Le liant idéal

Quelques réflexions



MATÉRIAUX



DIMENSIONNEMENT
ET STRUCTURES



RELEVÉ D'ÉTAT
ET GESTION DE L'ENTRETIEN

Mehdi Ould Henia

Ecublens , 10.11.2026

Journée d'Etude de la Route et des Infrastructures

JERI

Nibuxs

Ingénieurs en infrastructures de transport

Contenu

- Succès des revêtements bitumineux
- Le liant idéal
- Ce qui est admis
- Mécanismes de dégradation
- Eternel compromis
- Relaxation thermique (exemple des planches du Valais)

Succès des revêtements bitumineux

… par rapport aux autres revêtements (béton, pavés, …)

- Coût
- Confort
- Rendement : mécanisation
- Rapidité de la remise au trafic
- Flexibilité
  - Joints de dilatation superflus
  - Petits mouvements du terrains acceptables
- Réparabilité
- Recyclabilité

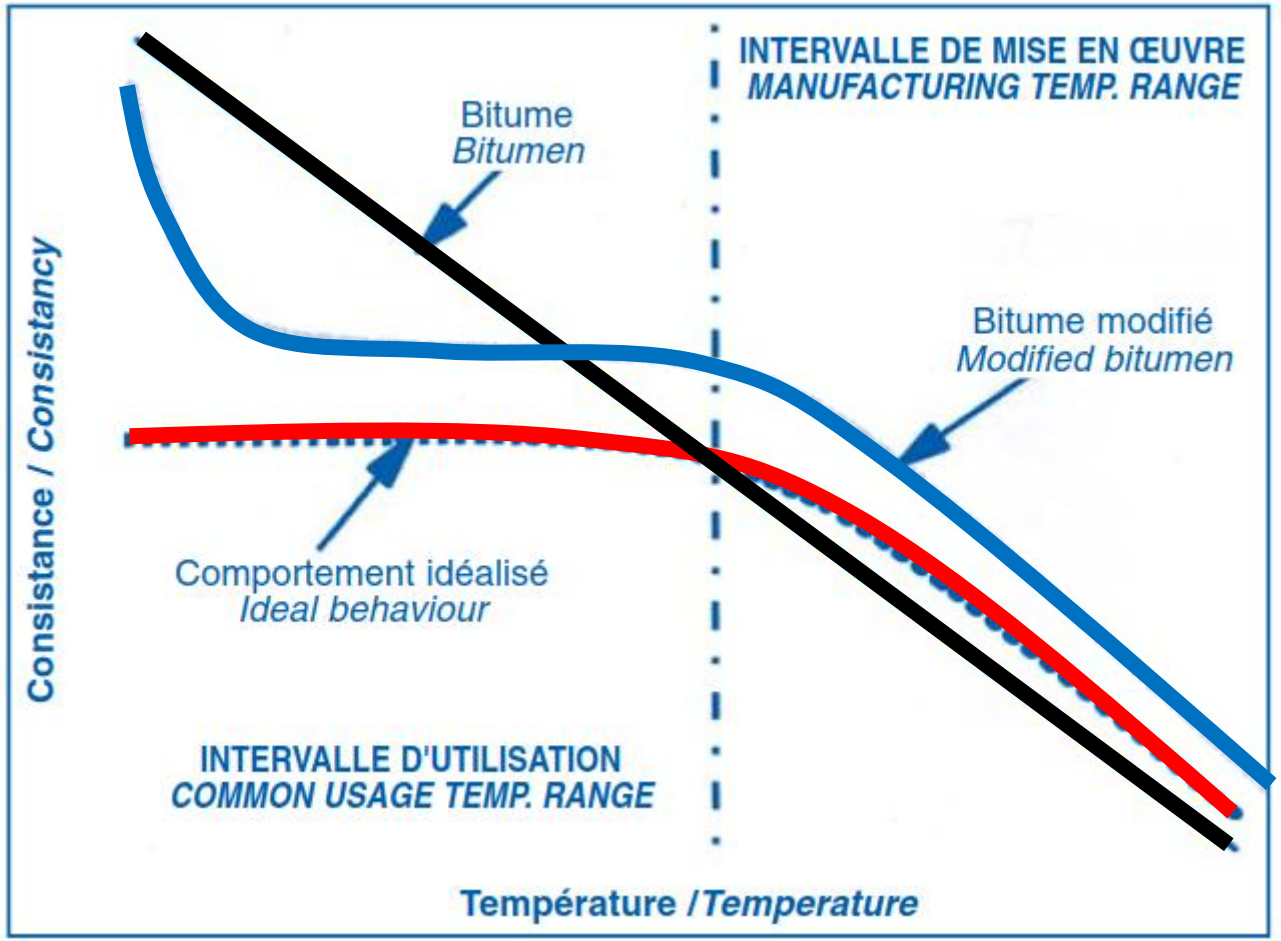
Succès des revêtements bitumineux

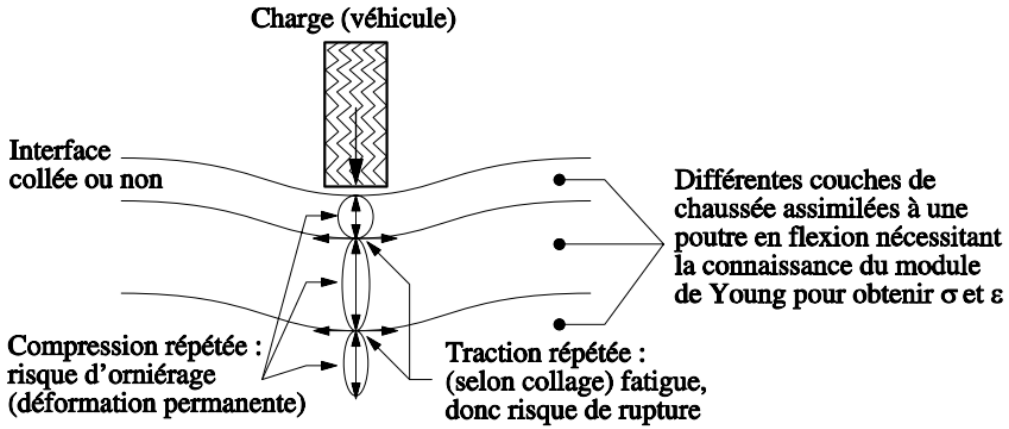
Les caractéristiques avantageuses sont apportées par le comportement viscoélastique du liant bitumineux

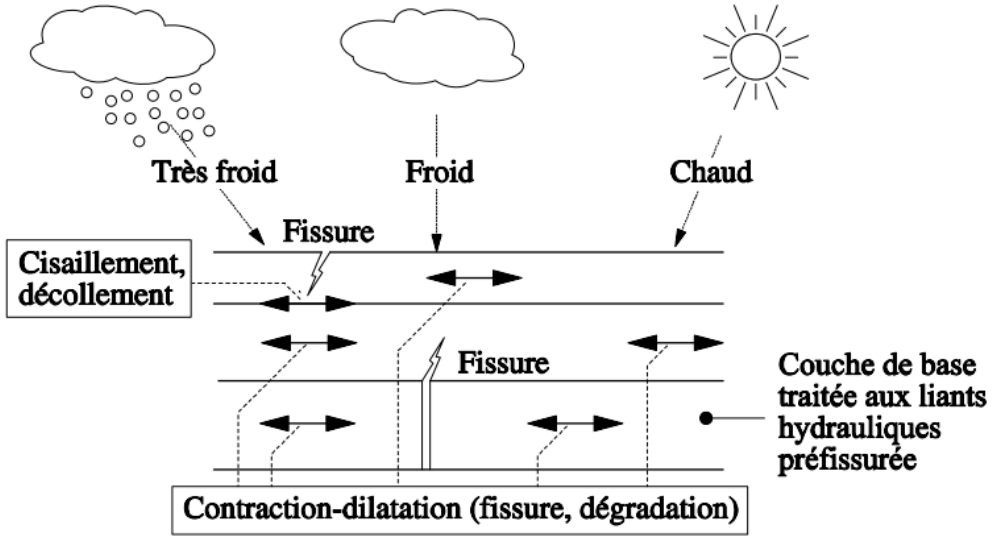
Concrètement:

- Maniabilité (aux température de fabrication)
- Rigidité (aux température de service)
- Dissipation des charges mécanique du trafic
- Relaxation des contraintes (thermiques, tassements)
- Imperméabilité (nature physico-chimique)
- …

Le liant idéal







Ce qui est admis

Le choix du liant est toujours un compromis

- Climat
- Trafic
- Recyclage
- Habitudes
- ...

Walzasphalt, Empfehlungen zur Wahl der Mischguttypen bei n
Enrobés bitumineux compactés, recommandations pour le choix de sollicitation normale

Klimatische Beanspruchungen, Kategorien *Sollicitations climatiques, catégories*	Tägliche äquivalente Verkehrslast *Trafic équivalent journalier* T			
	≤ 30	> 30…100	> 100…300	> 300…1000
	Verkehrslastklassen *Classes de trafic pondéra*			
	T1 Sehr leicht *Très léger*	T2 Leicht *Léger*	T3 Mittel *Moyen*	T4 Schwer *Lourd*
A	**L**	**L**	**N**	**N, S**
B	**L**	**N**	**N**	**S**
C	**N**	**N**	**S**	**S**

A Höhenlage, besonders tiefe Temperaturen
B Durchschnittliche klimatische Bedingungen (Mittelland)
C Sehr starke Sonneneinstrahlung, besonders hohe Temperaturen

A En altitude, t
B Conditions cl
C Très fort ens
élevées

Asphaltbeton, Empfehlungenen zur Wa Mischgutsor
Enrobés bitumineux, recommandations des sortes

Bindemittel und Bindemittelsorten *Liants et sortes de liants*	AC			
	L	N	S	H
Strassenbaubitumen *Bitumes routiers*				
35/50			○	○
50/70		+	+	+
70/100	+	+	○	
100/150	+	+		
160/220	○			

Ce qui est admis

Le choix du liant est toujours un compromis

- En pratique on favorise volontiers la résistance à l'orniérage
  - On sait réparer des fissures,
    … mais on ne sais pas réparer des ornières !
- Est-ce toujours l'optimum ?
- Pour toute typologie de réseau ou de surface de circulation ?
  - routes principales / secondaires,
  - arrêts de bus, zone de stockage,
  - aérodrome

Mécanismes de dégradation

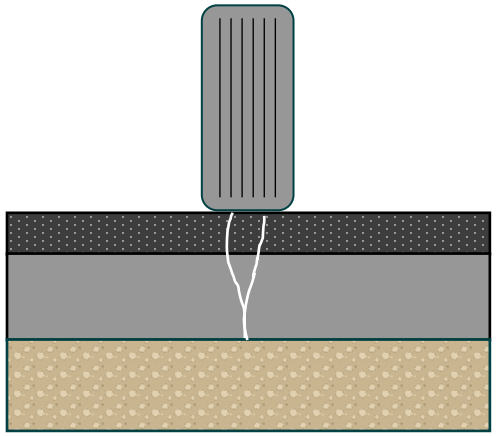
… des revêtements bitumineux

- Fatigue (fissuration) mécanique
- Déformation permanente
- Fatigue (fissuration) thermique

... avec des interactions et liens avec d’autres dégradations

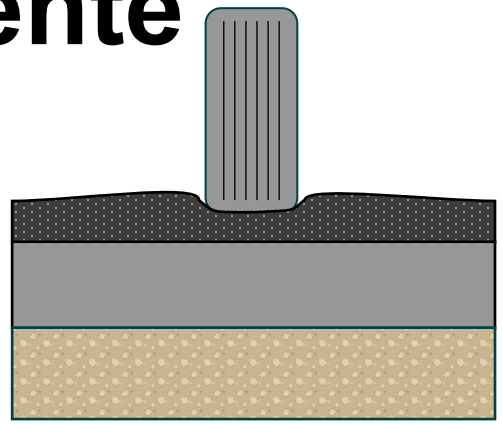
- Désenrobage
- Ressuage
- Perte de gravillons

Dégradation : Fatigue mécanique



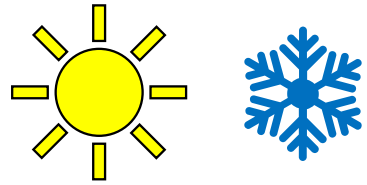
- Dégradation couverte avec un dimensionnement conforme
- 1 charge = 1 essieu de véhicule (quelques millisecondes)
- Occurrence dans les couches bitumineuses profondes
- Effet majoritairement à la saison chaude
- Observable rarement en pratique (chaussée ancienne, augmentation notable du trafic)
- Facteurs favorables :
  - Augmentation de la teneur en liant
  - Liants flexibles (dissipation de la charge)
- Caractéristiques / essais déterminants
  - Exigences sur la composition (expérience empirique)
  - Essai fatigue (en Suisse uniquement pour les AC EME)

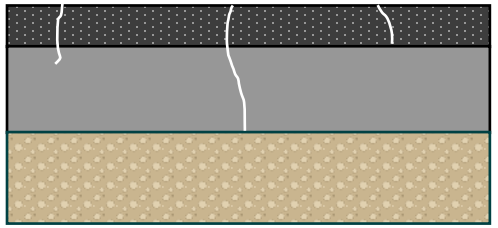
Dégradation : Déformation permanente



- Dégradation d'abord prévenue avec le squelette minéral (angularité des granulats/sable, qualité du filler, critères de vides VMA / VFB)
- 1 charge = 1 essieu de véhicule (statique à quelques millisecondes)
- Occurrence majoritairement à la saison chaude
- Observable à la saison chaude / vitesses lentes (arrêts de bus)
- Facteurs favorables
  - Diminution de la teneur en liant
  - Liants durs
- Caractéristiques / essais déterminants
  - Point de ramollissement A&B
  - Essai à l'orniéreur LCPC
  - BTSV, autres ?

Dégradation : Fatigue thermique





- Fatigue thermique
  - Occurrence majoritairement à la saison froide
  - 1 charge = 1 cycle journalier de refroidissement
  - Facteurs favorables
    - Augmentation de la teneur en liant
    - Liant flexible aux basses températures
- Caractéristiques / essais déterminants
  - Point de Fraass (température)
  - Essai sur liant BBR, MSCR?
  - Essais sur enrobé à basse température: TSRST, SCB, …

Eternel compromis

- Historiquement la pratique / tendance oscille entre
  - Revêtements rigides / anti-orniérants
  - Revêtements flexibles / anti-fissuration
- Un compromis est un choix toujours nécessaire
- Les compromis actuels sont-ils optimaux ?
- Pour toute typologie de réseau ?
  (routes principales / secondaires, arrêts de bus, piste d'aérodrome, zone de stockage, etc.)

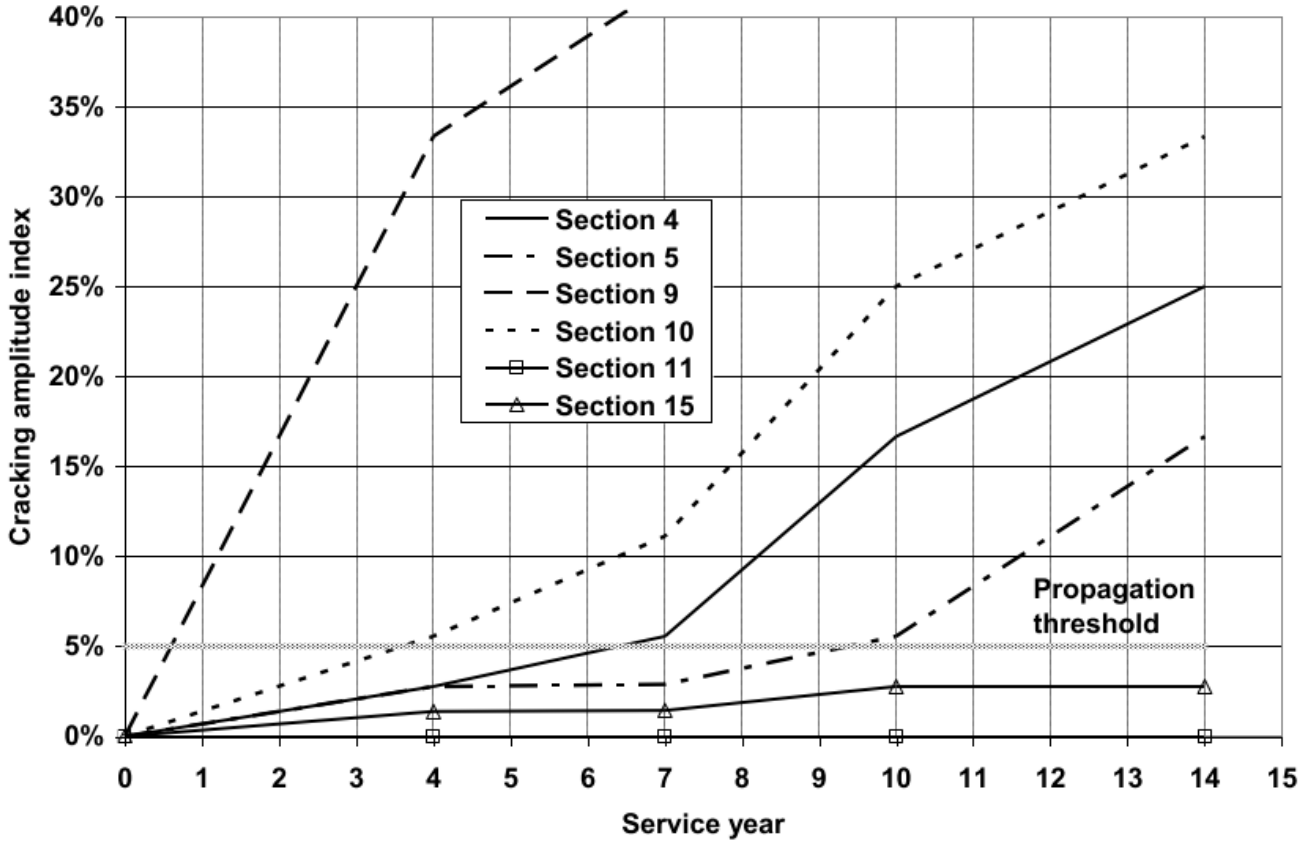
Eternel compromis

- Exemple du projet de recherche BORMAC
  (Ermöglichung eines realistischen Benchmarkings des baulichen Unterhalts der Kantonsstrassen)
  - Modèles quantitatifs de la détérioration (fissures thermique et orniérage) sur la base de données d'inspection des routes cantonales
  - Identification de la **fissuration thermique comme dégradation déterminante**
  - Cette conclusion (statistique) invite à questionner le compromis admis
- Qu'en est-il du réchauffement climatique ?
  - Une augmentation du point de ramollissement nécessaire ?
  - As-t-on toujours des cycles de refroidissement comme dans le passé?

  Est-il urgent de ne rien faire !!

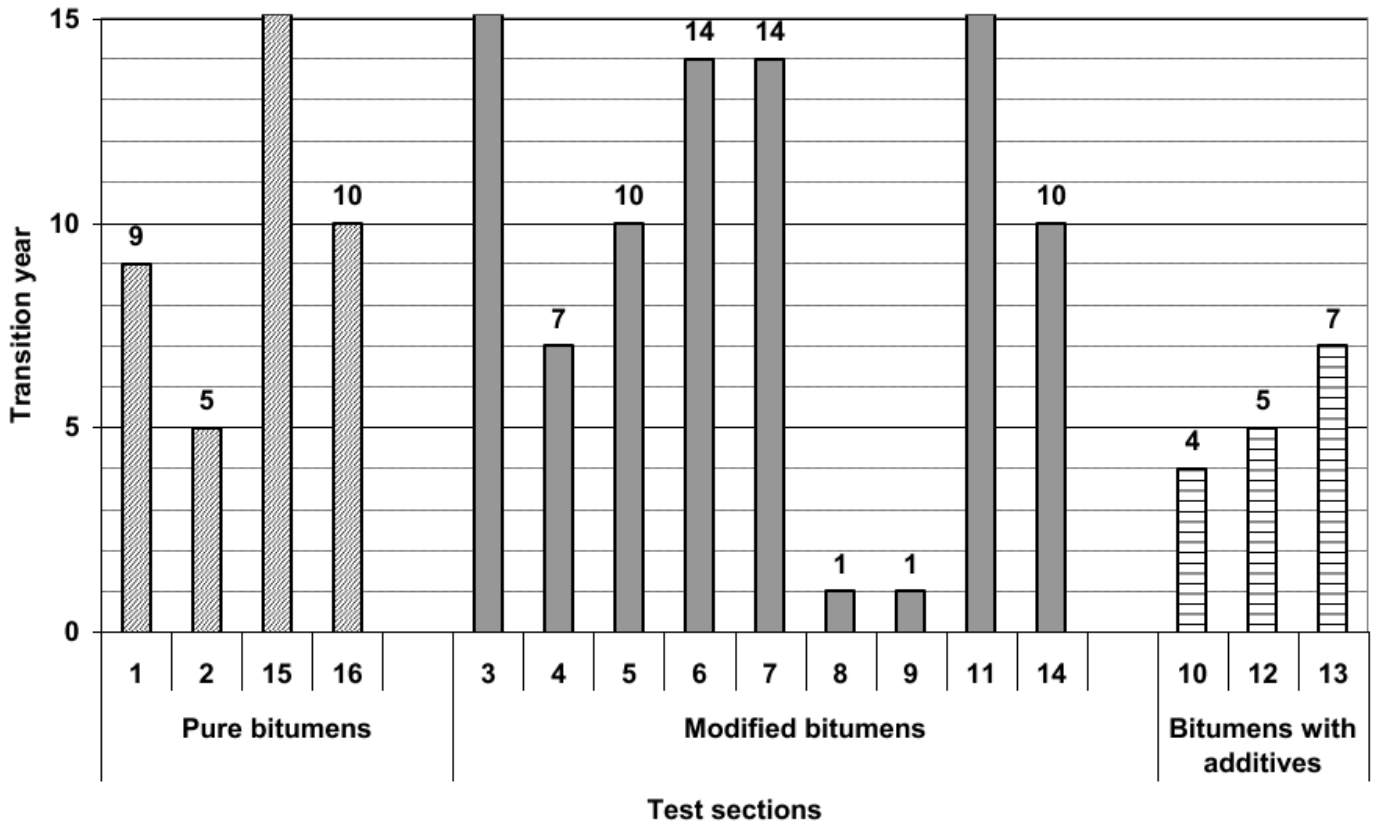
Projet planches d'essais du Valais

- Projet de recherche national démarré en 1988
- Début de la mise sur le marché Suisse des PmB
- 16 sections de 300 m
  - Variation du liant de la couche de roulement uniquement
  - 12 liants modifiés / 4 bitumes purs (standards)
- Suivi continu sur 14 ans
- Dégradation déterminante : **Fissuration thermique**
- Adaptation de l'échelle de gravité de la fissure de la norme suisse



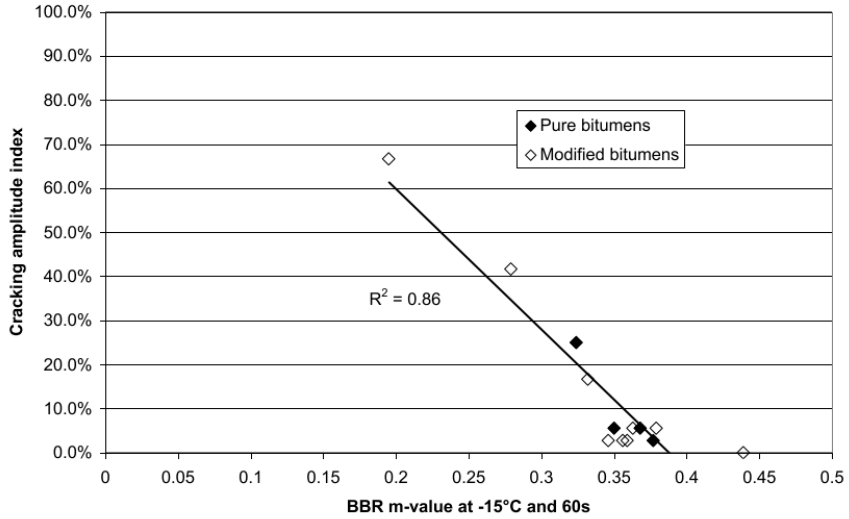
Projet planches d'essais du Valais

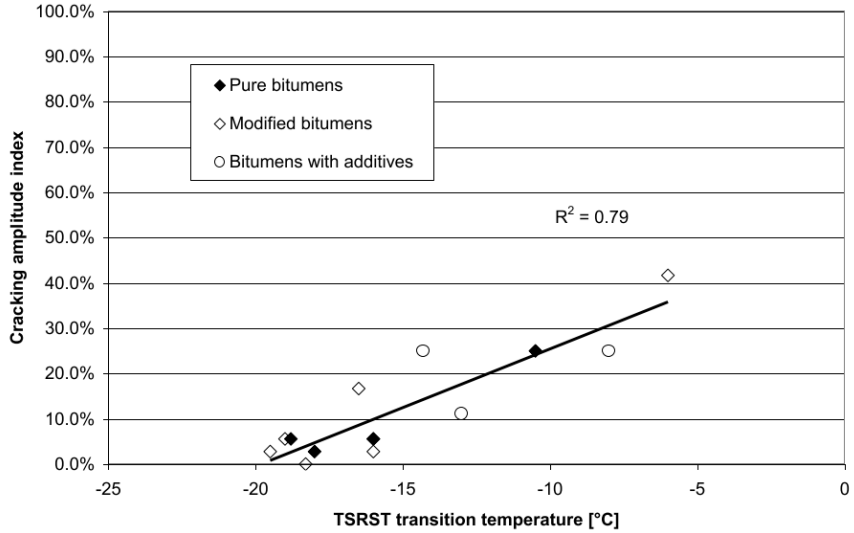
- Les «premiers» PmB se comportent globalement mieux que les bitumes purs
- Des revêtements avec PmB sont complètement fissurés après 1 année !
- Des bitumes purs sont aussi «durables» que des PmB
- Plusieurs produits / procédés ont été retirés du marché
- Les solutions techniques viables pour les PmB se sont réduites



Projet planches d'essais du Valais

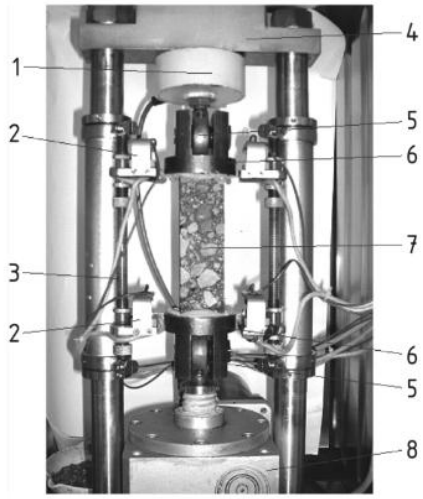
- Pertinence des essais du comportement à basse température
  - BBR
  - TSRST
- Dégradation déterminante pour la typologie de réseau étudiée
  - Réseau autoroutier
  - Trafic modéré
  - Fortes amplitudes thermiques (Valais)
- Phénomène physique = **Relaxation des contraintes thermiques**

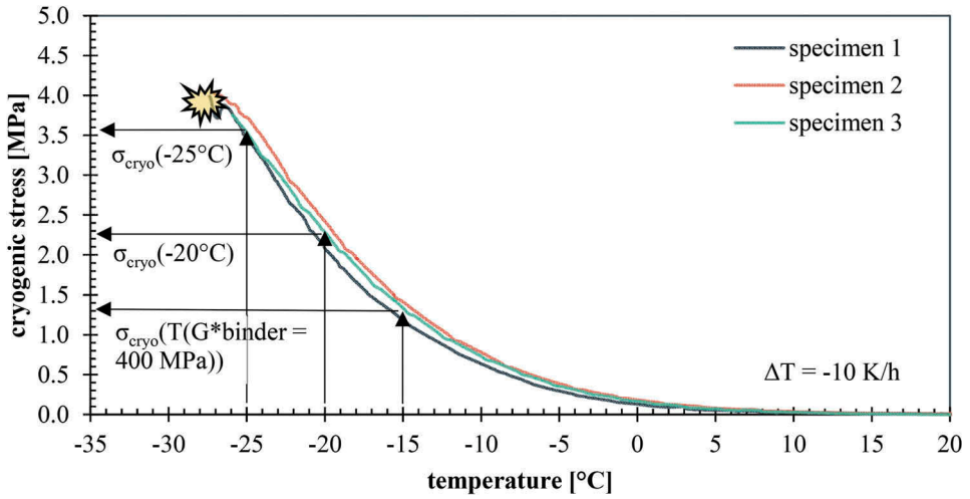


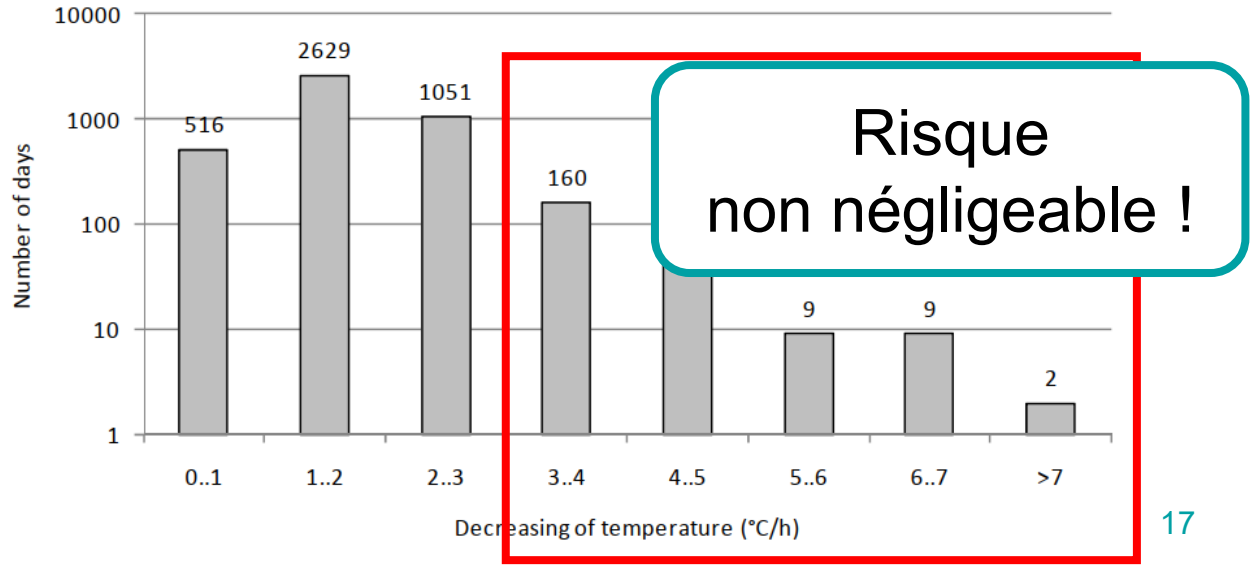


Relaxation des contraintes thermiques

- Parent pauvre dans le choix du compromis
- Peu d'essais à basse température effectivement réalisés
- Exemple essai TSRST : refroidissement 10 °C / h
- Qu'en est-il de la réalité :
  - Exemple Ardon (VS) entre 1992 et 2007 (station en plaine)
  - Effet répétition des cycles







Relaxation des contraintes thermiques

Qu'en est-il de la **durabilité** de la **capacité à relaxer** les contraintes ?

- Cause de l'amorce de la fissure
- Les liants récupérés montrent parfois un durcissement accéléré
- Particulièrement pour les enrobés ouverts (SDA / PA)
- En Suisse, peu d'essai de vieillissement accéléré du liant initial
  On constate a posteriori
- Au début des PmB, les produits ne sont pas admis stables (chimiquement et/ou physiquement) → On le vérifiait

Relaxation des contraintes thermiques

Que faut-il faire si la résistance à la déformation permanente est indispensable (surfaces à fortes sollicitation / voies de bus) ?

Moins déformable = Plus rigide = Potentiellement plus fragile

- Option 1 : Disposition constructives
  - Réaliser des joints de dilatation (exemple dalles béton)
  - Envisager cette solution pour les revêtement bitumineux rigides
  - Généralement de petites surfaces → solution acceptable
- Option 2 : Optimiser les liants aux basses températures
  - Solutions: sorte et dosage des polymères, sélection de bitume de base
  - Caractéristiques / Essais : BBR, TSRST, MSCR, futurs essais avec le DSR

Comment gérer les évolutions ?

Y a-t-il des évolutions majeures ? Oui

- Recyclage
  - On raisonne dorénavant en terme de **«Liant cible»**
  - La part majoritaire du liant est inconnue et généralement de grade dur
    Attention à la relaxation !!
- Liants PmB fortement modifiés
  - Développements récents : On doit se poser les mêmes questions qu'au début des PmB → Pas d'acquis
  - Multitudes de solutions techniques → Prise de risque !
  - Projet HPMix : Première recherche d'évaluation indépendante

	Mixture	Binder tests				Rutting resistance	Crack propagation resistance		Raveling resistance	Stiffness	Low temp. cracing resistance	Interlayer bond
		ER	BTS	MS	FS	FRT	SCB	IDEAL-	Cantabro	ITT	TSRST	Leutner
SDA	HPMix	↑	↑	↑	↑	→	↗[1]	→[1]	↗	↘	↑	↓
	Reference	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Conclusions

- Chaque nouveau produit / innovation doit soulever des questionnements pertinents
- Ce qui était admis pour les liants standards, ne l'est plus !
- Placer le curseur du compromis selon la typologie de la route, et du réseau routier
- Favoriser une performance modérée, mais durable

mehdi.ould-henia@nibuxs.ch

Nibuxs sàrl · Chemin du Croset 9 · 1024 Écublens
T. +41 21 550 95 32 · nibuxs.ch



MATÉRIAUX



DIMENSIONNEMENT
ET STRUCTURES



RELEVÉ D'ÉTAT
ET GESTION DE L'ENTRETIEN

Nibuxs

Ingénieurs en infrastructures de transport