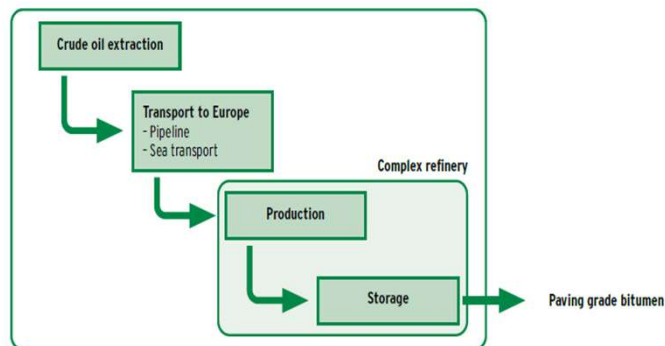




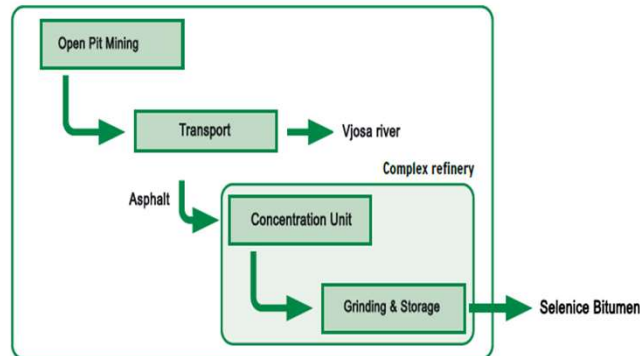
Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose

## Selenizza, un bitume naturel respectueux de l'environnement

Chaîne de production bitume standard



Chaîne de production de Selenizza



- L'étude a été **réalisée conformément** aux directives de la **norme EU** (ISO 1440 et 14044) de l'évaluation environnementale des **LCA** (Life Cycle Assessment) et **LCI** (Life Cycle Inventory). Les **données ont été fournies** par les organes compétents et les institutions spécialisées comme par ex. **Eurobitume & EAPA** (European Asphalt Pavement Association)
- Le processus de production de **Selenizza** est **beaucoup plus simple**, avec un **impact direct** sur l'économie de la **consommation d'énergie**. Le **coût du transport** est **réduit** au minimum grâce à la **proximité** de la cave de l'**unité de traitement** du bitume naturel





Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose

## Selenizza, un bitume naturel respectueux de l'environnement

|                                      |      |        |       |       |  |        |
|--------------------------------------|------|--------|-------|-------|--|--------|
| Bitumes routiers de distillation     |      |        |       |       |  |        |
| Total Consommation d'énergie         | MJ/t |        |       |       |  | 4,71   |
| CO <sub>2</sub> Emissions dans l'air | g    | 144563 | 37422 | 7831  |  | 226167 |
| L'asphalte naturel Selenizza         |      |        |       |       |  |        |
| Total Consommation d'énergie         | MJ/t |        |       |       |  | 2,376  |
| CO <sub>2</sub> Emissions dans l'air | g    | 59300  | 4500  | 59145 |  | 127298 |

- Les résultats **synthétisés** dans ces tableaux ont permis de conclure que le cycle de production de **Selenizza**, a un **impact environnemental en emission CO<sub>2</sub> 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 pétrole brut
- Ces deux paramètres **peuvent encore s'améliorer** grâce aux **projets d'optimisation** des **opérations d'extraction** prévus à la mine de Selenice (notamment **en réduisant** de manière sensible la **production des stériles**)



Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose

## Utilisation potentielle du bitume naturel modifié avec des huiles végétales usées pour la réalisation des nouveaux types de liants

Une **étude récente** réalisée par le centre français d'études et expertise **CEREMA** et l'institut français des sciences et technologies de transport **IFSTTAR**, s'est penchée pour la première fois sur l'utilisation des **huiles végétales** et du **bitume naturel**, pour réaliser des **liants bitumineux** pour les enrobés.

| Matériaux constitutifs | Bitume naturel |                   | Huile végétale | Bitume dur P 15/25 |
|------------------------|----------------|-------------------|----------------|--------------------|
|                        | Hydrocarbures  | Fraction minérale |                |                    |
| Pourcentage            | 60.7%          | 10.7%             | 17.9%          | 10.7%              |



a) Overview of the wastes oils



b) Selenizza's quarry of natural bitumen (Albania)



c) Example of blend with waste sunflower oil

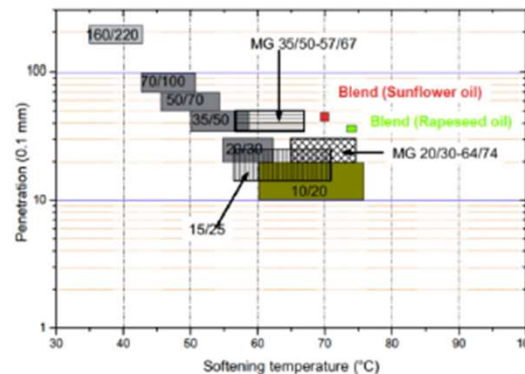
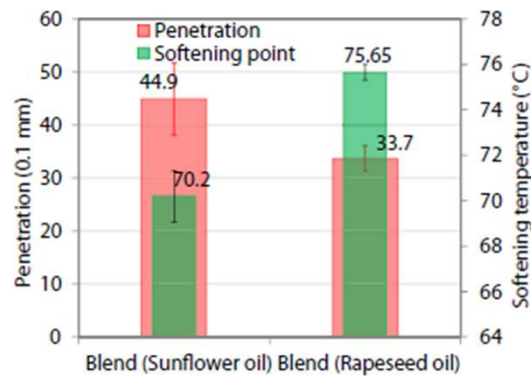
Fig. 1. Main constituents of binders.



Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose

## Caractérisation du liant

### Propriétés mécaniques



### Module complexe

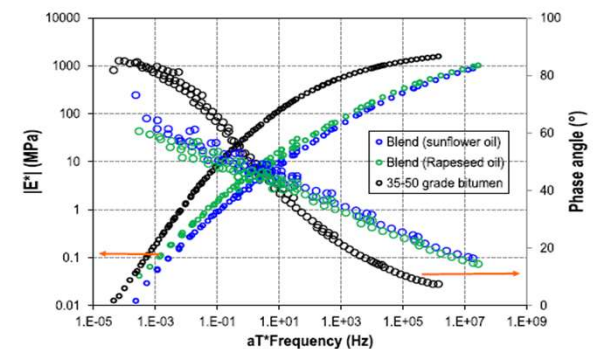


Fig. 6. Binders complex modulus and phase angle master curves at 15 °C.

- Les deux nouveaux liants sont **proches** à un **bitume pétrolier 35/50**. Le **bitume de référence** est **plus dur** que les nouveaux liants dans la plage des températures entre **20°C** et **60°C**
- Les **températures de ramollissement** des nouveaux liants sont **supérieures** à celles du bitume conventionnel
- Les liants mixés ont un **angle de phase inférieur** par rapport au bitume de référence pour des fréquences réduites  $a_T \times f \leq 2.5$  Hz (e.g.  $T \geq 20$  °C) et un **angle de phase supérieur** pour des fréquences réduites  $a_T \times f \geq 2.5$  Hz (e.g.  $T \leq 20$  °C).
- L'angle de phase des nouveaux liants **n'est pas égal à zéro**, ce qui signifie que les **effets visqueux** ne **sont pas négligeables** contrairement au bitume de référence, et cela représente un **avantage** pour la **relaxation** des contraintes à **basse température**.
- L'analyse **DSC (calorimétrie différentielle à balayage)** a fait ressortir le fait que les nouveaux liants étaient caractérisés par **meilleures performances** à basse température dû à des **valeurs inférieures** de la transition vitreuse  **$T_g$  des huiles** par rapport au **bitumes**



Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose

## Caractérisation de l'enrobé

Un enrobé **Béton Bitumineux Semi Grenu** (BSBG 3, 0/10) a été fabriqué selon la composition décrite

### Composition des enrobés

Table 4  
Composition of mixes.  
BSBG3, 0/10 according to the EN 13108-1 (2007)

| Granular fractions                               | Percentage by mass |
|--|--------------------|
| 0/2  | 26.1%              |
| 2/6  | 23.7%              |
| 6/10   | 4.2%               |
| Filler (limestone)                               | 1.9%               |
| Binder (asphaltite + waste oil + P15/25 bitumen) | 6.3%               |

### Module Complexe

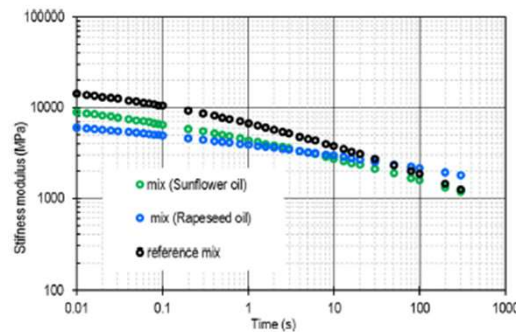


Fig. 8. master curves of the stiffness modulus of the mixes at 15 °C.

### Evolution de la profondeur d'ornièrè

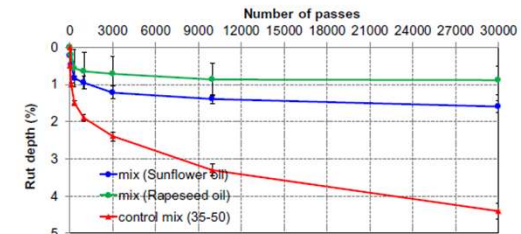


Fig. 7. Evolution of the rut depth.

- **L'enrobé de référence** obtenu avec le bitume P 35/50 est **plus rigide**, ce qui est **compatible** avec l'évolution du **module complexe** des liants
- Le pourcentage de la profondeur d'ornièrè  $\leq 5\%$ , à 60 °C après 30,000 cycles, pour tous les enrobés. Les résultats sont **conformes** à la norme EN 13108-1 (2007).
- L'évolution la **profondeur d'ornièrè** semble **être incohérente** avec l'évolution du **module complexe** des enrobés. A **60 °C** (qui correspond à  $a_T \times f$  entre  $10^{-5}$  et  $10^{-3}$  Hz), la **rigidité** du liant de référence est **proche** de celles des nouveaux liants. La meilleure résistance à l'orniérage des enrobés avec les nouveaux liants, est **probablement due à l'asphaltite** même si, le mécanisme réel qui intervient n'est pas encore connu



*Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose*

### **Exemple de formulation d'enrobé innovante pour les couches de surface utilisant 100 recyclés (AE) et un liant composé d'huile végétale et bitume naturel**

- Un des facteurs qui **limitent** l'utilisation de pourcentages élevés d'agrégats d'enrobé (**AE**), est le **durcissement** du bitume contenu dans les AE dû au vieillissement. Un travail de recherche récent réalisé par l'Université d'Erfurt en Allemagne, a évalué la possibilité d'incorporer **100% de fraisât** (AE) dans un enrobé en utilisant un **nouveau liant régénérant** composé **d'huile végétale**, riche en acides insaturés et du **bitume naturel** Selenizza, ayant pour but la **restauration des caractéristiques originales** et l'efficacité du bitume.
- **12 Variantes** d'enrobé sans régénérant et des mêmes enrobés vieillis, contenant **3, 4 et 8 %** du nouveau additif **régénérant** (sur la masse totale du bitume), ont été analysés.
- Pour pouvoir **complémenter** et **vérifier** les résultats du vieillissement de l'enrobé, **les bitumes** ont été **vieillis parallèlement** aux enrobés.
- Pour simuler le vieillissement accéléré du bitume and de l'enrobés, ont été utilisé en laboratoire les méthodes d'essais suivants:
- Rolling Thin Film Oven Test (**RTFOT**) selon DIN EN 12607-1:2013
- Pressure Ageing Vessel (**PAV**) selon DIN EN 14769:2012
- **AASHTO R 30** conditionnement au vieillissement à court terme
- **Le vieillissement BSA** (Braunschweiger Alterung), méthode pratique de vieillissement de l'enrobé mise au point à l'Université de Technologie de Braunschweig



*Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose*

## Exemple de formulation d'enrobe innovante pour les couches de surface utilisant 100 recyclés (AE) et un liant composé d'huile végétale et bitume naturel

JA = Enrobé de Référence  
JB = Enrobé Vieilli  
JC = Enrobé avec Régénérant



**Variantes JA, JB & JC des enrobés AC DN 11**

### **12 variantes d'enrobé AC DN 11**

| Variant | Asphalt mix | Binder                             | binder content<br>[M-%] | Additive content<br>[M-%] |
|---------|-------------|------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| JA 1    | AC 11 DN    | Shell B 50/70                      | 6,2                     | -                         |
| JA 2    | AC 11 DN    | BP3 B 50/70                        | 6,2                     | -                         |
| JA 3    | AC 11 DN    | Olexobit PmB 25/55-55              | 6,2                     | -                         |
| JB 1    | AC 11 DN    | Shell B 50/70 - BSA                | 6,2                     | -                         |
| JB 2    | AC 11 DN    | BP3 B 50/70 - AASHTO R30           | 6,2                     | -                         |
| JB 3    | AC 11 DN    | Olexobit PmB 25/55-55 - AASHTO R30 | 6,2                     | -                         |
| JB 4    | AC 11 DN    | RC -Elxleben                       | 6,2                     | -                         |
| JC 1    | AC 11 DN    | Shell B 50/70 - BSA                | 6,2                     | 4,0                       |
| JC 2    | AC 11 DN    | BP3 B 50/70 - AASHTO R30           | 6,2                     | 8,0                       |
| JC 3    | AC 11 DN    | Olexobit PmB 25/55-55 - AASHTO R30 | 6,2                     | 8,0                       |
| JC 4.1  | AC 11 DN    | RC -Elxleben                       | 6,2                     | 3,0                       |
| JC 4.2  | AC 11 DN    | RC -Elxleben - BSA                 | 6,2                     | 3,0                       |





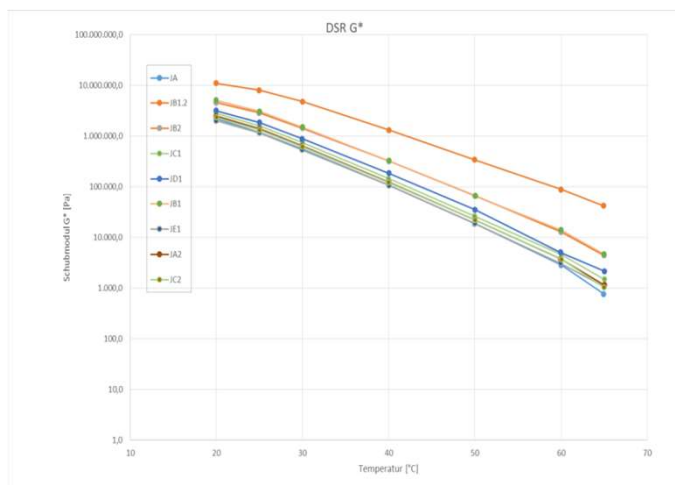
Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose

## Caractérisation du liant

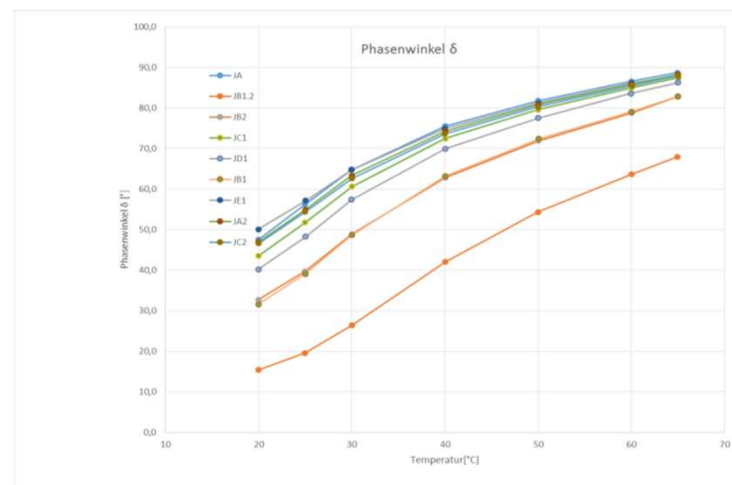
Les résultats de l'analyse **rhéologique par cisaillement dynamique DSR**, à la fréquence 1.59 HZ et pour des températures allant de **20°C** à **65 °C**, ont montré que les variantes vieilles (**JB**), étaient plus **rigides** comparées aux **variantes de référence** (**JA**), pour l'ensemble de la plage des températures considérée. Les variantes **régénérées** (**JC**), sont de nouveau dans la fourchette des **valeurs initiales**.

Aussi, on peut noter que les **angles de phase** des variantes vieilles (**JB**) par rapport aux variantes de référence (**JA**), **diminuent** sur la plage des températures comprises entre **20°C** à **65 °C**. Les valeurs des **variantes régénérées**, retournent de nouveau dans la fourchette des **valeurs initiales**.

*G\* test à balayage en température*



*Test de l'angle de phase à balayage en température*





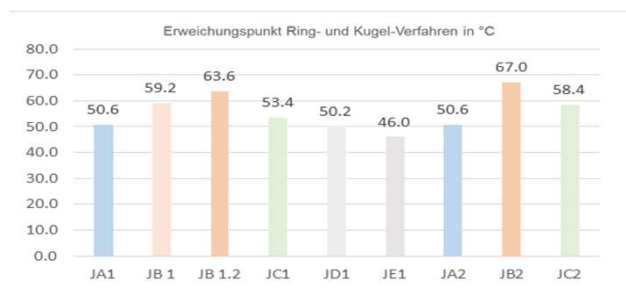
Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose

## Caractérisation du liant

Suite au **vieillissement**, il a été observé une **augmentation** des températures de **ramollissement** et une **diminution** des valeurs de la **pénétration** des liants vieillis (JB1, JB1.2 et JB2) par rapport au variantes de référence (JA1, JA2). L'introduction **du régénérant**, entraîne une **réduction** importante des températures de **ramollissement** ainsi qu'une **augmentation** importante des **pénétrations** (JC1, JC2)

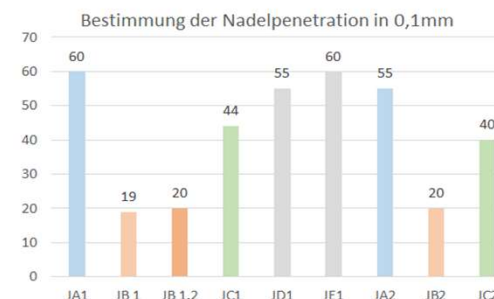
Température de ramollissement TBA

| Bitumensorte         | 20/30   | 30/45   | 50/70   | 70/100  |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|
| Softening Point [°C] | 63 - 55 | 60 - 52 | 54 - 46 | 51 - 43 |
| JA1                  |         |         | 50,6    |         |
| JB 1                 | 59,2    |         |         |         |
| JB 1.2               | 63,6    |         |         |         |
| JC1                  |         | 53,4    |         |         |
| JD1                  |         |         | 50,2    |         |
| JE1                  |         |         | 46,0    |         |
| JA2                  |         |         | 50,6    |         |
| JB2                  | 67,0    |         |         |         |
| JC2                  |         | 58,4    |         |         |



Pénétration

| Bitumensorte         | 20/30   | 30/45   | 50/70   | 70/100   |
|----------------------|---------|---------|---------|----------|
| Penetration [0,1 mm] | 20 - 30 | 30 - 45 | 50 - 70 | 70 - 100 |
| JA1                  |         |         | 60      |          |
| JB 1                 | 19      |         |         |          |
| JB 1.2               | 20      |         |         |          |
| JC1                  |         | 44      |         |          |
| JD1                  |         |         | 55      |          |
| JE1                  |         |         | 60      |          |
| JA2                  |         |         | 55      |          |
| JB2                  | 20      |         |         |          |
| JC2                  |         | 40      |         |          |





Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose

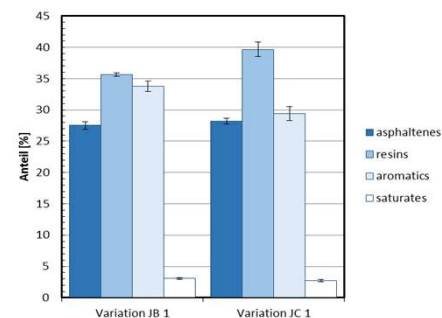
## Caractérisation du liant

L'analyse **IATROSCAN** a montré que l'introduction de régénérant, entraîne un **changement de la distribution** des principales composantes des groupes SARA. Les **variantes régénérées**, sont caractérisées par une **augmentation** des fractions **polaires** (asphaltènes et résines), accompagné d'une **diminution** des **aromatiques et saturés**

### Comparaison des fractions SARA entre JB1 et JC1

| Variation JB 1 | average [%] | standard deviation |
|----------------|-------------|--------------------|
| asphaltenes    | 27,548      | 0,233              |
| resins         | 35,635      | 1,205              |
| aromatics      | 33,763      | 0,801              |
| saturates      | 3,056       | 0,635              |

| Variation JC 1 | average [%] | standard deviation |
|----------------|-------------|--------------------|
| asphaltenes    | 28,179      | 0,240              |
| resins         | 39,675      | 0,111              |
| aromatics      | 29,423      | 0,972              |
| saturates      | 2,723       | 0,621              |



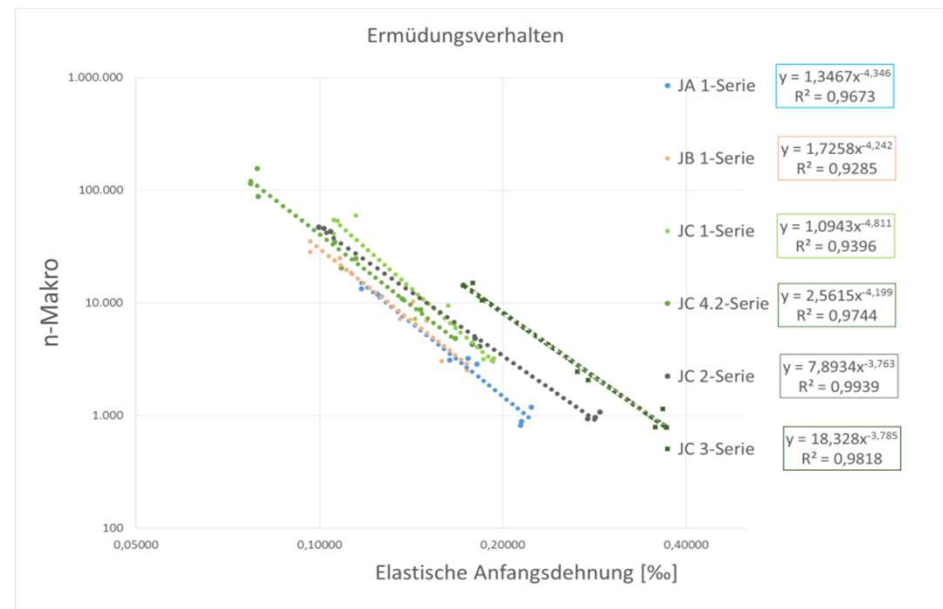


Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose

## Caractérisation de l'enrobé

Les droites de fatigue de l'**essai dynamique de traction indirecte** à 20°C des variantes vieilles (JB) (l'axe des ordonnées le nombre de cycles jusqu'à la fissuration macroscopique  $N_{\text{Makro}}$ , l'axe des abscisses la **déformation relative initiale**), montrent, que les **variantes** régénérées **JC** par **rapport** à celles vieilles **JB** et celles de référence **JA**, pour la même déformation relative initiale, peuvent **résister à plus** de nombre de **cycles de sollicitation** jusqu'à la **macro fissuration**

### Comportement en fatigue



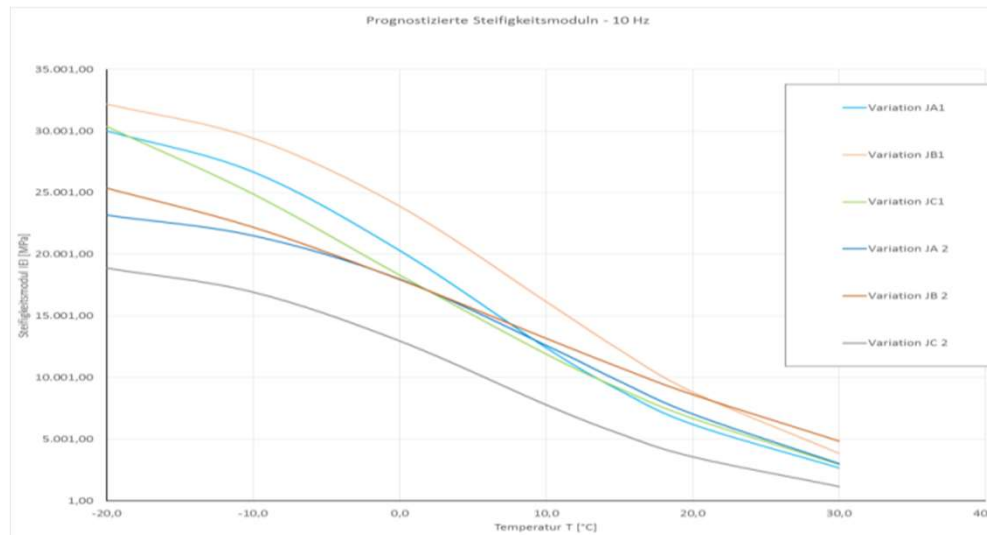


Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose

## Caractérisation de l'enrobé

Les fonctions du **module de rigidité** versus la **température** à **10 Hz**, pour des températures allant de **-20°C to C + 30°C**, montrent que le **vieillissement** se traduit par une **augmentation du module** sur toute l'intervalle des températures. Après l'introduction du **régénérant**, les valeurs du module **retournent** au **niveau initial** et même à un niveau **inférieur**. En particulier, le régénérant **améliore** le comportement **aux basses températures**

### Module de rigidité en fonction de la température





Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose

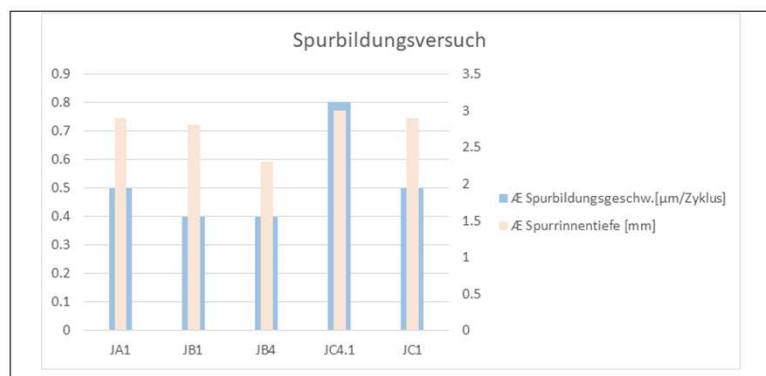
## Caractérisation de l'enrobé

L'essai d'orniérage après 10,000 cycles, a permis d'observer que **toutes les variantes répondent** aux critères définis par **la norme**, sans atteindre la profondeur d'ornièr de 8 mm (critère d'interruption du test). Cela montre que l'ajout du régénérateur n'a pas de influence négative sur la formation des ornières.

L'essai de la bouteille tournante, a montré que les valeurs de **l'enrobage du bitume** pour les variantes JA-JC, subissent des **petites déviations**. La variante **JC** (24 – 72 h), présente **5% - 10 % plus de revêtement** comparé à la variante **JA**

### Essai d'orniérage

### Degré d'enrobage du bitume



|              |            | Rolling time [h] |    |    |    |
|--------------|------------|------------------|----|----|----|
|              |            | 6                | 24 | 48 | 72 |
| Coverage [%] | Var. JA1   | 80               | 55 | 45 | 40 |
|              | Var. JA2   | 80               | 55 | 45 | 40 |
|              | Var. JB1   | 80               | 60 | 50 | 45 |
|              | Var. JB1.2 | 75               | 55 | 45 | 40 |
|              | Var. JB2   | 75               | 55 | 50 | 45 |
|              | Var. JC1   | 80               | 60 | 55 | 45 |
|              | Var. JC2   | 80               | 60 | 50 | 45 |





*Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose*

La **série de tests** réalisés en laboratoire, a montré que l'utilisation de l'agent régénérant, **inverse** les **propriétés rhéologiques** du liant vieilli et **restaure** les valeurs du **bitume original frais**, affectant **positivement les caractéristiques** du liant et de l'enrobé. Il améliore particulièrement le **comportement en fatigue** (qui pourrait s'expliquer par l'augmentation du % des résines polaires du liant) et **réduit le risque de fissuration** à basses températures.

Une **planche d'essais** a été réalisée à **Greußen**, près d'Erfurt, en posant un enrobé composé de **100% AE**, huile végétale et bitume naturel Selenizza



*Planche d'essais à D-99718, Greußen*



*Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose*

## Conclusions

- L'ajout du bitume naturel Selenizza impacte fortement le **comportement mécanique** des bitumes routiers et diminue la **susceptibilité au vieillissement** des bitumes modifiés, **proportionnellement** au **pourcentage** de bitume naturel Selenizza introduit.
- Les propriétés de Selenizza comme **durcisseur** et **inhibiteur de vieillissement**, peuvent être **exploitées** pour développer de **nouveaux liants** en combinant ses **performances mécaniques** et sa **stabilité**, avec la **capacité de régénération** des huiles végétales, dont les composantes Aromatiques, Résines et Saturés, sont relativement **proches** de celles des **bitumes pétroliers**.
- **L'utilisation accrue** des agrégats s'enrobé **AE** pour la fabrication des enrobés bitumineux, présente d'importants **avantages économiques** et **environnementaux**. Un enrobé utilisant **100% AE**, a été mis en œuvre avec succès, grâce à l'introduction d'un **nouveau agent régénérant** composé d'huile végétale et bitume naturel Selenizza, qui en plus de présenter un avantage sur **l'impact environnemental**, améliore les **propriétés mécaniques** de l'enrobé lui conférant des **performances optimales**.



*Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose*



***Merci pour l'attention!***