

TABLE DES MATIERES

	Page
RESUME	2
ZUSAMMENFASSUNG	3
SUMMARY	4
ABREVIATIONS	5
1. INTRODUCTION ET OBJECTIF DE L'ETUDE	6
2. ORGANISATION DE L'ETUDE	7
2.1 Choix des sites	7
2.2 Réalisation des prélèvements et exécution des essais	9
3. RESULTATS	11
3.1 Coefficient Los Angeles selon EN 1097-2	11
3.2 Comparaison L.A. 11/16 selon EN 1097-2 et SN 670 835b	12
3.3 Essai croisé 10/14	13
3.4 Comparaison L.A. 10/14 et 11/16 entre mandats 22/92 et 2002/407	14
4. EXIGENCES SN 670 130 et EN 13043	16
5. COMMENTAIRES ET RECOMMANDATIONS	17
5.1 Conclusion	17
5.2 Recommandations	17

ANNEXES:

- I Extraits de la norme SN 670 835b (Los Angeles)
- II Extraits de la norme EN 1097-2 (Los Angeles)
- III Extraits de la norme SN 670 130 (Sables, graviers, gravillons et pierres concassées pour revêtements)
- IV Extraits de la norme EN 13043:2002 (SN 670 103) (Granulats pour mélanges hydrocarbonés et pour enduits superficiels utilisés dans la construction des chaussées, aérodromes et d'autres zones de circulation)
- V Résultats Los Angeles du rapport FA 22/92

RESUME

Lors de la réalisation du mandat de recherche FA n° 22/92 "réalisation d'essais en voie de normalisation européenne sur un échantillonnage de granulats suisses utilisés pour la fabrication de revêtements routiers", seule la fraction 10/14 a été testée au niveau européen et avec un nombre de boulets fixé à onze. Aujourd'hui, cette fraction ne fait pas partie du "basic set plus 1", set retenu par la Suisse. Dès lors, et compte tenu de la norme essai EN 1097-2 "Méthode pour la détermination de la résistance à la fragmentation", une campagne d'essai Los Angeles sur les fractions 4/8, 8/11 et 11/16 a été réalisée lors de ce mandat (les valeurs obtenues sur ces fractions n'étaient, à prime abord, pas connues étant donné que le nombre de boulets dépend de la fraction testée et diffère de la norme suisse jusqu'alors en vigueur). Les plages des valeurs obtenues sur ces nouvelles fractions, selon la norme EN 1097-2, doivent permettre aux membres helvétiques des commissions ad hoc du comité européen de normalisation de négocier les valeurs limites qui figureront dans les futures normes et d'éviter que des limites trop restrictives ou trop larges ne soient imposées.

La recherche a abouti sur des recommandations visant à adapter les exigences déjà prescrites. Le but étant d'obtenir une meilleure continuité, en relation avec la qualité des matériaux, entre les anciennes et nouvelles exigences.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des Forschungsmandates 22/92 waren "Versuche an Schweizer Belags-Zuschlagstoffen im Hinblick auf die Einführung europäischer Normen" durchgeführt worden. Los Angeles-Versuche erfolgten damals nur an der vermuteten künftigen EN-Körnung 10/14 mm, mit elf Kugeln. Diese Körnung gehört heute nun allerdings nicht zu dem von der Schweiz gewählten "Grundsiebsatz + Ergänzungssiebsatz 1". Basierend auf der Versuchsnorm EN 1097-2 (Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 2: Verfahren zur Bestimmung des Widerstandes gegen Zertrümmerung) wurde während dieses Mandats eine Versuchsreihe Los Angeles über die Korngruppen 4/8, 8/11 und 11/16 durchgeführt. Die erhaltenen Werte über die Körnungen waren zuerst einmal nicht bekannt, angesichts der Tatsache, dass die Anzahl der Kugeln von der getesteten Körnung abhängt und sich von der derzeit gültigen Schweizer Norm unterscheidet. Durch Berücksichtigen der mit der Versuchsreihe erhaltenen Werte kann vermieden werden, dass in den künftigen Normen an die Gesteinskörnungen zu hohe oder zu niedrige Anforderungen bezüglich des Los Angeles-Koeffizienten gestellt werden.

Die Untersuchung führte zu Empfehlungen, bereits vorgegebene Anforderungen anzugleichen. Das Ziel besteht darin, eine bessere Kontinuität im Verhältnis zur Materialqualität zu erreichen, die zwischen den alten und neuen Anforderungen liegt.

SUMMARY

At the time of the realization of the mandate of research FA n° 22/92 "realization of tests in the process of European standardization on a swiss sample of aggregates used for the manufacturing of road coatings", only the 10/14 fraction was tested on the European level and with a number of balls set at eleven. Today, this fraction is not part of the "BASIC set plus 1" retained by Switzerland.

Consequently, and taking into account the standard test EN 1097-2 "Method for the measurement of the resistance to fragmentation", a set of Los Angeles trials on fractions 4/8, 8/11 and 11/16 was carried out in the course of this research-work (the values which were obtained using these fractions were, at first sight, not know, as the number of balls depends on the fraction being tested and differs from the Swiss standard in use).

The range of the values obtained on these new fractions, according to the standard EN 1097-2, must allow the Swiss members of the commission of the European Committee for Standardization to negotiate the limiting values which will appear in the future standards and prevent that too restrictive or too broad limits are imposed.

This research concluded with recommendations aimed to adapt the requirement already in use. The goal is to obtain an improved continuity, in relation to the quality of the material, between the former and the new requirements.

ABREVIATIONS:

SN	:	Normes suisses
EN	:	Normes européennes
L.A.	:	Coefficient Los Angeles
AC	:	Béton bitumineux pour couche de roulement, selon EN 13108-1 (Asphalt concrete)
AC B	:	Béton bitumineux pour couche de liaison selon EN 13108-1 (Asphalt concrete for binder layer)
AC T	:	Béton bitumineux pour couche de base selon EN 13108-1
AC F	:	Béton bitumineux pour couche de fondation selon EN 13108-1 (Asphalt concrete for foundation)
MR	:	Béton bitumineux macrorugueux selon EN 13108-1
ACVTL	:	Béton bitumineux pour couche très mince selon EN 13108-2 (Asphalt concrete for very thin layer)
SMA	:	Béton bitumineux grenu à forte teneur en mastic selon EN 13108-5 (Stone mastic asphalt)
MA	:	Asphalte coulé routier pour couche de roulement selon EN 13108-6 (Mastic asphalt)
MA B	:	Asphalte coulé routier pour couche de liaison selon EN 13108-6 (Mastic asphalt for binder layer)
PA	:	Asphalte poreux pour couche de roulement selon EN 13108-7 (Porous asphalt)
PA B	:	Asphalte poreux pour couche de liaison selon EN 13108-7 (Porous asphalt for binder layer)
PA S	:	Asphalte poreux pour couche drainante selon EN 13108-7

1. INTRODUCTION ET OBJECTIF DE L'ETUDE

Lors de la réalisation du mandat de recherche FA n° 22/92 "réalisation d'essais en voie de normalisation européenne sur un échantillonnage de granulats suisses utilisés pour la fabrication de revêtements routiers", seule la fraction 10/14 a été testée au niveau européen et avec un nombre de boulets fixé à onze. Aujourd'hui, cette fraction ne fait pas partie du "basic set plus 1", set retenu par la Suisse. Dès lors, et compte tenu de la norme essai EN 1097-2 "Méthode pour la détermination de la résistance à la fragmentation", il y a lieu de réaliser une campagne d'essais Los Angeles sur les fractions 4/8, 8/11 et 11/16. En effet, les valeurs que l'on va obtenir sur ces fractions ne sont, à prime abord, pas connues étant donné que le nombre de boulets dépend la fraction testée et diffère de la norme suisse jusqu'alors en vigueur. Les plages des valeurs obtenues sur ces nouvelles fractions, selon la norme EN 1097-2, doivent permettre aux membres helvétiques des commissions ad hoc du comité européen de normalisation de négocier les valeurs limites qui figureront dans les futures normes et d'éviter que des limites trop restrictives ou trop larges ne soient imposées.

Les laboratoires et personnes ayant participé à la présente étude sont:

ERTEC S.A., Le Mont-sur-Lausanne; STS 122 : MM. J.-L. CUENOUD, Y. RAMEL
GEO-BAU-LABOR, Coire; STS 342 : MM. R. MÜNGER, R. RAGETH

2. ORGANISATION DE L'ETUDE

L'étude a été chronologiquement menée ainsi:

- a) Sélection d'un échantillonnage représentatif des carrières/gravières suisses productrices de granulats utilisés pour la fabrication de revêtements routiers (§2.1)
- b) Répartition des échantillons entre les laboratoires et exécution des essais (§2.2)
- c) Dépouillement des résultats
- d) Rapport

2.1 Sélection des carrières/gravières

La sélection des carrières/gravières a été faite tant du point de vue géographique, soit:

- Bassin alpin (Vaud, Valais, Grisons)
- Plateau (Suisse centrale, Suisse orientale)
- Jura

que des natures pétrographiques, de manière à obtenir un échantillonnage représentatif de l'ensemble des diversités de granulats suisses utilisés dans la construction routière.

Liste des carrières/gravières retenues pour l'étude:

Les dix sites retenus font tous partie des sites ayant déjà participé au mandat de recherche FA n° 22/92 "réalisation d'essais en voie de normalisation européenne sur un échantillonnage de granulats suisses utilisés pour la fabrication de revêtements routiers". Les n° des sites indiqués dans le présent rapport correspondent à ceux du rapport FA n° 22/92.

Liste des carrières/gravières inventoriées pour l'étude

<u>Carrière/Gravière</u>	<u>Canton</u>	<u>Péetrographie/tectonique</u>	<u>Domaine d'emploi*</u>		
			AB S	AB N	HMT
Arvel, Villeneuve	VD	Calcaire siliceux	+	+	+
Basaltstein AG, Buchs	SG	Grès	+	+	+
Famsa Monthey SA, Choëx	VS	Grès	+	+	+
Kieswerk Boningen AG, Boningen	SO	Alluvions de l'Aare	+	+	+
Kieswerk Montebello AG, Pontresina	GR	Alluvions de la Bernina	-	+	+
Kieswerk Untervaz AG, Untervaz	GR	Alluvions du Rhin	-	+	+
Louis Lachat SA, Asuel	JU	Calcaire du Jura	-	+	+
Sosa Gera SA, Zernez	GR	Débris rocheux cristallins	+	+	+
Victor Gasperini AG, Altdorf	SZ	Grès (-Flysch)	+	+	+
Weiacher Kies AG, Weiach	ZH	Alluvions du Rhin	+	+	+

AB S = couche d'usure de type S

AB N = couche d'usure de type N

HMT = couche de support

*Tel que pratiqué : la conformité du granulat aux exigences des normes selon l'utilisation effective n'a pas été vérifiée.

Les prélèvements ont été réalisés par les laboratoires participant au programme de recherche dans leur région respective selon le tableau ci-dessous:

ERTEC SA	GEO-BAU-LABOR
Arvel SA, Villeneuve	Basaltstein AG, Buchs
Famsa Monthey SA, Choëx	Kieswerk Montebello AG, Pontresina
Kieswerk Boningen AG, Boningen	Kieswerk Untervaz AG, Untervaz
Louis Lachat SA, Asuel	Sosa Gera SA, Zernez
	Victor Gasperini AG, Altdorf
	Weiacher Kies AG, Weiach

Pour chacun des dix sites retenus, les laboratoires se sont assurés que les matériaux prélevés pour l'obtention des fractions suivantes correspondent bien aux granulats régulièrement utilisés dans la construction routière et si possible à ceux utilisés pour le mandat FA n° 22/92 :

- 4/8
- 8/11
- 10/14
- 11/16

2.2 Répartition et exécution des essais:

Chaque laboratoire a réalisé les essais selon la norme EN 1097-2 avec les échantillons prélevés sur leurs sites respectifs.

Les fractions prélevées sont les suivantes:

- 3/6
- 6/11
- 11/16

Les fractions mentionnées au § 2.1 ont été obtenues comme suit:

Fraction	Composition
4/8	Mélange d'environ 50 % de 3/6 mm et de 50 % de 6/11 mm et tamisage à 4/8 mm.
8/11	Elimination des grains < 8 mm de la fraction 6/11 mm .
10/14	Recomposition avec 35% de 10/11 mm (provenant de la fraction 6/11 mm) et de 65% de 11/14 mm (provenant de la fraction 11/16 mm).
11/16	Selon production 11/16 mm.

Pour la fraction 11/16 mm, il était prévu dans un premier temps que chaque laboratoire choisisse un site pour lequel l'essai Los Angeles devait également être réalisé selon la norme SN 670'835b, ceci afin de s'assurer de la correspondance entre les agrégats utilisés pour cette étude et pour le mandat FA n° 22/92. Cependant, vu la suffisance de matériaux à disposition, il a été décidé de généraliser cette investigation à l'ensemble des sites choisis. Seul la fraction 11/16 mm du site "Kieswerk Boningen AG" n'a pas pu être testée avec les conditions de la norme susmentionnée par manque de matériaux.

Reproductibilité:

Chaque laboratoire a fait parvenir à l'autre un échantillon de la fraction **10/14** d'un site pour la réalisation d'un essai croisé selon la norme EN 1097-2.

Emetteur → Récepteur	Site n°
ERTEC SA → GEO-BAU-LABOR	12
GEO-BAU-LABOR → ERTEC SA	34

Conditions d'essai:

Les essais Los Angeles ont été exécutés selon les directives de la norme EN 1097-2:1998, soit dans les conditions suivantes:

Fraction	Masse de l'échantillon [g]	Nb de boulets	Masse totale des boulets [g]	Nb de tours
4/8	5000 ± 5	8	3410 - 3540	500
8/11	5000 ± 5	10	4260 - 4420	500
10/14	5000 ± 5	11	4690 - 4860	500
11/16	5000 ± 5	12	5120 - 5300	500

Et les essais Los Angeles réalisés selon la norme SN 670'835b (1991):

Fraction	Masse de l'échantillon [g]	Nb de boulets	Masse totale des boulets [g]	Nb de tours
11/16	5000 ± 5	10	4170 ± 25	500

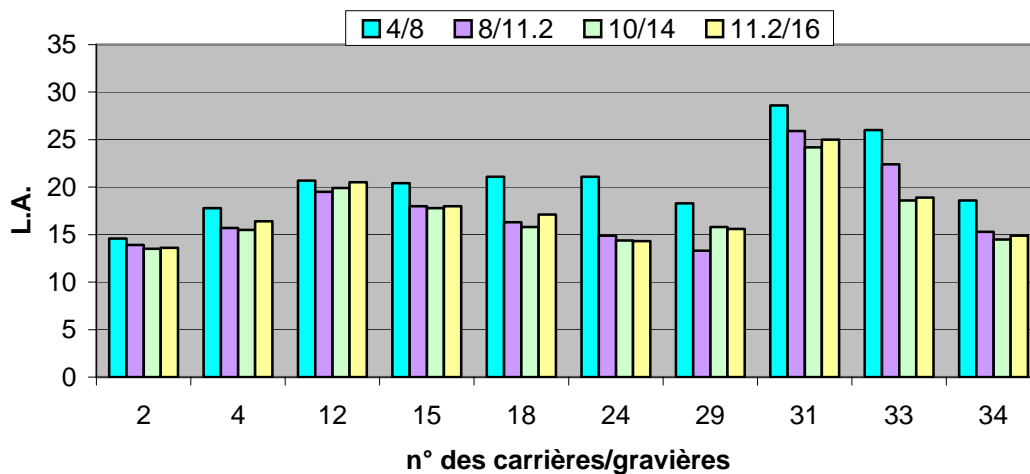
3. RESULTATS

3.1 Coefficient Los Angeles selon EN 1097-2

n° du site	Granulats*	Fraction			
		4/8	8/11.2	10/14	11.2/16
2	S	15	14	14	14
4	S	18	16	16	16
12	N	21	20	20	21
15	S	20	18	18	18
18	S	21	16	16	17
24	S	21	15	14	14
29	S	18	13	16	16
31	N	29	26	24	25
33	N	26	22	19	19
34	S	19	15	15	15

*S = pour couches de types S

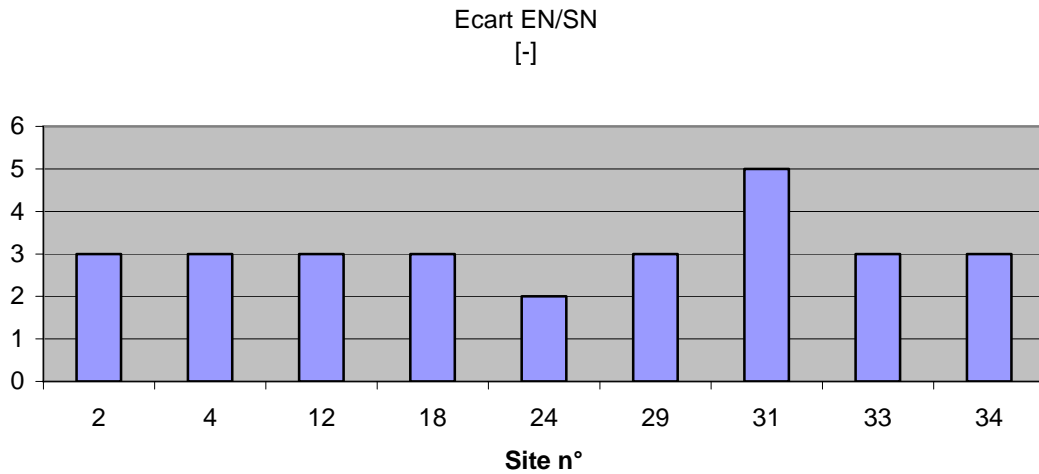
N = pour couches de type L et N



3.2 Comparaison des coefficients Los Angeles selon la norme EN 1097-2 et la norme SN 670 835b pour la fraction 11/16

N° du site	Granulats*	L.A. selon SN	L.A. selon EN	Ecart EN/SN [-]	Ecart EN/SN [%]
2	S	11	14	+ 3	27
4	S	13	16	+ 3	23
12	N	17	20	+ 3	18
15	S	-	18	-	-
18	S	14	17	+ 3	21
24	S	12	14	+ 2	17
29	S	13	16	+ 3	23
31	N	20	25	+ 5	25
33	N	16	19	+ 3	19
34	S	12	15	+ 3	25

* S = pour couches de type S
N = pour couches de type L et N



Ce graphique fait apparaître un écart systématique EN/SN d'environ + 3.

3.3 Essai croisé sur fraction 10/14 selon EN 1097-2

Site n°	Granulats*	GEO-BAU-LABOR			ERTEC SA		
		LA ₁	LA ₂	LA	LA ₁	LA ₂	LA
12	N	22.0	-	22	20.1	19.7	20
34	S	15.0	14.1	15	14.9	15.3	15

*S = pour couches de type S
N = pour couches de type L et N

Précision (selon EN 1097-2)

Répétabilité r1 : 0.06 x

Reproductibilité R1 : 0.17 x

x = coefficient Los Angeles

Ce qui donne pour notre cas:

Site n°	LA	r1	LA _{moyen}	R1
12	20	1.2	21	3.57
34	15	0.9	15	2.55

La répétabilité pour chaque laboratoire est vérifiée. La reproductibilité également. Cependant, il faut peut-être s'attendre à obtenir des écarts plus importants avec l'élévation des coefficients Los Angeles. Cela demande toutefois à être vérifié avec un plus grand nombre de mesures.

3.4 Comparaison avec les valeurs obtenues lors du mandat 22/92 avec les fractions 10/14 et 11/16 mm

Une des conditions incontournable du mandat impose l'utilisation de granulats de même qualité (du moins au niveau des coefficient Los Angeles) que ceux utilisés pour le mandat de recherche FA 22/92.

Les valeurs obtenues lors du mandat 22/92 sur les fractions 10/14 et 11/16 mm avec la norme EN 1097-2, respectivement SN 670 835b, ont été comparées à celles du présent complément de recherche avec la norme correspondante:

Site n°	Granulats*	Fraction 10/14		
		Valeur 22/92 Labo tiers	GEO-BAU-LABOR	ERTEC SA
2	S	14	-	14
4	S	13	-	16
12	N	22	22	20
15	S	19	-	18
18	S	17	16	-
24	S	13	14	-
29	S	15	16	-
31	N	23	24	-
33	N	16	19	-
34	S	14	15	15

*S = pour couches de type S

N = pour couches de type L et N

Site n°	Granulats*	Fraction 11/16	
		Valeur 22/92	Valeur 2003
2	S	13	11
4	S	12	13
12	N	18	17
15	S	18	-**
18	S	15	14
24	S	13	12
29	S	13	13
31	N	21	20
33	N	16	16
34	S	12	12

*S = pour couches de type S

N = pour couches de type L et N

** Explication voir § 2.2

Malgré des écarts pouvant atteindre 3 points, dus certainement à la précision de l'essai et au fait que 10 ans séparent les deux séries d'essais, les matériaux testés peuvent être considérés comme équivalents pour l'exécution d'essais Los Angeles.

Par rapport à la fraction 10/14, les écarts sont nettement plus resserrés pour la fraction 11/16 dont les essais ont été réalisés avec la norme SN 670 835b. Le coefficient Los Angeles déterminé selon la norme EN ne se base que sur une seule valeur contrairement à celui de la norme SN qui provient de la moyenne de deux essais. Il en ressort donc que la détermination du coefficient avec une seule valeur peut amener à des écarts entre laboratoire plus importants.

4. Exigences sur les valeurs des coefficients Los Angeles entre les normes SN 670 130 et EN 13043:2002 (SN 670 103)

Le tableau figurant ci-dessous mentionne le niveau d'exigences des normes respectives. Les valeurs indiquées, prévues actuellement par la FK 4 de la VSS, sont les coefficients Los Angeles maximaux admissibles en fonction de la sorte et du type d'enrobé.

Norme SN 670 130			Norme SN 670 103		
	AB		AC		
Fraction	L,N	S,H	L,N	S,H	Fraction
3/6	23	20	30	25	4/8
6/11	23	20	30	25	8/11
11/16	21	18	25	-	11/16
	SMA, MR, DRA		ACVTL, SMA, MR, PA		
3/6	20		25		
6/11	20		25		
11/16	18		25		
	GA		MA		
3/6	-		25		
6/11	-		25		
11/16	-		25		
			AC B, PA B, MA		
			30		
			30		
			30		
	HMT		AC T		
3/6	25		30		
6/11	25		30		
11/16	23		30		
	HMF		AC F		
3/6	25		30		
6/11	25		30		
11/16	23		30		
	DRAS		PA S		
3/6	23		30		
6/11	23		30		
11/16	21		30		

La norme EN 1097-2 de l'essai Los Angeles ne définit pas de mode opératoire pour les fractions supérieures à 11/16. Raison pour laquelle aucune valeur n'a été retenue et intégrée dans la norme SN 670 103 pour les fractions supérieures à 11/16.

5. Conclusion et recommandations

5.1 Conclusion

En se référant aux tableaux des résultats des § 3.1 et 3.2 ainsi qu'au tableau comparatif du § 4, les constatations suivantes peuvent être relevées:

- Pour les granulats de **type S et H**, les coefficients L.A. obtenus varient de 15 à 21 pour la fraction 4/8 et de 14 à 18 pour les autres. Les exigences de la norme SN 670 103 (EN 13043) pour les produits recourant à ce type de granulats sont donc assez larges, puisque le coefficient minimal à respecter est de 25 (c.f tableau § 4). Notons toutefois que les résultats obtenus sur la fraction 11/16 mm avec la norme SN 670 835b (tableau § 3.2) montrent que les exigences de cette dernière étaient également assez larges (valeurs L.A. comprises entre 11 et 16 pour une exigence de 18).
- Les valeurs et exigences pour les granulats de type N sont globalement en adéquation entre les deux normes.
- Les coefficients L.A. obtenus sur la fraction 4/8 sont de 1 à 7 points plus élevés que les autres fractions. Il serait donc loisible de définir un niveau d'exigence différent pour cette fraction par rapport aux fractions plus élevées.
- La norme EN 1097-2 ne fixe l'exécution que d'un seul essai pour la détermination du coefficient L.A. (contrairement à deux essais et prise en compte de la moyenne pour la norme SN 670 835b). La suppression de la détermination d'une valeur moyenne à partir de deux mesures augmentera la dispersion des résultats entre laboratoires.

5.2 Recommandations

Les exigences émises dans la norme SN 670 103 pour les différents produits faisant appel à des granulats de type **N** peuvent être **appliquées telles quelles**. Pour les agrégats **S et H**, la classe **LA₂₅** pour la fraction **4/8** peut être conservée. Pour les fraction **8/11 et 11/16**, cette valeur pourrait passer à la classe **LA₂₀**.

Pour les enrobés **PA S**, si la valeur de la fraction **4/8** peut être maintenue à la classe **LA₃₀**, la valeur des fractions **8/11 et 11/16** pourrait être révisée à la classe **LA₂₅**, ce qui devrait permettre de conserver le niveau de qualité requis dans la norme SN 670 130 pour les enrobés DRAS.

Les valeurs exigées pour les enrobés **ACVTL, SMA, MR et PA** peuvent également faire l'objet de discussions en ce qui concerne les fraction 8/11 et 11/16 (abaissement de la classe **LA₂₅** à la classe **LA₂₀**).

Lors du mandat FA 22/92, **tous les échantillons** testés respectaient les valeurs Los Angeles maximales pour les produits auxquels ils étaient destinés, dont plusieurs valeurs se situaient juste à la limite des tolérances admises. Avec les **recommandations émises** plus haut, **toutes les fractions testées respectent ces exigences.**