Journée d'Etude de la Route et des Infrastructures

JERI

Augmentation de la teneur en fraisat dans les enrobés bitumineux

Nicolas Bueche
Nibuxs Sàrl
Lausanne, 20 novembre 2018

Nibuxs

Ingénieurs civils spécialisés en construction routière

Notions de base

- **Enrobé recyclé:** obtenu par fraisage ou démolition de chaussées bitumineuses (souples)

Source: SMI Tagung 2018, D. Kästli

Source: Nibuxs

Notions de base

- **Agrégats d'enrobés (AE):** matériaux triés et reconcassés provenant du fraisage de couches bitumineuses (*i.e.* fraisat), du concassage de plaques d'enrobé, des déchets ou morceaux de plaques d'enrobé ou des surplus de production d'enrobés

- Composants des agrégats d'enrobés
  - Bitume
  - Granulats (grossiers, fins)
  - Filler

- RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)

Sources: BFH | vaasphalt.org

Notions de base

- Domaines d'utilisation des agrégats d'enrobés (constr. routière)
  - Couches liées (enrobé à chaud / tiède / froid)

Source: Nibuxs, H 144

Source: BFH

  - Couches non liées

Source: Nibuxs, RC 166

Notions de base

- La qualité des agrégats d'enrobés dépend de nombreux paramètres
  - Age et état des couches bitumineuses
  - Sollicitations mécaniques et climatiques
  - Provenance
  - Teneur en HAP
  - Méthode de fraisage
  - Méthode de traitement et préparation
  - …

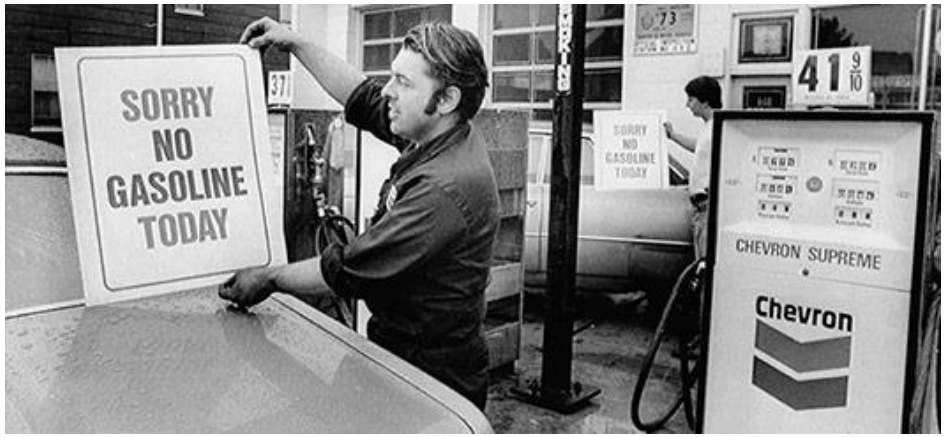
Source: SMI Tagung 2018, H.-P. Bücheli

Source: Re-Road project

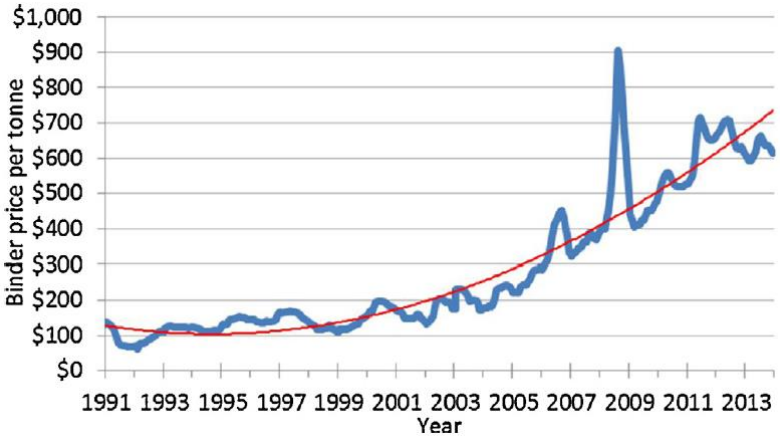
Contexte

- Recyclage des enrobés, de l'histoire ancienne…
  - 1970': crise pétrolière, augmentation du prix du bitume
  - 1970': projet de démonstration FHWA (USA)
  - 1975: premières expériences en France
  - 1980 – 1982: multiplication des expériences
  - 1983 – 1990: «abandon» de la technique (trop de contraintes, manque de motivations/incitations et de moyens techniques)
  - Jusqu'en 2005: stagnation, recyclage à faible taux

Source: Le recyclage des enrobés: bilan de 30 ans d'expériences, les spécificités du milieu urbain. Y. Brosseaud et M. St-Jacques. Congrès INFRA 2014



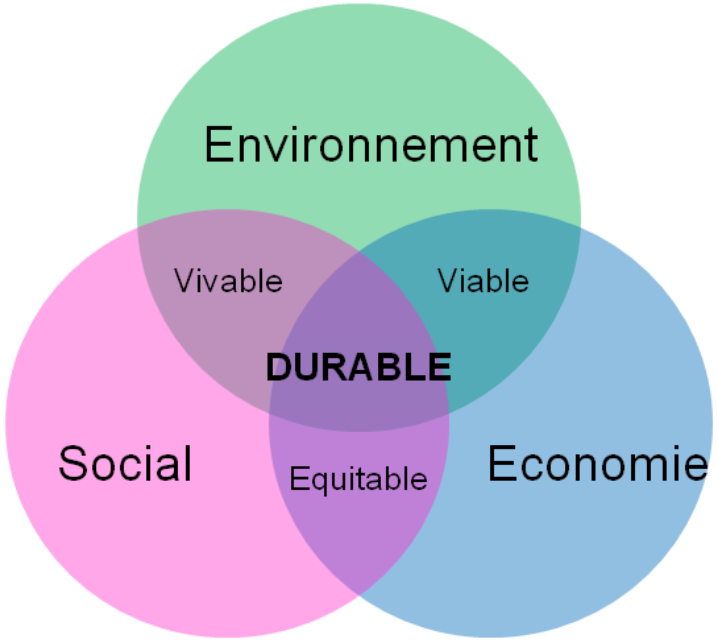
Source: connaissancedesenergies.org



Source: Pennsylvania Asphalt Pavement Association

Contexte

- … mais une problématique actuelle: la nécessité de recyclage des enrobés est croissante



Pas de concessions sur les performances

→ Exigences élevées

→ Nombreux défis !

Utilisation d'agrégats d'enrobés (AE)

- International

Country	All available Reclaimed Asphalt in 2014	Hot Mix Asphalt Production	Warm Mix Asphalt Production	A
Austria	1.500.000	No data	No data	
Belgium	1.500.000	72	No data	
Czech Republic	1.600.000	16	0	
Croatia	170.000	24	5	
Denmark	~1.300.000	54	0	
Estonia	No data	No data	No data	
Finland	1.000.000	100	0	
France	7.000.000	64	No data	
Germany	10.900.000	90	0	
Great Britain	3.350.000	52	18	
Hungary	20.000	80	10	
Iceland	15.000	No data	No data	
Ireland	No data	No data	No data	
Luxembourg	285.000	85	5	
Netherlands	4.500.000	67	3	
Norway	837.410	20	0	
Romania	20.000	40	0	
Slovakia	30.000	98	0	
Slovenia	40.000	25	0	
Spain	390.000	95	2	
Sweden	1.200.000	75	5	
Switzerland	1.000.000	52	10	
Turkey	2.340.000	6	0	
Japan	No data	No data	No data	
U.S.A.	68.700.000	95	No data	
Ontario-Canada	2.800.000	95	No data	

Country	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Austria	9,5	9,0	8,2	8,0	7,2	7,0	7,2	7,2
Belgium	4,9	4,7	4,8	5,9	5,6	5,3	5,2	5,0
Croatia	4,2	3,2	2,7	2,6	2,5	2,8	2,3	2,2
Czech Republic	7,3	7,0	6,2	5,8	5,6	5,4	6,4	8,0
Denmark	3,1	2,7	3,2	4,0	3,6	3,7	3,7	3,7
Estonia	1,5	1,2	1,1	1,3	1,1	1,2	1,3	1,5
Finland	6,0	5,2	4,9	5,0	4,5	4,5	4,7	5,4
France	41,8	40,1	38,8	39,2	35,3	35,4	31,9	31,5
Germany	51,0	55,0	45,0	50	41	41,0	39,0	39,0
Great Britain	25,0	20,5	21,5	22,4	18,5	19,2	20,6	21,9
Greece	8,1	8,7	5,2	2,3	1,6	2,7	2,7*	2,5*
Hungary	2,5	1,6	3,4	2,3	2,5	2,7	3,8	3,9
Iceland	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
Ireland	2,8	3,3	2,3	1,8	1,9	1,8	1,8	1,9
Italy	36,5	34,9	29,0	28	23,2	22,3	22,3	23,1
Latvia	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*
Lithuania	2,2	1,5	1,6	1,6	1,3	1,3*	1,3*	1,6
Luxembourg	0,6*	0,6	0,7	0,65	0,61	0,7	0,7*	0,7
Netherlands	9,3	9,8	9,5	9,6	9,2	9,7	9,0	8,0
Norway	5,7	6,5	5,9	6,7	6,3	6,4	7,0	6,9
Poland	15,0	18,0	18,0	26,5	21,1	18,2	16,5	18,5
Portugal	9,0*	9,0*	6,7	6,4	6,4*	6,4*	6,4*	6,4*
Romania	3,3	3,6	3,2	3,6	3,2	4,1	4,5	4,5*
Serbia	no data	no data	no data	no data	no data	no data	1,3	1,3
Slovakia	2,2*	2,2	1,9	2,2	1,9	1,6	1,5	2,7
Slovenia	2,6	2,3	1,8	1,3	1,1	1,2	1,4	1,6
Spain	42,3	39,0	34,4	29,3	19,5	13,2	14,5	16,4
Sweden	8,7	8,1	7,9	8,1	7,7	7,6	8,5	8,2
Switzerland	5,3	5,4	5,3	5,4	4,8	4,8	6,5	6,5*
Turkey	26,6	23,1	35,3	43,5	38,4	46,2	30,9	37,9

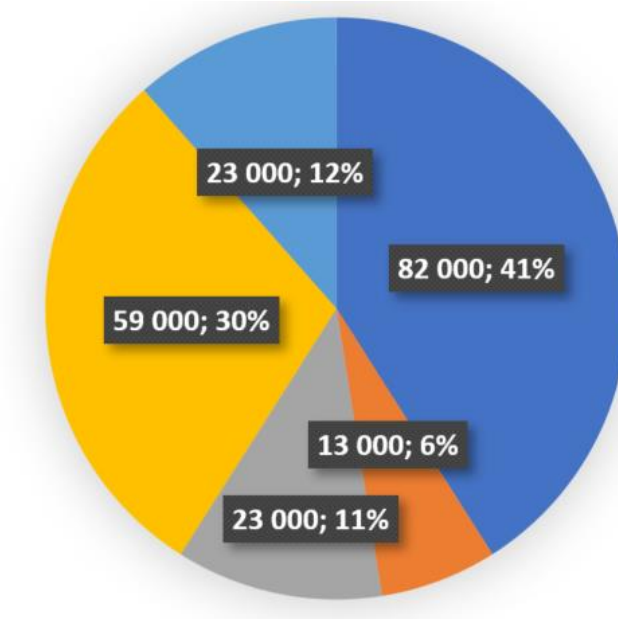
Source: EAPA, Asphalt in Figure

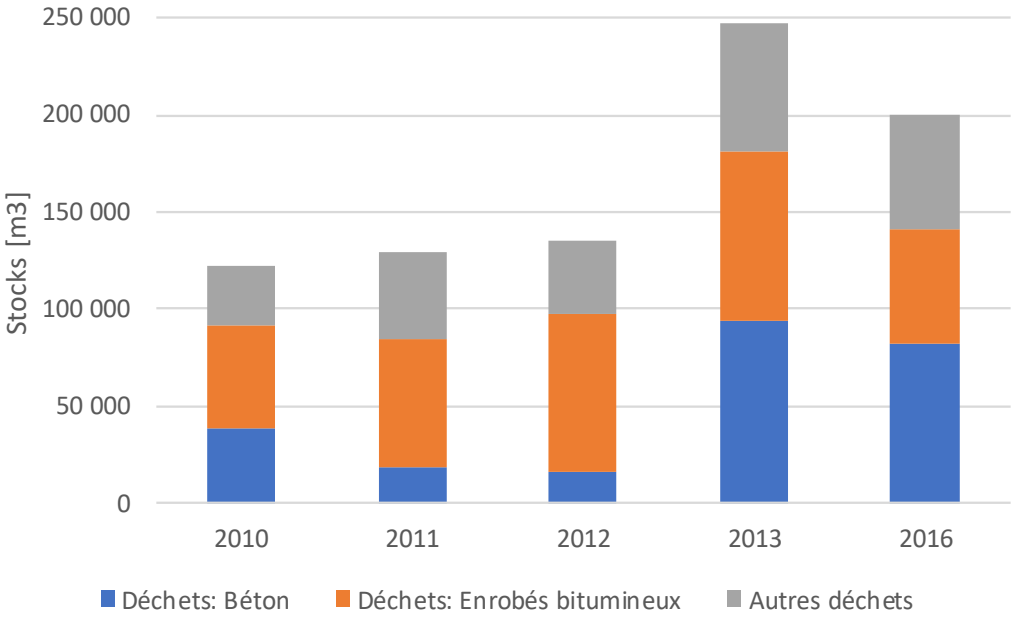
Utilisation d'agrégats d'enrobés (AE)

- Suisse (2017)
  - Production annuelle enrobés ~ 4.8 Mio t.
  - Consommation AE 0.80 Mio t. (~ 17%)
  - Bitume 0.25 Mio t.
  - Granulats concassés 3.70 Mio t.

Source: Assemblée générale asr (B. Hirschi, J.-M. Furrer), avril 2017

- Canton de Vaud





Source: AVGD

Normalisation - législation

- Pour être réutilisables, les agrégats d'enrobés doivent répondre à différentes exigences

  - Environnementales / sanitaires

  - Composition, caractéristiques géométrique et mécaniques, performances: normalisation SN (VSS)

  - Confédération / Cantons / Villes / Communes: règlements, directives, guides techniques

Ordonnance 814.600

Guide technique d'application pour l'utilisation de matériaux minéraux de recyclage

Partenaires :

CANTON DU VALAIS
KANTON WALLIS

Département des transports, de l'équipement et de l'environnement
Service des routes, transports et cours d'eau
Département des transports, de l'équipement et de l'environnement
Office de construction des routes nationales

Departement für Verkehr, Bau und Umwelt
Dienststelle für Strassen, Verkehr und Flussbau
Departement für Verkehr, Bau und Umwelt
Amt für Nationalstrassenbau

AVE WBV ASSOCIATION VALAISANNE DES ENTREPRENEURS WALLISER BAUMEISTERVERBAND

AVGB ASSOCIATION VALAISANNE DE L'INDUSTRIE DES GRAVIERS ET DU BETON VERBAND WALLISER KIES- UND BETONINDUSTRIE

version 28.01.2016

Normalisation

- Mélanges bitumineux, spécification de matériaux – Parti 8: Agrégats d'enrobés (SN 640 431-8a-NA, EN 13108-8:2005)
  - Exigences:
    - Proportion de matériaux étrangers
    - Genre de liant
    - Propriétés du liant
    - Teneur en liant
    - Granulats (type et caract.)
    - Surfaces concassées des granulats
    - Prélèvement
    - Homogénéité
    - …

Ausbauasphalt, Kategorien prozentualer Anteil gebrochener Oberflächen in Gesteinskörnungen ≥ 4 mm ***Agrégats d'enrobés, catégories du pourcentage de surface concassée des granulats ≥ 4 mm***			
Mischgut *Enrobé*			Kategorien prozentualer Anteil gebrochener Oberflächen in Gesteinskörnungen ≥ 4 mm *Catégories du pourcentage de surface concassée des granulats ≥ 4 mm*
Sorte *Sorte*		Typ *Type*	
Deckschicht *Couche de roulement*	AC	L, N	$C_{50/10}$
Binderschicht *Couche de liaison*	AC B	S, H	$C_{50/10}$
Tragschicht *Couche de base*	AC T	L, N, S, H	$C_{50/30}$
Fundationsschicht *Couche de fondation*	AC T		C_{NR}

Source: SN 640 431-8a-NA

Normalisation

- Quantité admissible d'agrégats d'enrobés

Asphaltbeton, zulässige Zugabemengen von Ausbauasphalt in Abhängigkeit der Schichten, Mischgutsorten und Mischguttypen ***Enrobés bitumineux, quantités admissibles d'agrégats d'enrobés en fonction des couches, des sortes et des types d'enrobés***		
Mischgutsorten und Mischguttypen für Schichten *Sortes et types d'enrobés pour couches*	Anteil Ausbauasphalt *Teneur en agrégats d'enrobés*	
	Kaltzugabe *Incorporation à froid*	Warmzugabe *Incorporation à chaud*
	[Masse-%] / *[% massique]*	
Deckschichten / *Couches de roulement*		
Asphaltbeton für Deckschichten AC S, AC H und AC MR *Enrobés bitumineux pour couches de roulement AC S, AC H et AC MR*	0	0
Asphaltbeton für Deckschichten AC N und AC L *Enrobés bitumineux pour couches de roulement AC N et AC L*	≤ 15	≤ 30
Binderschichten und Hochmodul-Asphaltbeton / *Couches de liaison et enrobés bitumineux à module élevé*		
Asphaltbeton für Binderschichten AC B, Hochmodul-Asphaltbeton AC EME *Enrobés bitumineux pour couches de liaison AC B, enrobés bitumineux à module élevé AC EME*	≤ 15	≤ 30
Trag- und Sperrschichten im Gleisbau / *Couches de base et d'étancheité pour voies ferrées*		
Asphaltbeton für Tragschichten AC T, Asphaltbeton für Sperrschichten im Gleisbau AC RAIL *Enrobés bitumineux pour couches de base AC T, enrobés bitumineux pour couches d'étancheité pour voies ferrées AC RAIL*	≤ 25	≤ 60
Fundationsschichten / *Couches de fondation*		
Asphaltbeton für Fundationsschichten AC F *Enrobés bitumineux pour couches de fondation AC F*	≤ 30	≤ 70

Source: SN 640 431-1-NA

"*Des quantités plus élevées peuvent être admises en cas d'accord entre l'entrepreneur et le maître de l'ouvrage*"

Teneur en AE: comparatif

Pays	Teneur max. en AE (ajout à chaud)
France	Couche roulement: 40% (en général max. 10%) Couche liaison: 40% Couche d'assise: 40% *A venir, guide IDRRIM Recyclage à moyen et fort taux: max 60% AE dans les couches de roulement, liaison et assise*
Allemagne	Couche roulement: 20% Couche liaison: 20% - 100% Sous-couches: 20% - 100%
Suède	Utilisation de PmB (cr): 10% Couche de liaison: 20% Couche de base: 30% Couche de fondation (40%)
Belgique	Couche de roulement: 0% Couche liaison et sous-couche: 20% à 50% (homogénéité)
Pays-Bas	Couche de roulement: 50% (cas particuliers) Couche de liaison et sous-couche: 50%
Royaume-Uni	Couche de roulement: 10% (cas particuliers) Couche de liaison et sous-couche: 50%

Sources: Re-Road Project | Guide SETRA, 2004 | JT EPFL, 2012, J. De Visscher | European Survey on the use of RAP, J.-P. Planche, ISAP 2008 | Journée d'échange PN Mure, P. Rossigny

Augmentation de la teneur en AE

- Objectif
  - Augmenter la teneur en agrégats d'enrobés (teneur élevée soit > 30% AE)

- De nombreux défis
  - Domaine de réutilisation (couches liées)
  - Détermination de la teneur optimale en AE
  - Formulation des enrobés
  - Performances mécaniques des enrobés
  - Maîtrise de l'homogénéité
  - Poste d'enrobage
  - Economique
  - …

Défi: domaine de réutilisation

- Couches liées

Asphaltgranulat aus	Zugabemöglichkeiten zu Asphaltmischgut für					
	Guss-asphalt	Walzasphalt-deckschicht	Asphalt-binderschicht	Asphalt-tragschicht	Asphalttrag-deckschicht	Asphalt-fundationschicht
Gussasphalt	++	O	O	+	O	O
Walzasphalt-deckschicht	–	++[1)]	++	+	+	+
Asphaltdeck-[2)] und -binderschicht	–	O[3)]	++	+	+	+
Asphalt-binderschicht	–	O[3)]	++	+	+	+
Asphalttrag- oder -tragdeckschicht	–	–	–	++	O	+
Asphaltfundations-schicht	–	–	–	O	–	++

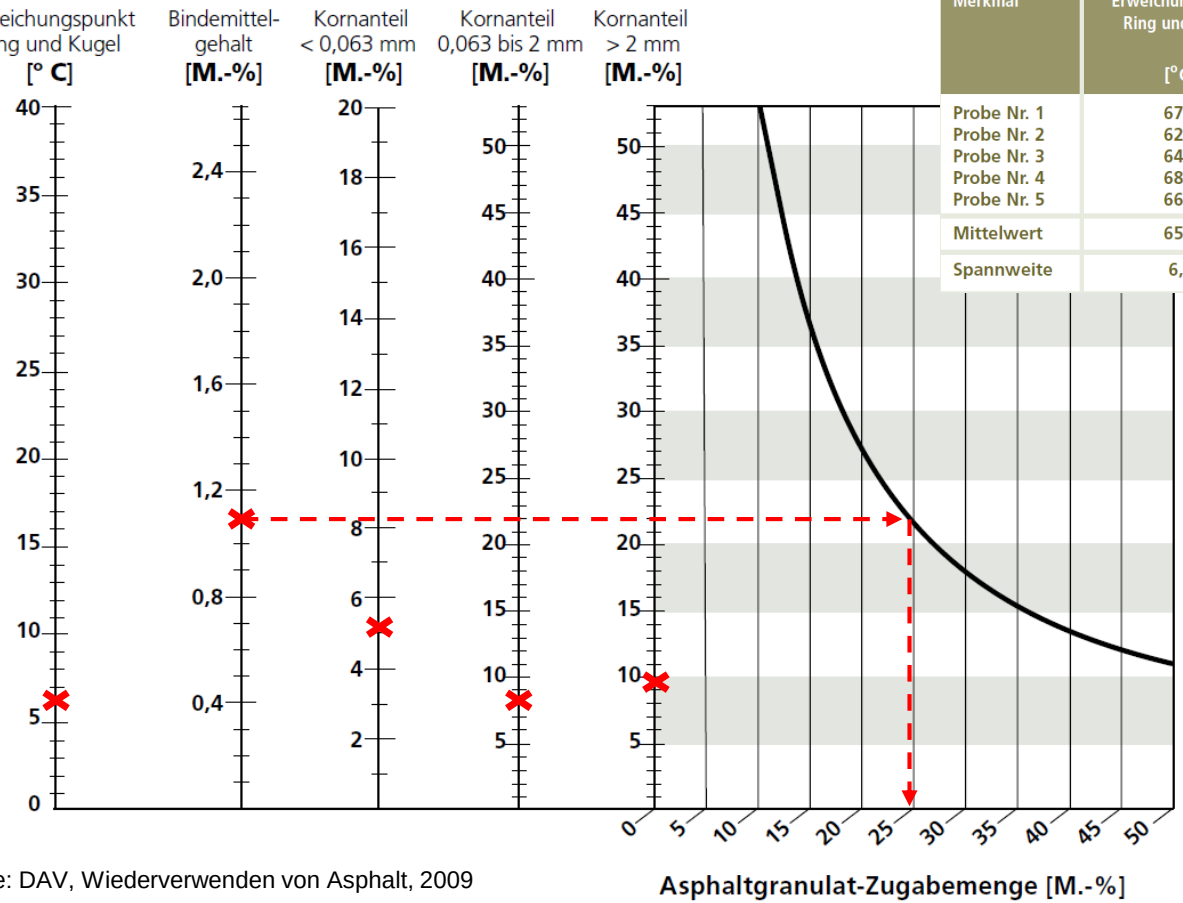
++ = vorrangig (höchste Wertschöpfungsstufe)
\+ = möglich, aber ohne volle Ausnutzung der technischen Eigenschaften und der Wirtschaftlichkeit
O = bedingt mögllich nach besonderer Prüfung
– = nicht möglich [1)] nach TL Asphalt-StB [2)] in der Regel nicht aus Gussasphalt [3)] nach gesonderter Aufbereitung

Source: DAV, Wiederverwenden von Asphalt, 2009

Défi: détermination de la teneur optimale

- Exigences relative à l'homogénéité du mélange en fonction de la teneur en fraisat (TL Asphalt-StB 07)
- Détermination de la teneur maximale en agrégats d'enrobé

Vorhandene Spannweite von Merkmalsgrößen des Asphaltgranulates



Merkmal	Erweichungspunkt Ring und Kugel [°C]	Bindemittelgehalt [M.-%]	Kornanteil < 0,063 mm [M.-%]	Kornanteil 0,063 mm bis 2 mm [M.-%]	Kornanteil > 2 mm [M.-%]
Probe Nr. 1	67,0	5,0	9,9	37,7	52,4
Probe Nr. 2	62,0	5,8	11,3	35,2	53,5
Probe Nr. 3	64,0	4,9	9,3	29,8	60,9
Probe Nr. 4	68,0	5,9	6,7	31,5	61,8
Probe Nr. 5	66,0	5,1	12,1	33,8	54,1
Mittelwert	65,5	5,3	9,9	33,6	56,5
Spannweite	6,0	1,0	5,4	7,9	9,4

Source: DAV, Wiederverwenden von Asphalt, 2009

Défi: détermination de la teneur optimale

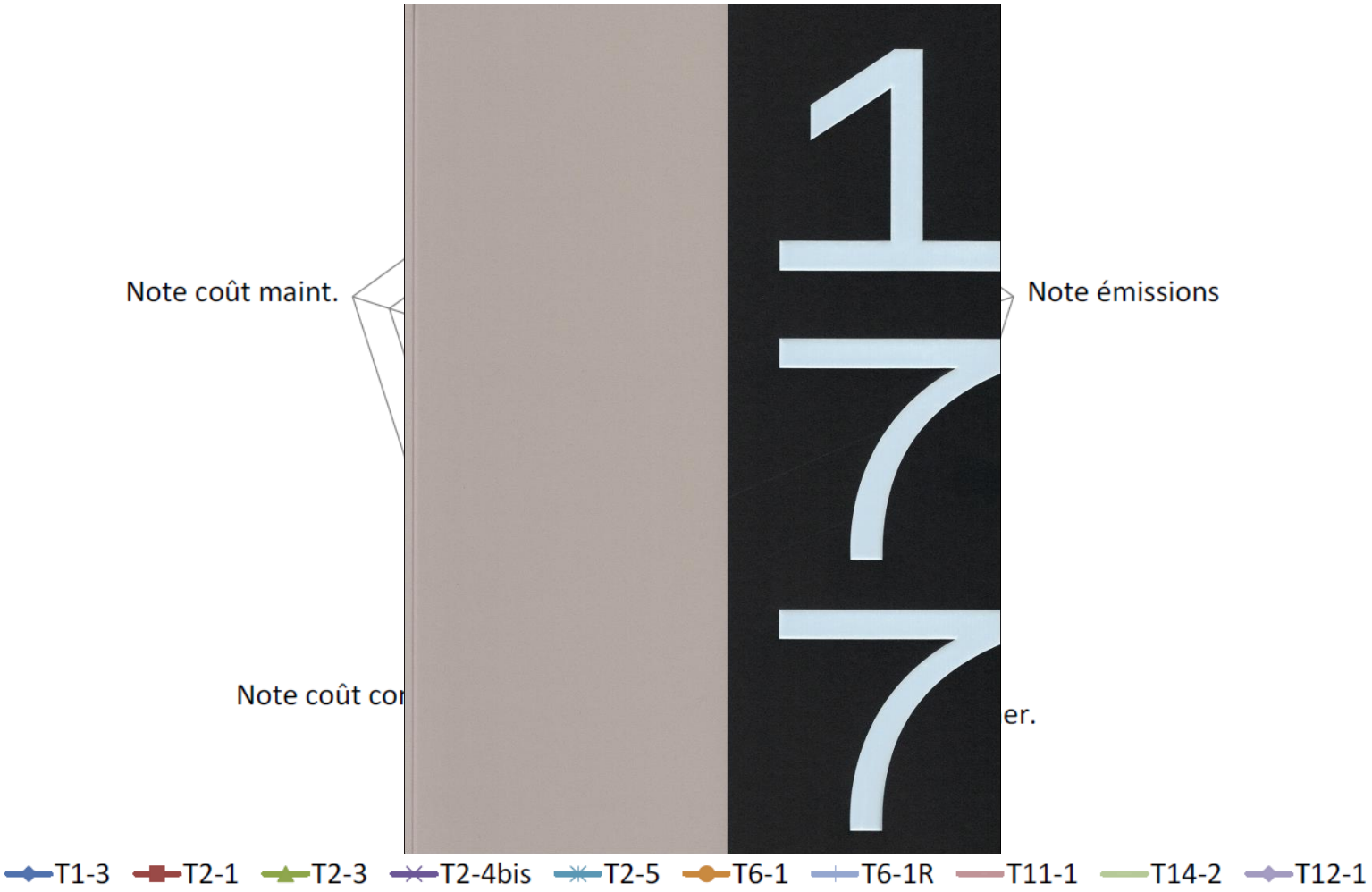
Usage dans la chaussée	Type de couche			Taux de réemploi				
	Couche de roulement			0	0	10 % sous condition [1]	30 %	40 %
	Couche de roulement			10 %	20 %	30 %	40 %	
	Couche d'assise							
Informations sur les composants de l'agrégat	Liant	Teneur en liant	Etendue	Non spécifiée	≤ 2%		≤ 1%	
		Caractéristiques résiduelles (pénétrabilité *ou* TBA	Pénétrabilité 1/10 mm	Non spécifiées		≥ 5	≥ 5	
			Pénétrabilité étendue			-	≤ 15	
			TBA °C			≤77	≤77	
			TBA étendue			-	≤8	
	Granulats	Granularité	Passant à D Etendue	Non spécifiée		80 à 99 ≤ 15	85 à 99 ≤ 10	
			Etendue du passant 2mm			≤ 20	≤ 15	
			Etendue du passant à 0,08mm			≤ 6	≤ 4	
		Caractéristiques intrinsèques	Catégorie	Non spécifiées			B	
			Angularité				RC2	

(1) Si la teneur en liant moyenne de l'agrégat est supérieure à 5,5 %, on considère que l'enrobé est un béton bitumineux dont les granulats ont été choisis selon des critères minimaux voisins de ceux qui sont recherchés pour le matériau recyclé.

Source: SETRA, Guide technique, 2004

Défi: détermination de la teneur optimale

- Comment déterminer la teneur optimale?



Source: Projet RC 177, DGMR

Défi: formulation des enrobés

- Complexité du processus de formulation

	Parameter	Rutting resistance (Section 2)	Workability (Section 3)	Moisture resistance [2] (Section 4)	Thermal cracking resistance (Section 5)	Stiffness (Section 6)	Load-related cracking resistance (Section 7)
Binder (Subsection 1)	Higher binder content	↓ [1]	↗	↗	→	↗ ↘ [4]	↑
	Harder binder	↑	↓	↗	↓	↑	↘ ↑ [5,6]
	SBS modified binder	↑	↓	↗	↗	↗	↑
	Binder aging	↑	↓	↘	↓	↑	↓
Aggregates (Subsection 2)	Higher filler content	↗ ↘	↓	↘	↘	↗	↗ ↘
	Higher coarse aggregate angularity	↑	↓	→	↑	→	↑
	Higher fine aggregate angularity	↑	↓	→ ×	↑	↑	→
	Higher surface texture	↑	↓	↗	↑	↑	↑
	Stronger aggregates	↗	↘	↗	↗ ×	→ ×	↗
	More cubical shape	↗	↑	↗ ×	→ ×	↑	↗
	Coarser gradation	↗ ↘	↗ ↘	↘	→	↘	↘
	Larger nominal maximum aggregate size (NMAS)	↑	↓	↘	→	↑	↓
Air voids/advanced technologies (Subsection 3)	Higher air voids	↓	↑ ×	↓	↘	↓	↓
	Higher RAP content (no treatment)	↑	↓	→	↘	↗	↗ ↘
	Poor blending between RAP and virgin binder (and rejuvenator)	↓	↗ ×	↘	↗ ×	↗	↗
	WMA technology (at HMA temperature)	→	↑	↘	→ [3]	→ ×	→ [3]
	WMA technology (with temperature reduction)	↘	→	↘	↗ [3]	↓	→ [3]

Legend:
- ↑ usually increases
- ↗ may increase
- → usually unchanged
- ↘ may decrease
- ↓ usually decreases
- ↗ ↘ result highly dependent on other parameters (see respective section for details)
- ⇨ larger arrow size indicates parameters of higher importance
- × authors judgement (effect was not found in literature)

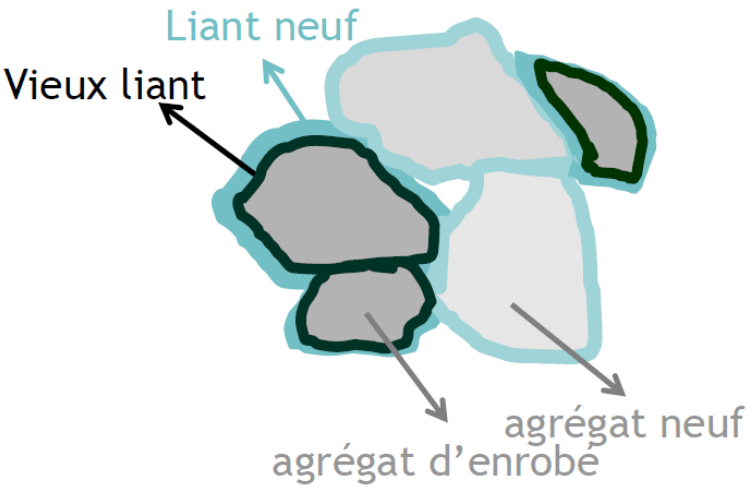
Source: Performance-based design of asphalt mixtures and review of key parameters. M. Zaumanis et al. Materials and Design 141. 2018

Défi: formulation des enrobés

- Homogénéité des granulats (AE) est déterminante, de même que la connaissance des caractéristiques principales (liant et granulat)

- Mélange liant neuf – liant d'apport ?

- Vieillissement des AE?

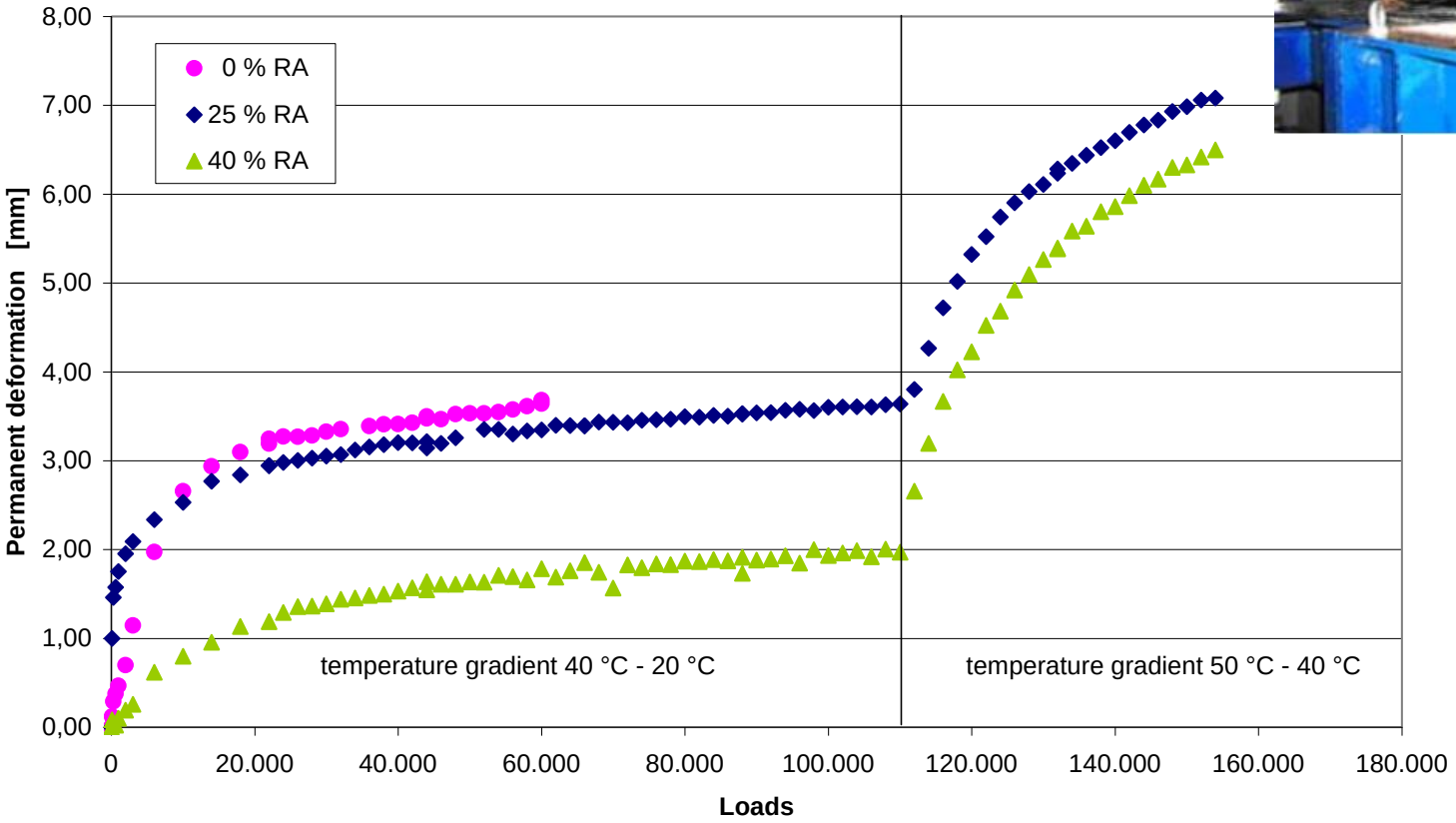


Source: JT EPFL, 2012, J. De Visscher

Défi: performances mécaniques des enrobés

- Exemple: résistance à l'orniérage
- Essai: Danish Asphalt Rut Tester (DART)

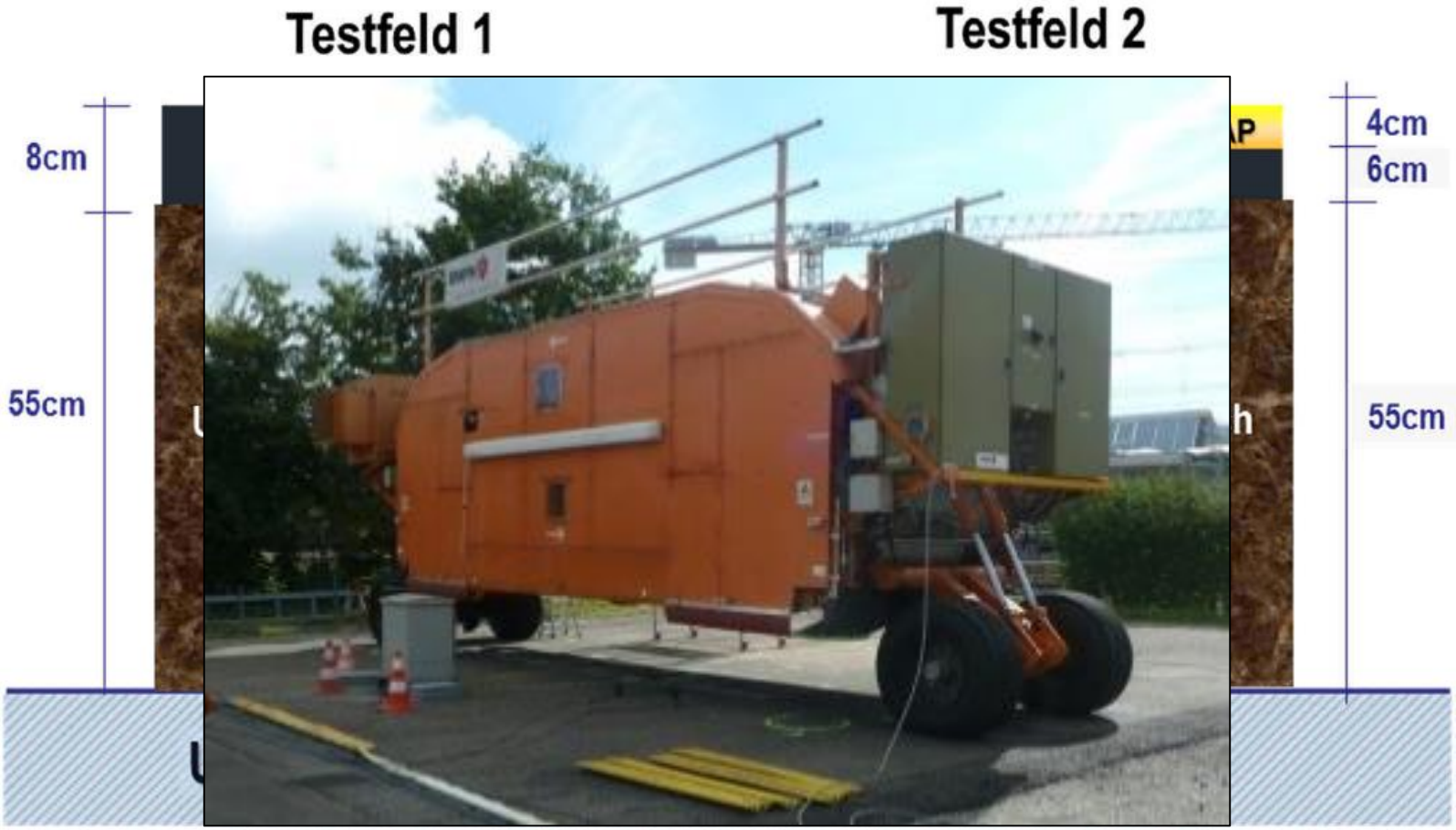
Source: Danish Road Institute



Source: Laboratory and ALT-Evaluation of high stiffness underlayers with high percentage of re-use as developed in the NR2C project, Bueche et al. E&E 2008

Défi: performances mécaniques des enrobés

- Exemple: résistance à l'orniérage
- Essai: MLS10

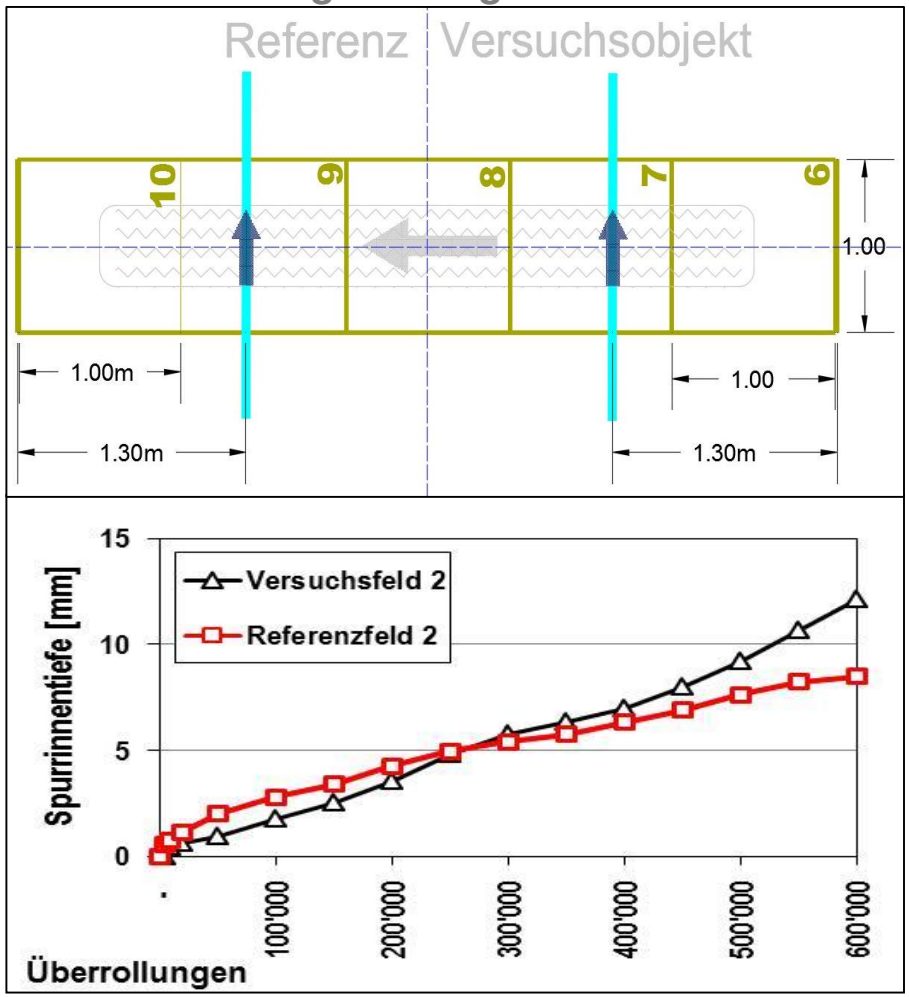


Source: Piemontese et al. (EMPA), Projet 2005/457, 2018

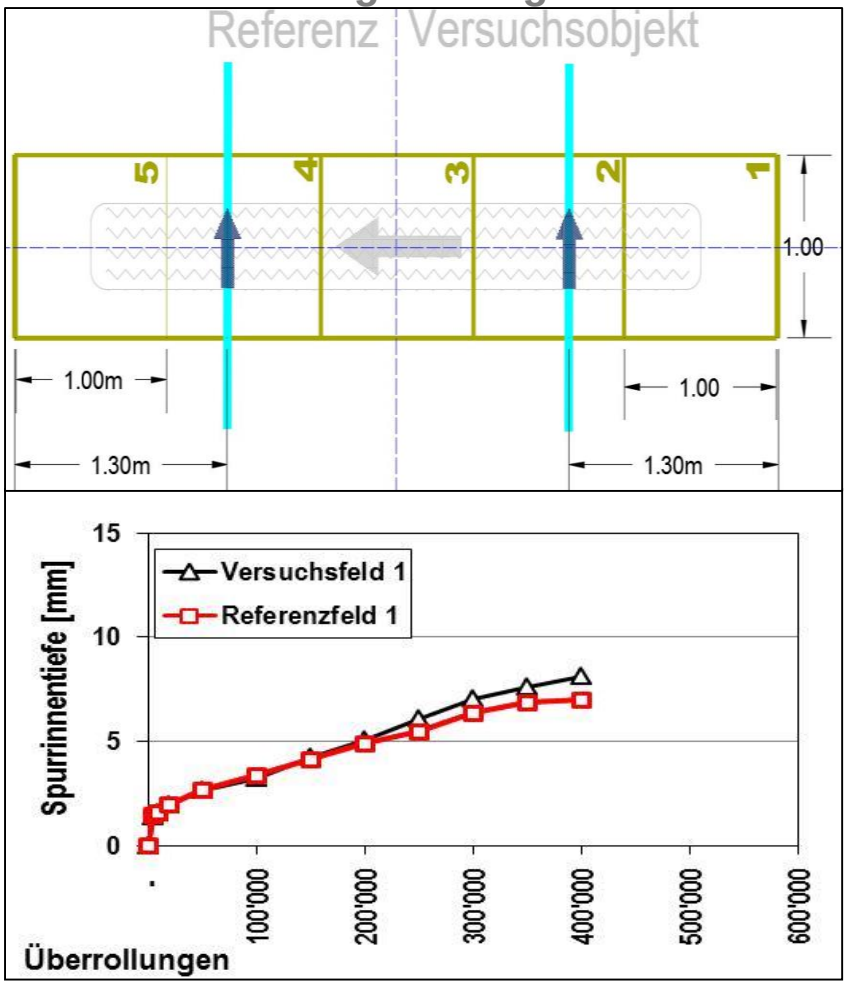
Défi: performances mécaniques des enrobés

- Exemple: résistance à l'orniérage, MLS10

Zweischichtiger Belag ACT 16 S/ AC11S



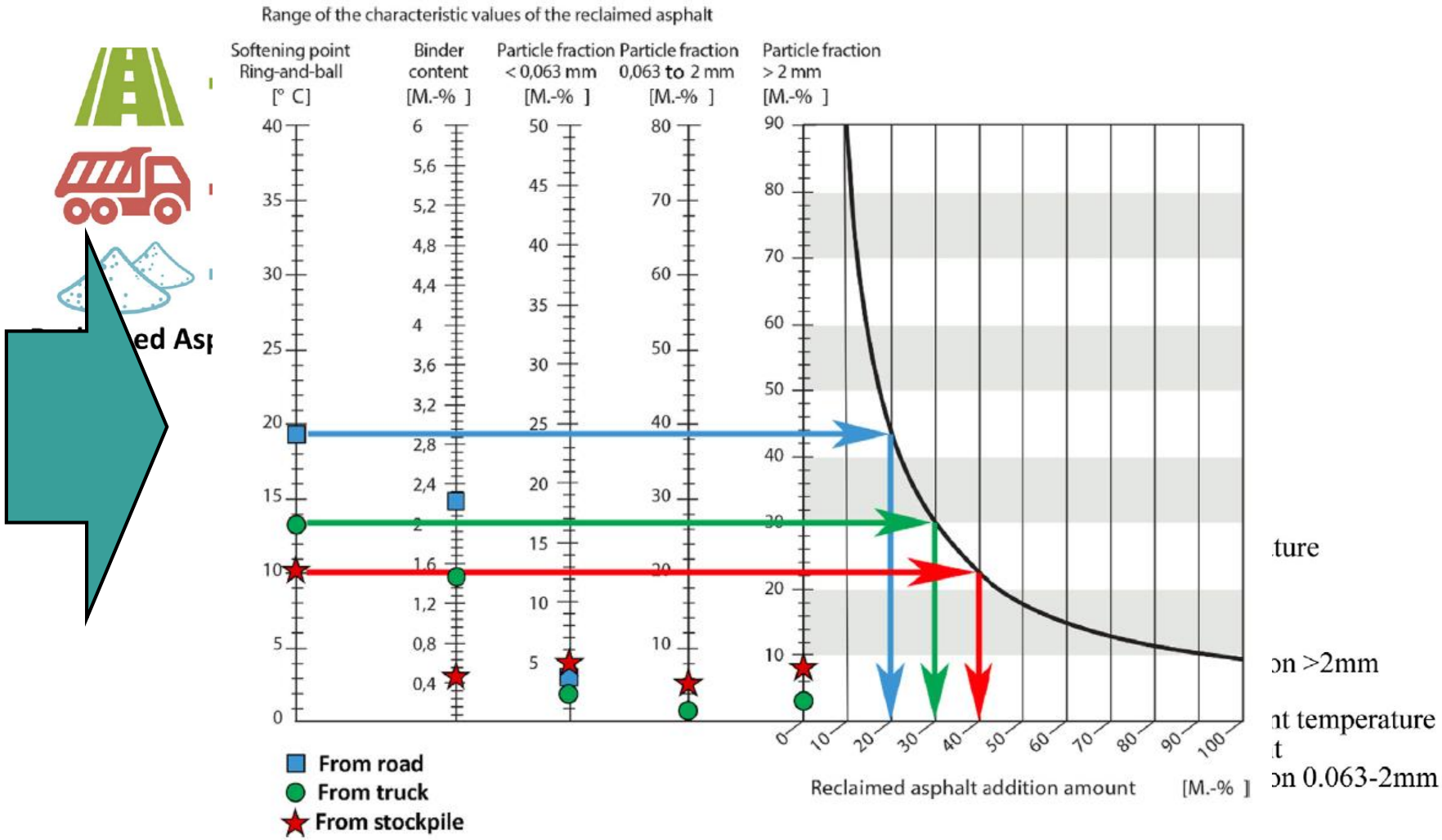
Einschichtiger Belag ACT22S



Source: Piemontese et al. (EMPA), Projet 2005/457, 2018

Défi: homogénéité des agrégats d'enrobé

- Impact de l'homogénéité



Source: How to reduce reclaimed asphalt variability: A full-scale study. M. Zaumanis et al. Construction and Building Materials N° 188. 2018

Défis: poste d'enrobage

- Séparation des stocks - triage

Source: AIPCR, 2003

Source: BFH, BERAG Rubigen

- Protection des granulats (surtout fractions fines)

Source: Unlocking the full technical potential of RAP, ENVIROAD Conf. 2009

Défis: poste d'enrobage

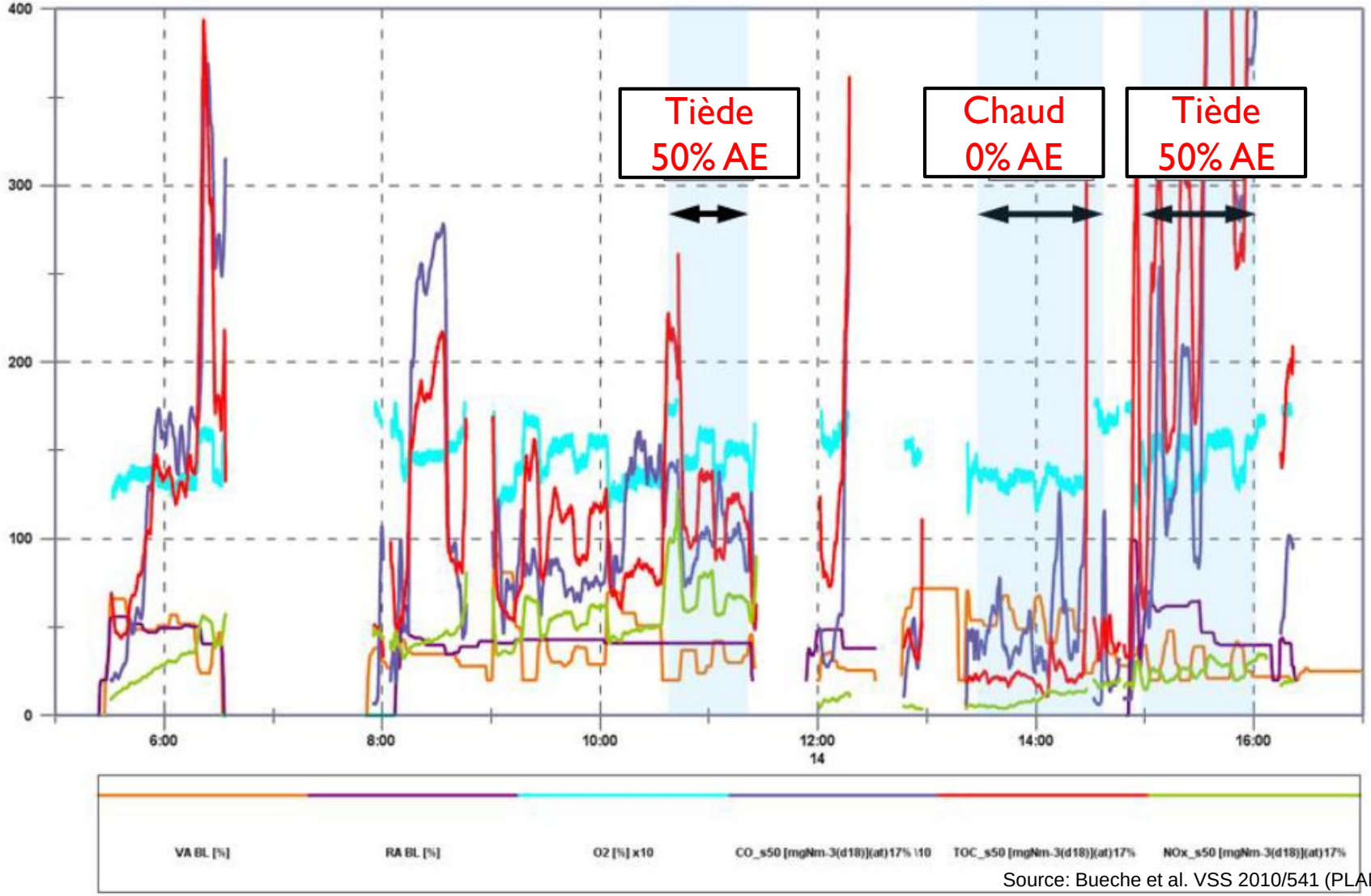
- Technologie des postes d'enrobage

Source: Ammann / BAB Belag Birmensdorf

Source: Ammann / Camandona SA Daillens

Défis: poste d'enrobage

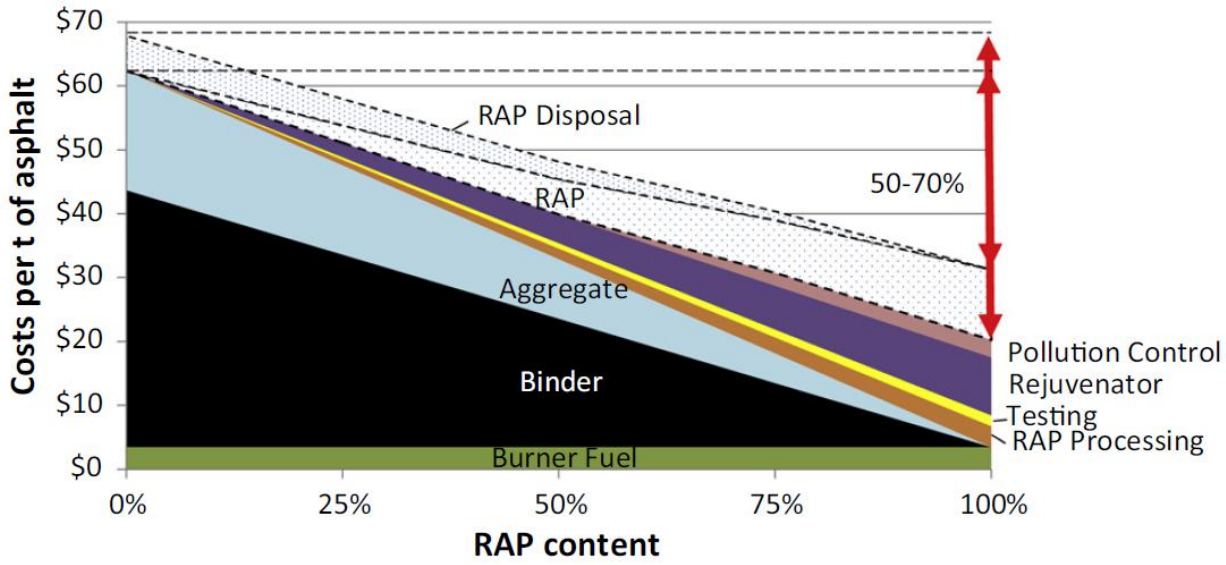
- Technologie des postes d'enrobage



Source: Bueche et al. VSS 2010/541 (PLANET)

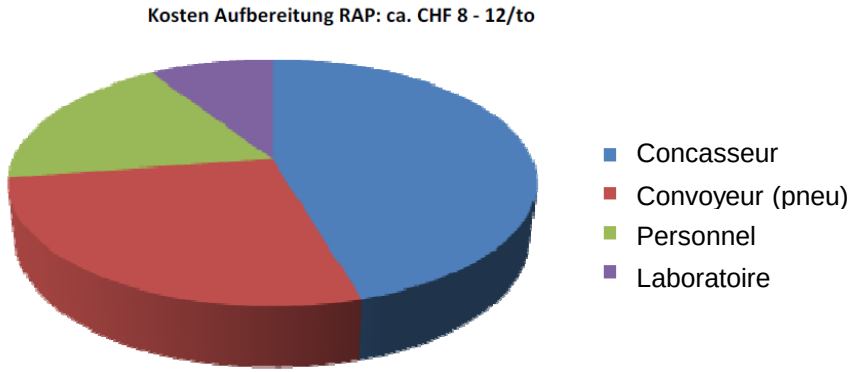
Défis: économique

- Cas des enrobés à chaud



Source: Zaumanis & Mallick, 2014

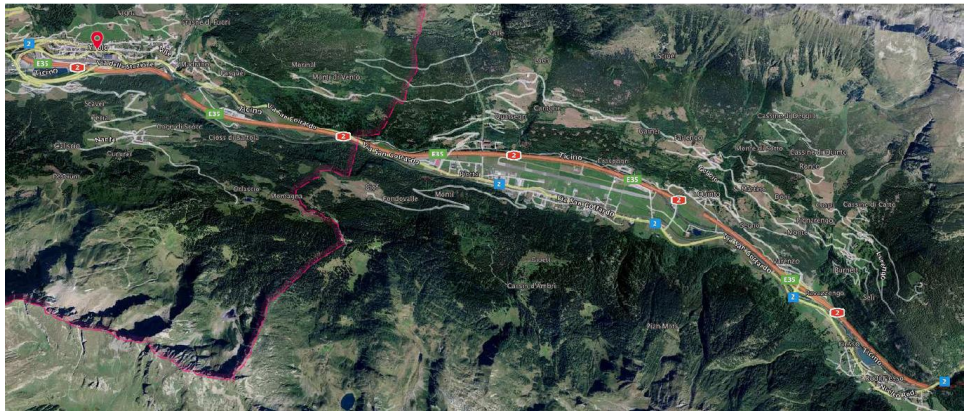
- 10% d'AE → économie ~ 5-6 CHF/t

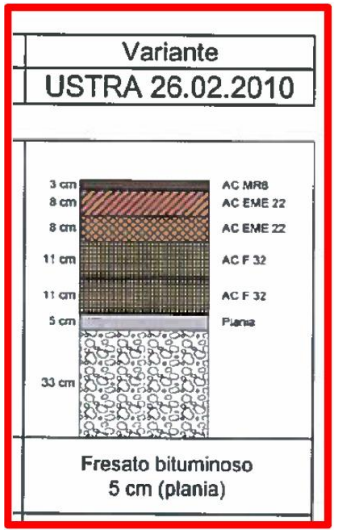


Source: S. Dünner et al. Projet OFROU-VSS N°2005-454

Pratique actuelle

- Exemple OFROU: Projet N2 Airolo – Quinto (EP 04 Lotto 301)





Objectifs soumission teneur minimale en matériaux recyclés

- 3 cm SDA 8-12	0 %
- 8 cm AC EME 22 C1	30 %
- 8 cm AC EME 22 C2	30 - 40 %
- 11 cm AC F 22	70 - 90 %
- 11 cm AC F 22	70 - 90 %
- 5 cm Planie	100 %

Structure prévue pour exécution

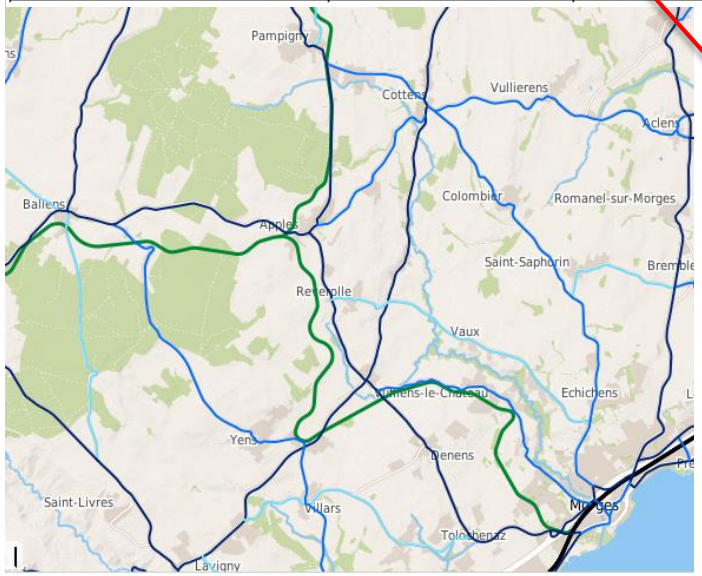
- 3 cm SDA 8-12	0 %
- 8 cm AC B 22 H	50 %
- 8 cm AC T 22 H	50 %
- 11 cm AC F 22	90 %
- 11 cm AC F 22	90 %
- 5 cm Planie	100 %
- 17 cm aufbereitete ungebundene Gesteinskörnung	

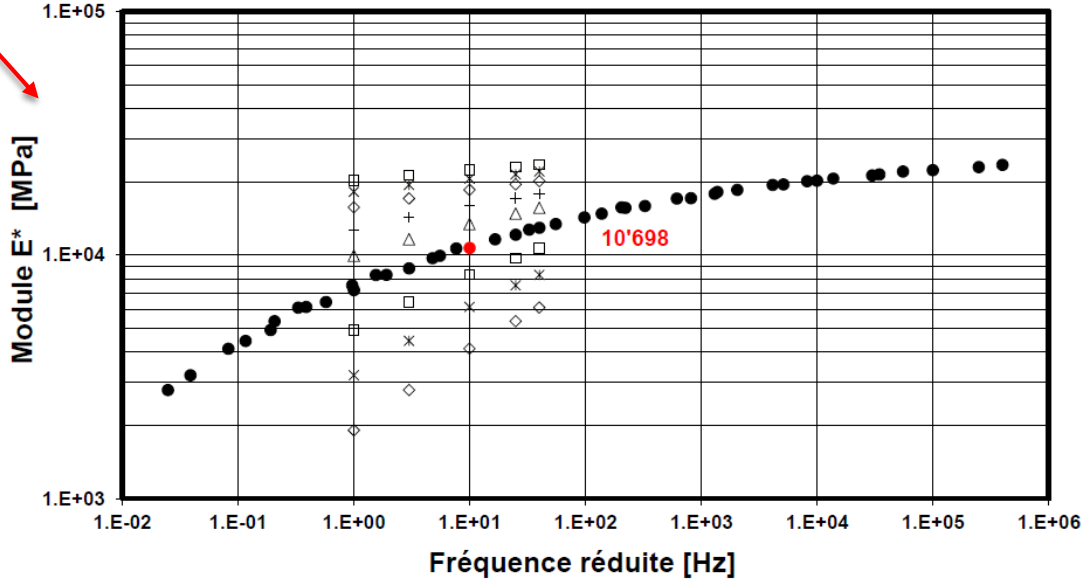
Source: SMI Tagung 2018, H.-P. Beyeler (ASTRA)

Pratique actuelle

- Exemple canton Vaud: Planche d'essais RC 166 (L'Isle – Chavannes-le-Veyron)

Couche	Sorte d'enrobé	Teneur en RAP [%]	Epaisseur [mm]	Date de pose
Couche de roulement	AC 11 S	-	40	30.06.2015
Couche de base	ACT 22 S	60	80	15.08.2014
Couche de fondation	AC F 22	70	100	13.08.2014
Grave	GNT 0/45	30	500	





Source: geo.vd.ch

Perspectives

- Direction 100% d'agrégats d'enrobé: recherche

Tages-Anzeiger

Der perfekte Recycling-Belag

Wenn Strassen gefräst werden, fällt viel
Empa, ETH Zürich und Industriepartne

«Unser Recycling-Asphalt ist besser als ein herkömmlicher Belag.»

Martins Zaumanis, Asphaltforscher der Empa

das simulierte Befahren mit Autoreifen. Zaumanis zeigt die entsprechenden «Folterinstrumente» in den Empa-Labors. Bei einem sehr realitätsnahen Test mit einem Verkehrssimulator schnitt der Recycling-Asphalt sogar besser ab als das klassische Pendant. Allerdings gibt es Einschränkungen für den Einsatz: «Wir haben den Recycling-Asphalt für die Verwendung auf wenig befahrenen Strassen optimiert», sagt Zaumanis. «Für stark befahrene Strassen gelten andere Anforderungen.»

Ein wichtiger Teil des Projekts war die Auswirkungen des Recycling-Asphalts auf die Umwelt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Recycling-Beläge keinen negativen Einfluss auf die Umwelt haben. Der nächste Schritt wäre es, einen realen Strassenabschnitt mit dem Recycling-Asphalt zu versehen. «Das streben wir in einem Folgeprojekt an», sagt Zaumanis. Wenn der Praxistest ebenfalls erfolgreich verläuft, wäre es Aufgabe des **Astra**, den Recycling-Asphalt für die Praxis zuzulassen. Dann sollte auch gewährleistet sein, dass der «Ökobelag» nicht häufiger erneuert werden muss als herkömmlicher Asphalt – und somit keine ärgerlichen Staus erzeugt. (Tages-Anzeiger)

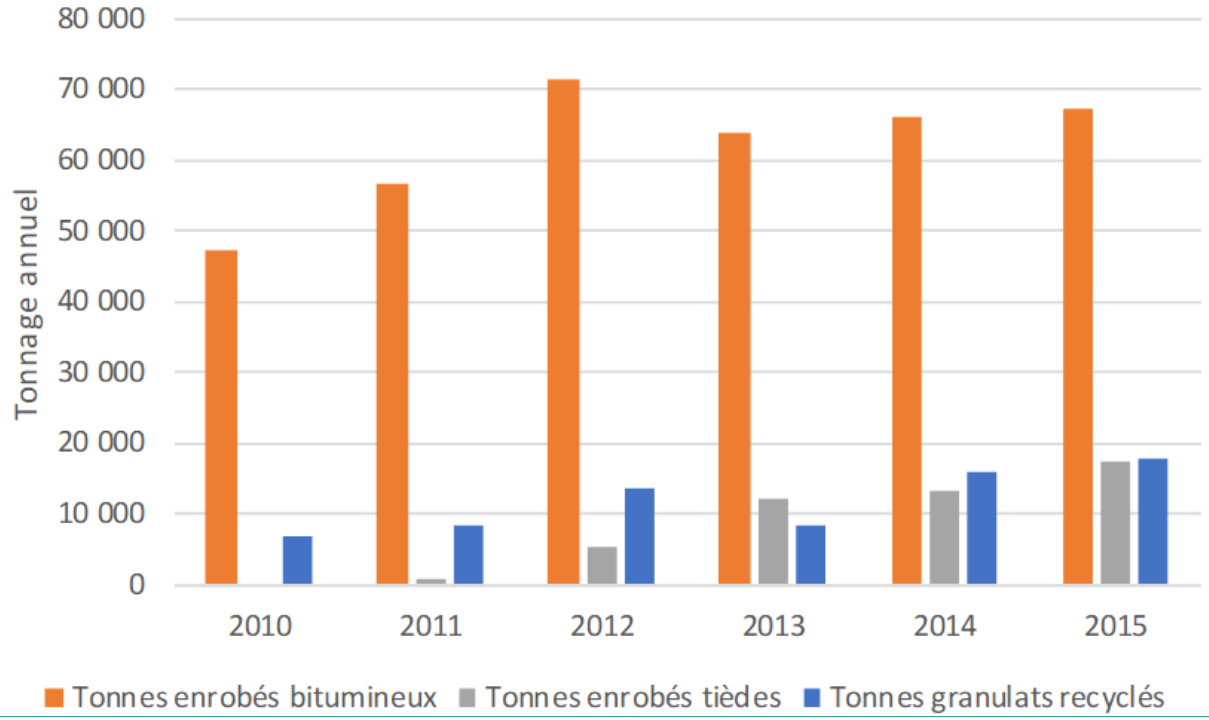
Source: Tages Anzeiger, 16.08.2018

Perspectives

- Direction 100% d'agrégats d'enrobé: pratique (VD)

Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Tonnes enrobés bitumineux	47 220	56 601	71 307	63 869	66 089	67 387
Tonnes enrobés tièdes	0	916	5166	12018	13112	17537
Proportion enrobés tièdes	0%	2%	7%	19%	20%	26%
Tonnes granulats recyclés	6 970	8 430	13 450	8 330	15 990	17 906
Proportion granulats recyclés	15%	15%	19%	13%	24%	27%
Production annuelle de fraisat	27 840	37 200	32 390	26 905	28 130	23 115
Prop. de fraisat introduite dans cycle de vie	25%	23%	42%	31%	57%	77%

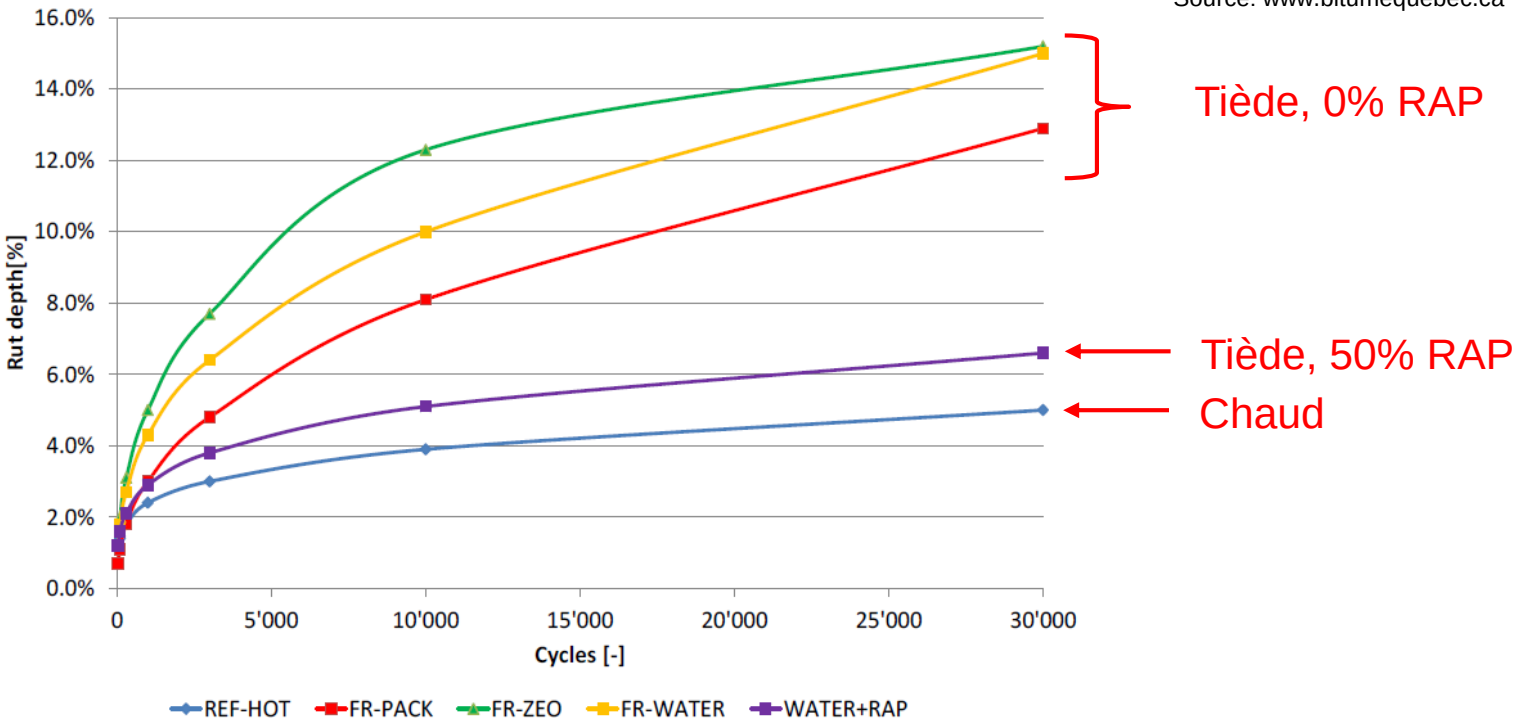
Source: AVGD, 2018



Perspectives

- Augmentation teneur en AE et..
  - Enrobes tièdes

Source: www.bitumequebec.ca



Source: Bueche N et al. Instrumentation and in-situ evaluation of warm mix asphalt test sections. 6th E&E Congress

  - Enrobés à froid

Conclusions et recommandations

- **Recycler autant que possible** est maintenant une nécessité, ceci en prenant en compte la disponibilité des AE, la technique ainsi que les différentes exigences (normatives par ex.).

- Le recyclage permet d'économiser les granulats neufs et le liant d'apport → Démarche **écologique** mais également **économique**!

- L'ajout d'agrégats d'enrobé dans les enrobés à **chaud** est une pratique courante, l'ajout d'agrégats d'enrobés dans les enrobés **tièdes** (voire **froids**) est à promouvoir davantage.

- Autre piste de valorisation des AE: recyclage non lié à froid **RC-Grave A** représente un potentiel intéressant.

- Les **expériences** avec augmentation de la teneur en fraisat d'enrobé se **multiplient**.

Conclusions et recommandations

- Il est indispensable **d'augmenter la teneur en fraisat** dans les enrobés bitumineux, prioritairement dans les couches de fondation (AC F), base (AC T) et liaison (AC B)
  - Taux faible (≤ 10%): pas (peu) de d'optimisation de la recette
  - Taux moyen (>10… ≤30%): analyse détaillée, optimisation éventuelle
  - Taux fort (>30%): optimisation *a priori* indispensable
- Couche de **roulement**: risques plus élevés, problématique granulométrie, angularité, …
- Un **taux élevé** en AE requiert l'**optimisation** de différents aspects:
  - Préparation et traitement du fraisat d'enrobé
  - Contrôle et maîtrise homogénéité du fraisat
  - Formulation
  - Fabrication
  - …
- **Attention**: Extrait EN 13108-8 (Spécification des matériaux – Partie 8: Agrégats d'enrobés)

Les exigences concernant les mélanges bitumineux sont les mêmes avec ou sans agrégats d'enrobés, de ce fait, le niveau d'homogénéité du matériau détermine la quantité maximale d'agrégats d'enrobés pouvant être utilisée.

Merci pour votre attention…

nicolas.bueche@nibuxs.ch