

FORMATION TECHNIQUE 2014

LA MISE EN OEUVRE, L'ENTRETIEN ET LA RÉHABILITATION DES CHAUSSÉES BITUMINEUSES



RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT EN MATÉRIAUX D'ENTRETIEN ET DE RÉHABILITATION

Par Masoud Robati, ing. Jr, Ph.D.

Alan Carter, ing, Ph.D.

École de technologie supérieure, 2 Décembre 2014

1. Introduction

Granulométrie des agrégat



Type I	Type II	Type III
0-0.3 mm	0-0.6mm	0-10mm

ECF sur piste de l'aéroport

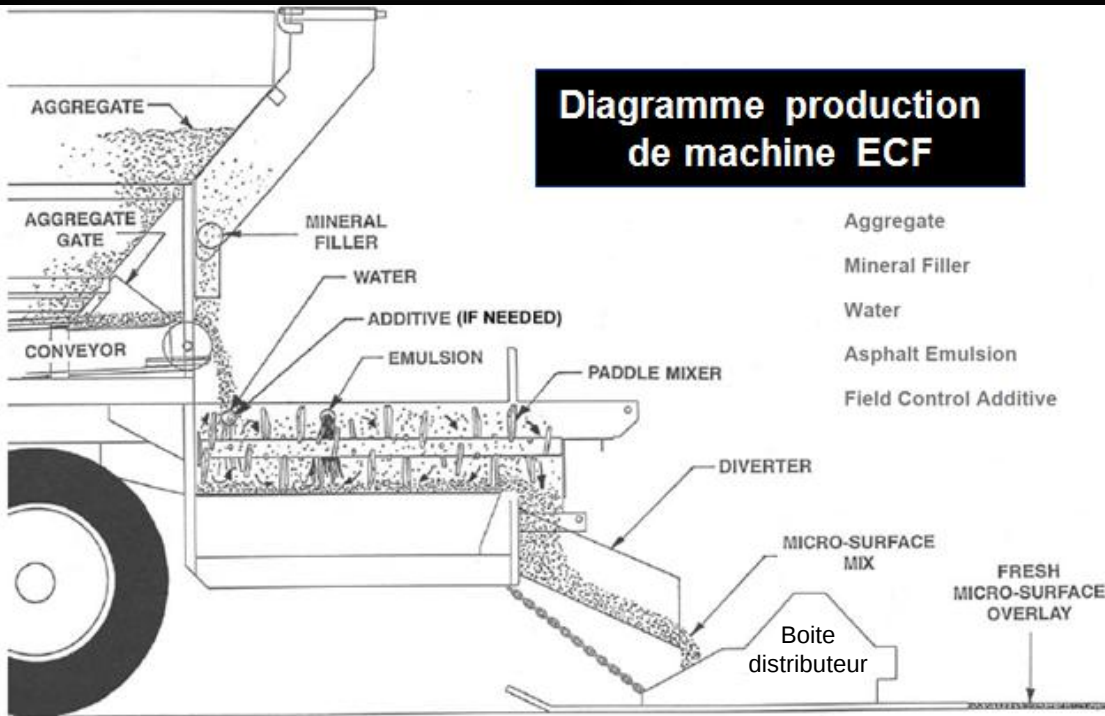
Extracted from AirportImprovement, (2011)

ECF sur les zones résidentielle

Extracted from Seal, (2011)



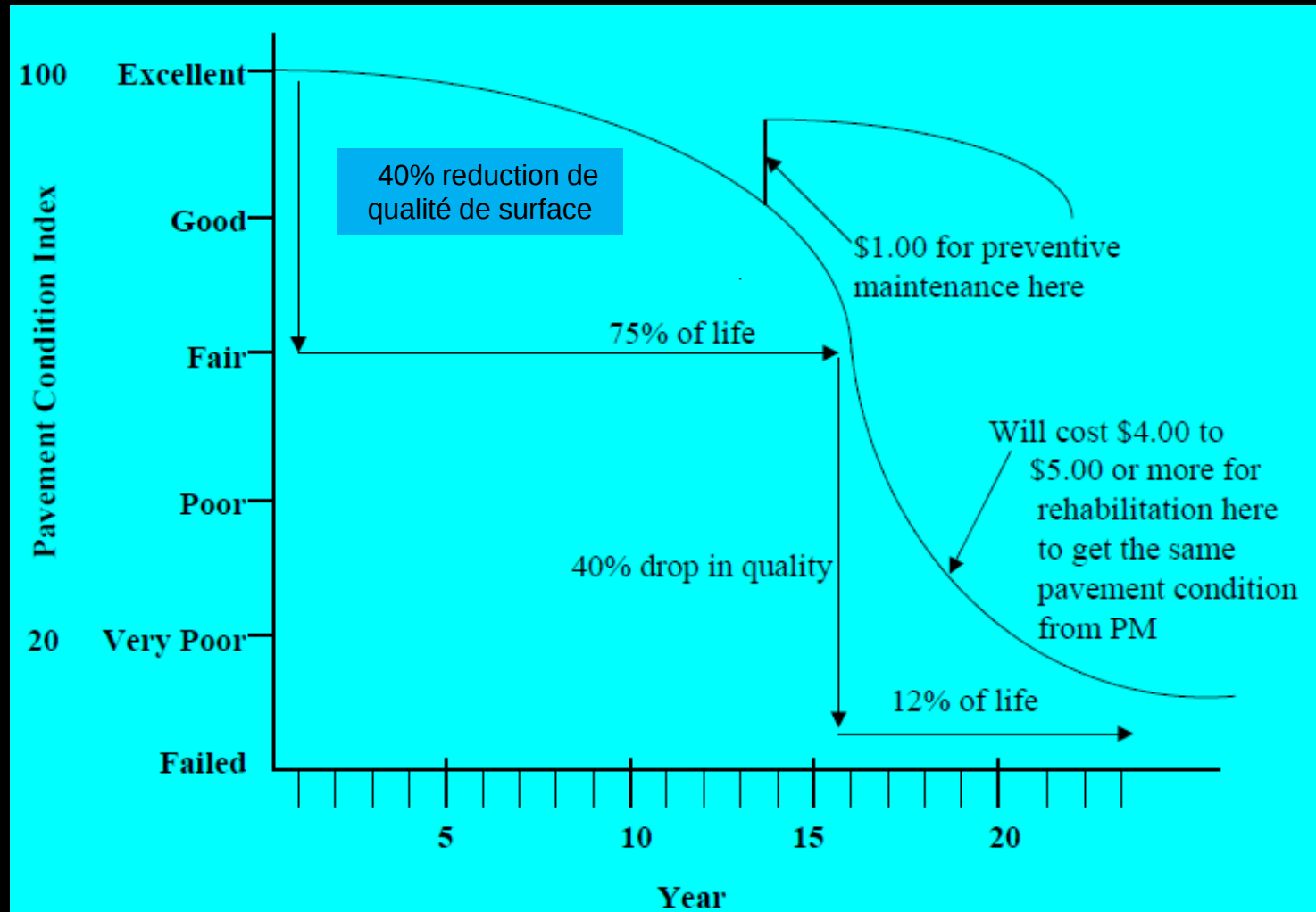
Diagramme production de machine ECF



ECF sur les autoroutes



- ✓ Pour réduire le coût d'entretien de la chaussée, l'application d'un traitement approprié doit être effectuée à bon temps et à bon stade.





ECF sur autoroute

Selon l'ISSA, les ECF, ou les microsurfaçages, sont des mélanges d'émulsion de bitume polymère, de granulats de première qualité, de filler, d'eau et, habituellement, de fibres et/ou du ciment. Développés à la fin des années 1960 en Allemagne et introduits en 1980 en Amérique du Nord.

Enrobé ECF à haute performance à l'orniérage

ECF Type III

Résistance
à l'orniérage

Formulation

Mastic

Émulsion
bitume

- ✓ **Formulation des ECF type III est basée sur les méthodes d'essais proposées par la International SlurrySeal Association (ISSA)**
- ✓ **Comme il peut être constaté dans le tableau 1, il n'y a pas de critères de précision rattachés à ces essais.**

Essais	Bulletin technique ISSA	Spécifications
Temps de malaxage à 25°C	TB 113	120 secondes minimum
Cohésion humide • 30 minutes • 60 minutes	TB 139	12 kg-cm minimum 20 kg-cm minimum
Désenrobage humide	TB 114	90% minimum
Perte à l'abrasion humide • Trempage 1 heure • Trempage 6 jours	TB 100	538 g/m ² maximum 807 g/m ² maximum
Déformation latérale	TB147	5% maximum
Densité après 1000 cycles avec 57 kg		2.10 maximum
Essai de ressuage par adhérence de sable	TB 109	538 g/m ² maximum
Compatibilité	TB 144	11 points minimum

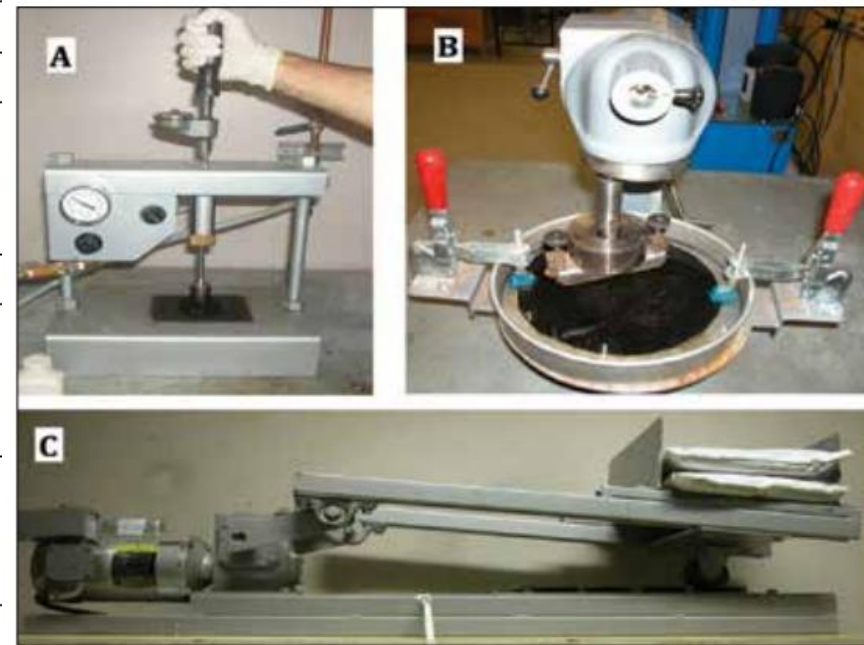
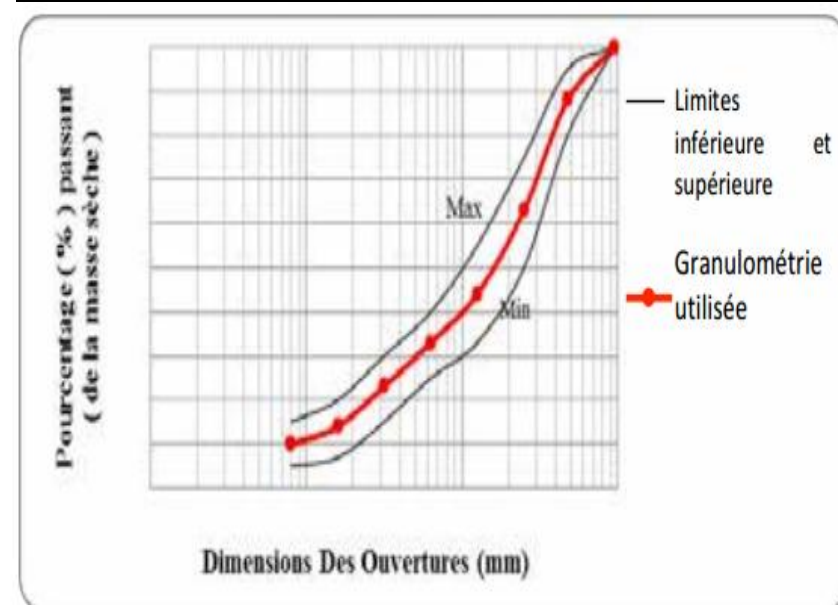


Figure 1: Essais ISSA. A) Cohésion humide, B) Abrasion et C) Ressuage et déformation latérale

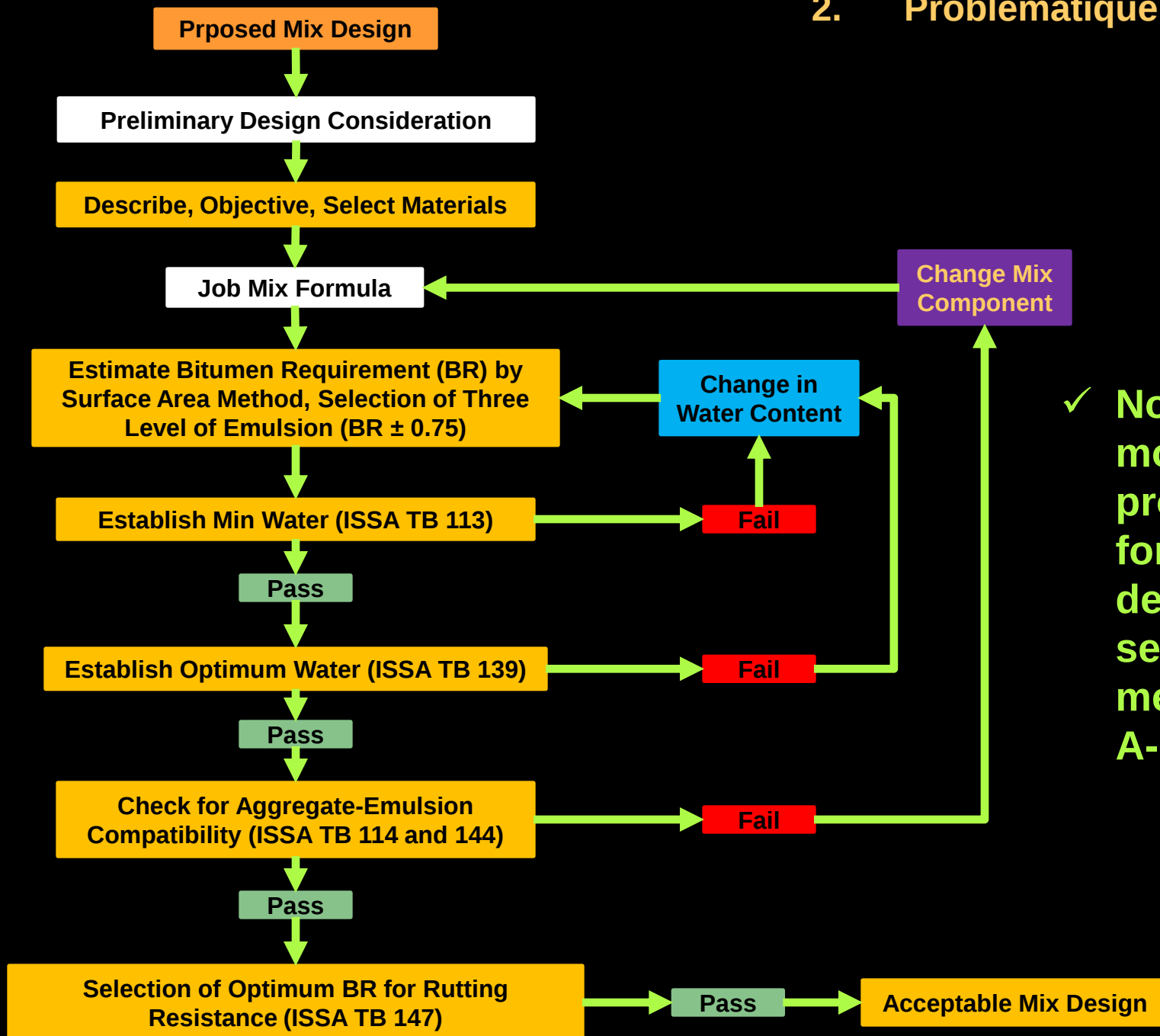
2. Problématique et objectif

- ✓ Les valeurs de répétabilité et reproductibilité (ECF type III) ont été estimées sur la base des résultats de deux laboratoires et quatre opérateurs.
- ✓ Le Service des matériaux d'infrastructures (SMI) du MTQ et LCMB de l'ETS ont participé à cette étude.

Essai	Nombre d'échantillons	Gamme de Moyenne	Coefficient de variation	95% limite de répétabilité
Cohésion humide (30-min)	16	13.3-19.3 kg-cm	0.07-0.01	1.7 kg-cm
Cohésion humide (60-min)	16	14.88-22 kg-cm	0.18-0.00	4 kg-cm
Perte à l'abrasion (Immersion 1 heure)	20	57.9-203.4 g/m ²	0.21-0.23	150 g/m ²
Perte à l'abrasion (Immersion 6 jours)	12	47.1-805.6 g/m ²	0.08-0.19	260 g/m ²
Ressuage (Adhésion de sable)	12	469.9-583.3 g/m ²	0.04-0.09	80 g/m ²
déformation verticale (Méthode-A)	12	4.6-12.8 %	0.03-0.01	4 %
déformation latérale (Méthode-A)	12	6.7-10.6 %	0.25-0.15	3.2 %



2. Problématique et objectif



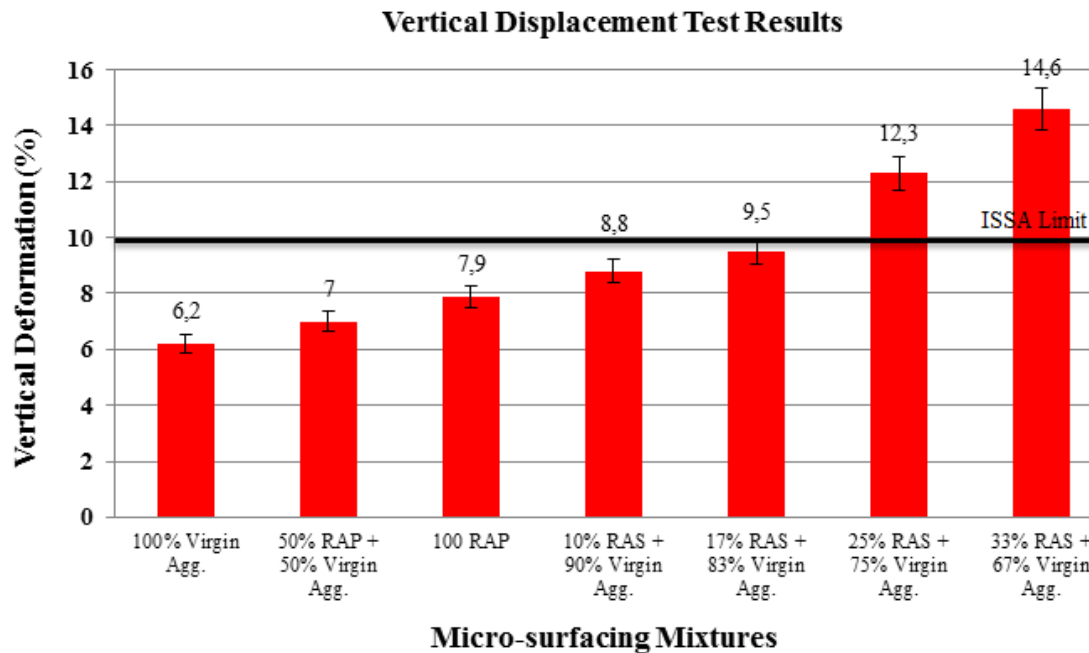
✓ Nous avons modifié la procédure de formulation des ECF selon méthode ISSA A-143

2. Problématique et objectif

- ✓ L'utilisation de granulats bitumineux recyclés (GBR) et de bardeaux d'asphalte recyclés (RAS) dans les ECF

✓ GBR → 100%

✓ RAS → 17%



ECF	Essai de cohésion modifié		Résistance à l'abrasion		Déplacement	
	30-min	60-min	1-Heure	6-jour	Lateral	Vertical
100% Granulat	✓	✓	✓	✓	✓	✓
50% GBR/50% Gran.	✓	✓	✓	✓	✓	✓
100% GBR	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10% RAS/90% Gran.	✓	✓	✓	✓	✓	✓
17% RAS/83% Gran.	✓	✓	✓	✓	✓	✓
25% RAS/75% Gran.	X	X	✓	✓	X	X
33% RAS/67% Gran.	X	X	-	-	X	X
10% RAS/90% GBR	✓	✓	✓	✓	✓	✓
17% RAS/83% GBR	X	X	✓	✓	X	X
25% RAS/75% GBR	X	X	✓	✓	X	X

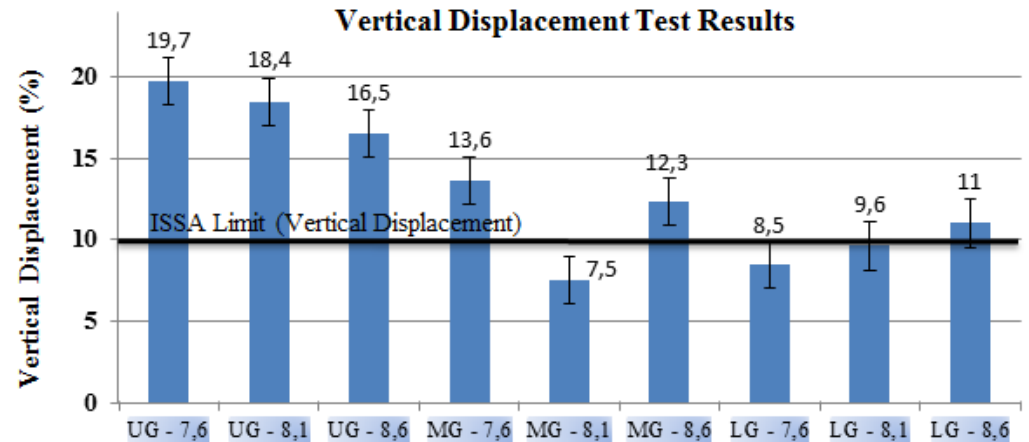
✓ : Respecte les limites, X : Ne respecte pas les limites, / : Non testés.

Figure 8. Plot of raw data for vertical displacement test for samples prepared using different blends of RAP/virgin aggregates, and RAS/virgin aggregates

2. Problématique et objectif

✓ Évaluation et sélection de granulats pour ECF type III

✓ Trois types de granulométries différents ont été utilisée.



Aggregate Gradation - Asphalt emulsion residue Percentage (%)

Figure 17. Plot of Raw data for vertical displacement test results

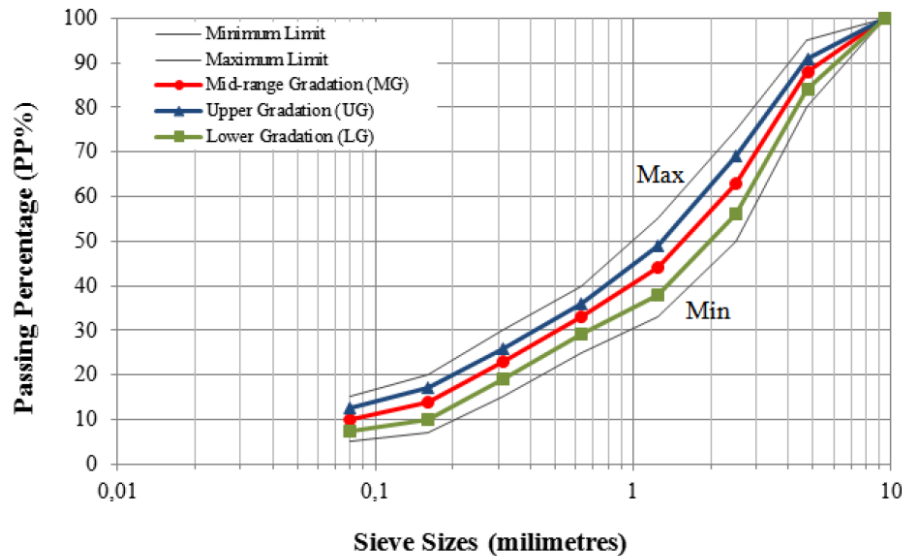
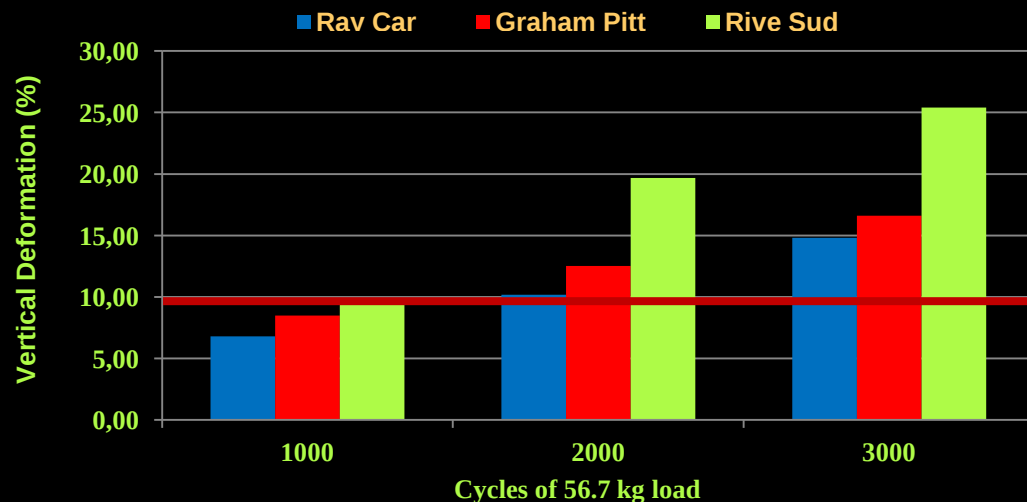
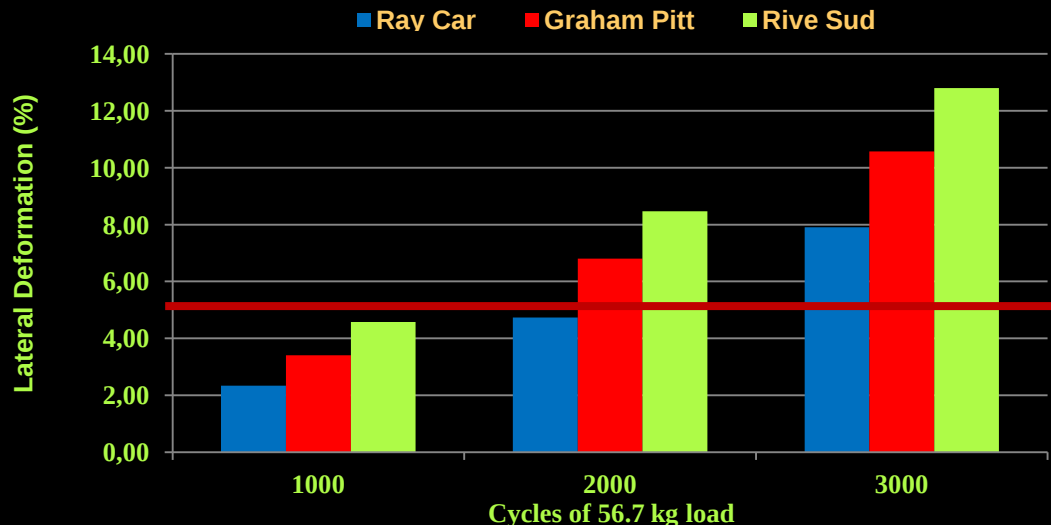


Figure 4.1 Upper, Lower, and Middle aggregate gradation curves (0-5 mm size)

✓ Trois pourcentage d'émulsions de bitume ont été utilisée.

2. Problématique et objectif



- ✓ Même émulsion de bitume
- ✓ Même granulométrie des agrégats
- ✓ Juste nous avons changé type des filler

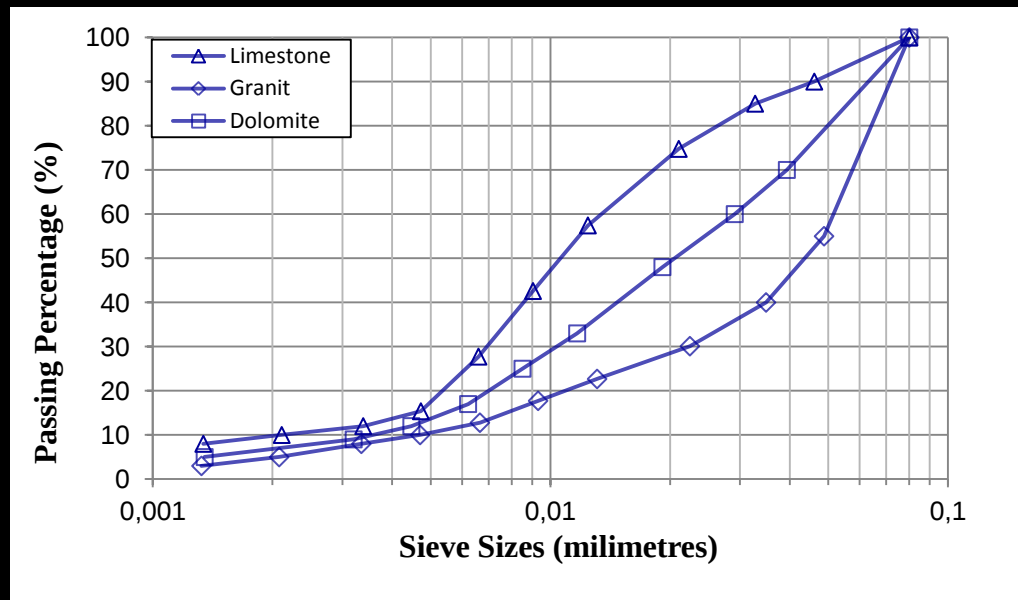
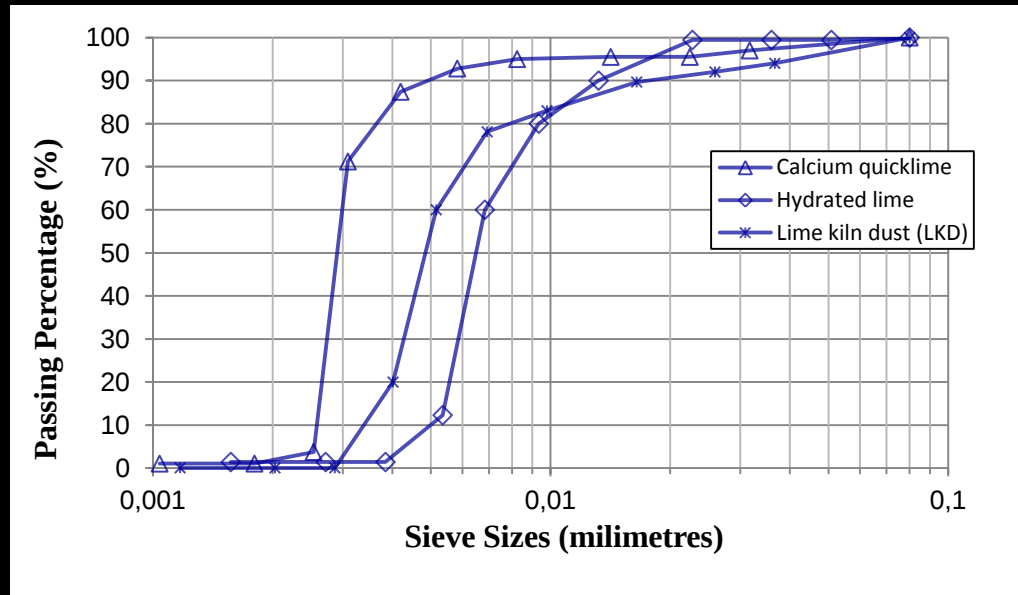
Published by Robati, (2012)

- ✓ Grande variation de résistance à l'orniérage

3. Méthodologie et Matériaux

✓ 6 types of filler ($< 0,075$ mm) :

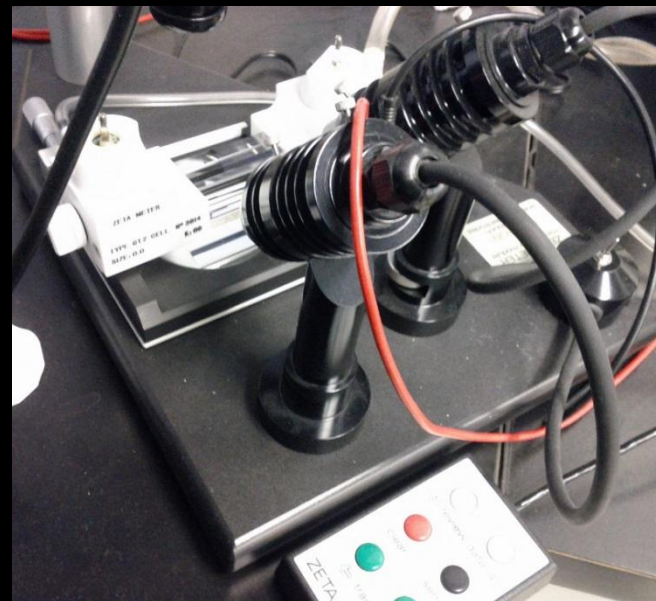
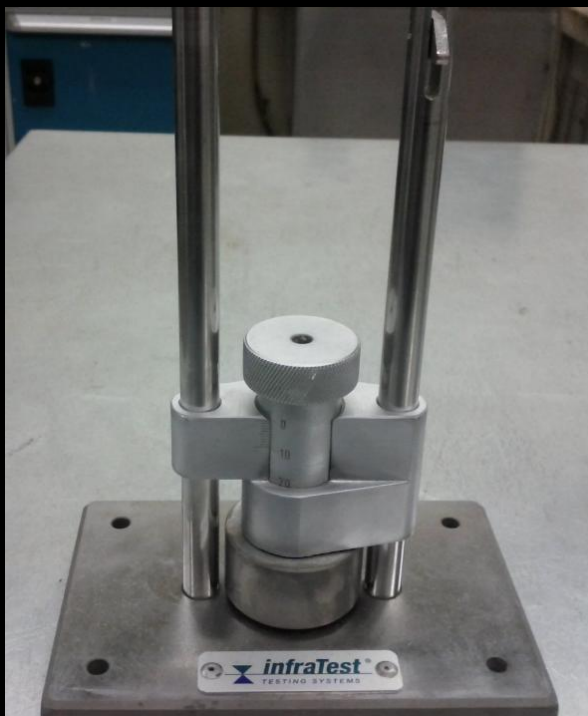
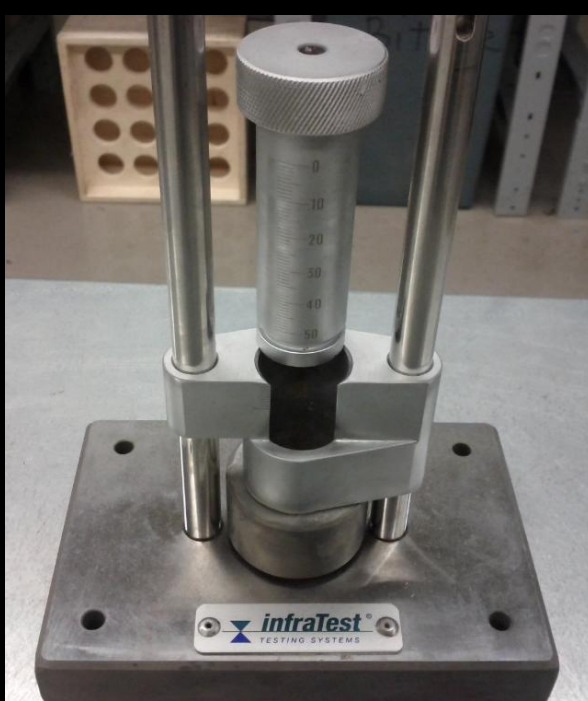
- Chaux calcique vive
- Chaux hydraté
- Poussières de four à chaux
- Granit,
- Dolomite, and
- pierre calcaire



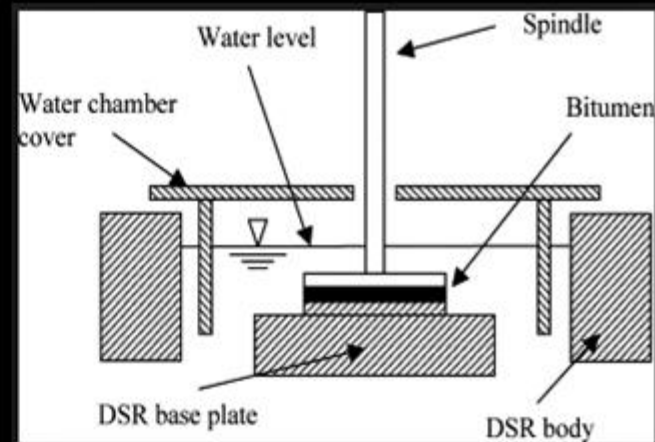
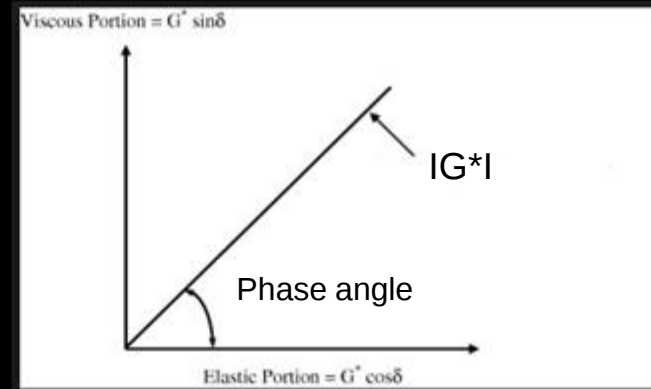
3. Méthodologie et Matériaux

Types of Filler	Calcium quicklime (chaux calcique vive)	Hydrated Lime (chaux hydraté)	Lime kiln dust, LKD (poussières de four à chaux)	Granite	Limestone (pierre calcaire)	Dolomite
Rigden Voids (%)	60,0	62,0	53,0	26,0	37,0	27,0
D10 (µm)	2,5	5,0	3,5	2,0	2,0	3,0
D50 (µm)	3,0	6,5	5,0	13	10	11
D90 (µm)	5,0	12	13	16	13,5	15
Specific Gravity	3,31	2,35	3,2	2,68	2,72	2,81
pH	12,5	12,5	12,5	6,0	7,0	11
Methylene blue	15,0	10	7,0	2,0	1,5	2,0
Zeta Potential (mV)	+26,4	+32,2	-17,4	-14,4	-16	-22,7

3. Méthodologie et Matériaux



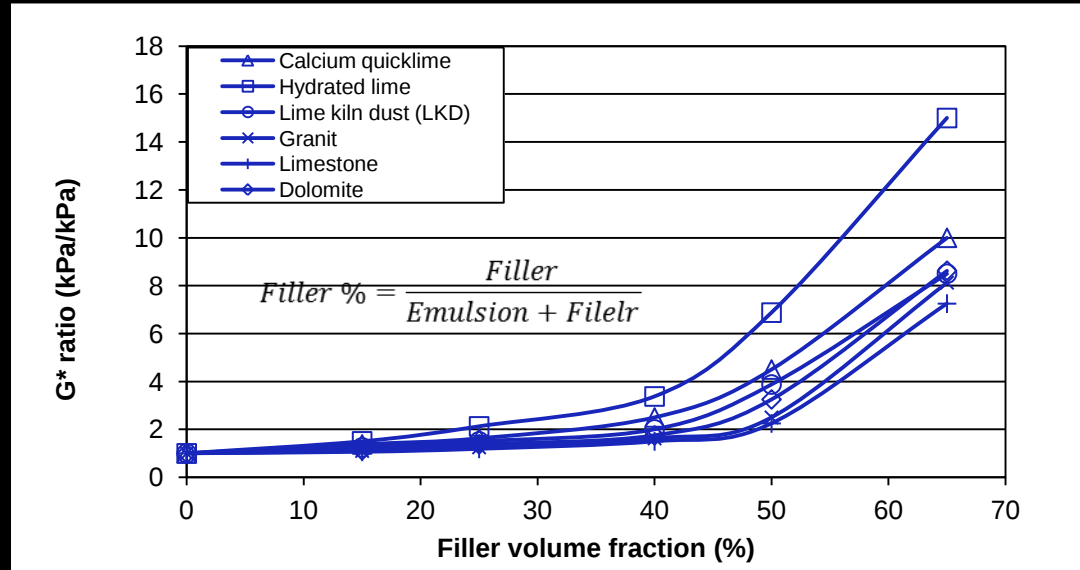
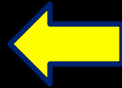
3. Méthodologie et Matériaux



- ✓ Module complexe de bitume de base a été mesuré à 64 °C et fréquence de 10 rad/sec pour toute lea mastic.

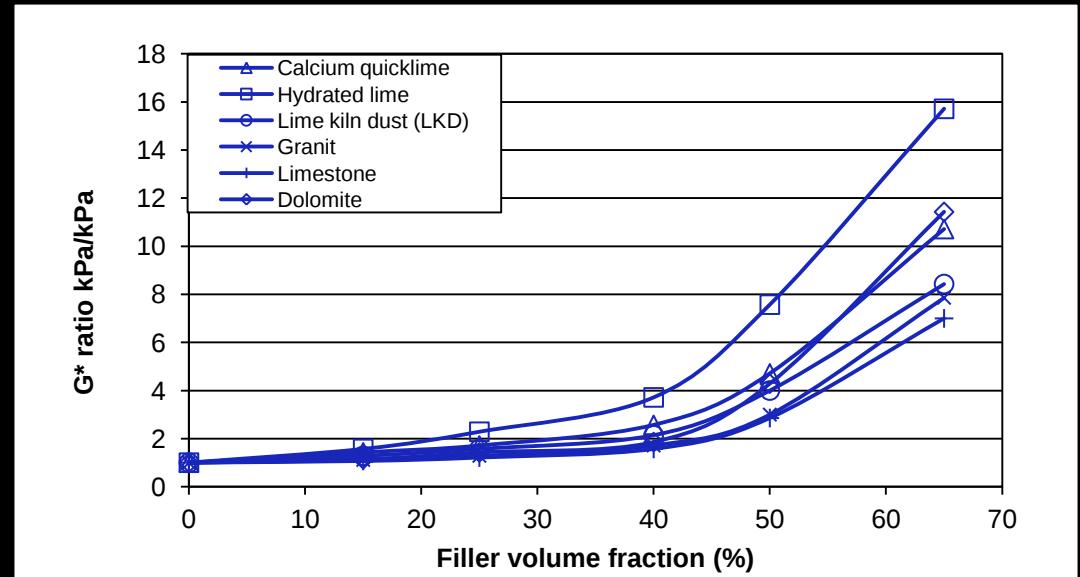
4. Résultats

✓ Bitume de base moins rigide (pen = 72)



12 Mastics

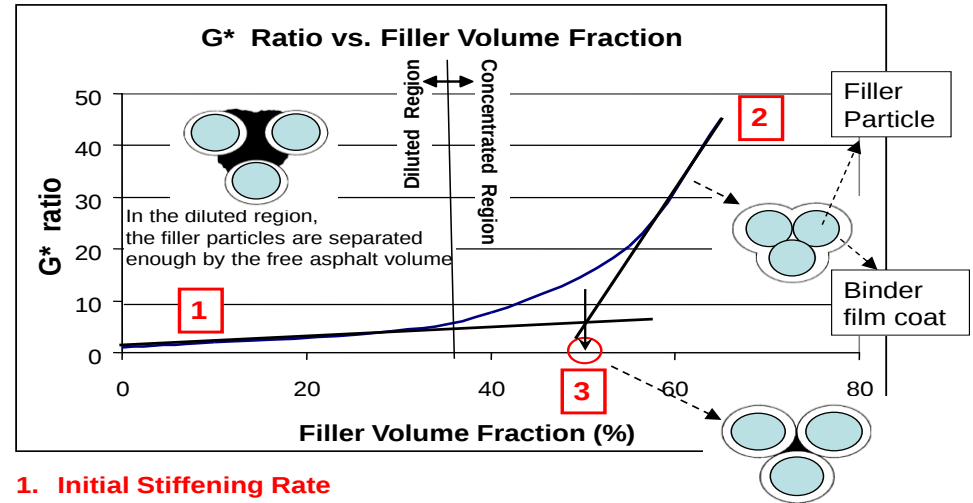
✓ Bitume de base plus rigide (pen = 45 dmm)



4.1 Nouvelle formulation pour prévoir la rigidité du mastic

$$G_r^* = (1 + b\phi^2)^2$$

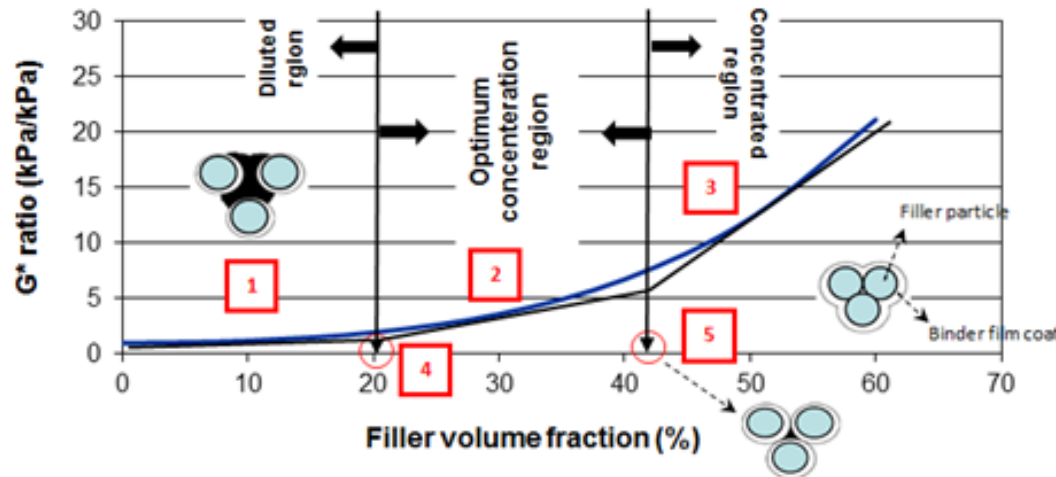
$$G_r^* = G_1 + a_1(\phi - \phi_c) + G_2(a_2 - a_1)\ln\{1 + \exp[(\phi - \phi_c)/G_2]\}$$



1. Initial Stiffening Rate
2. Terminal Stiffening Rate
3. Critical Filler Concentration

At this concentration the transition is due to the consumption of "Free Asphalt"

Plot of G* ratio based on $Y=(1+bX^2)^2$, correlated model



1. Initial stiffening rate
2. Medial stiffening rate
3. Terminal stiffening rate

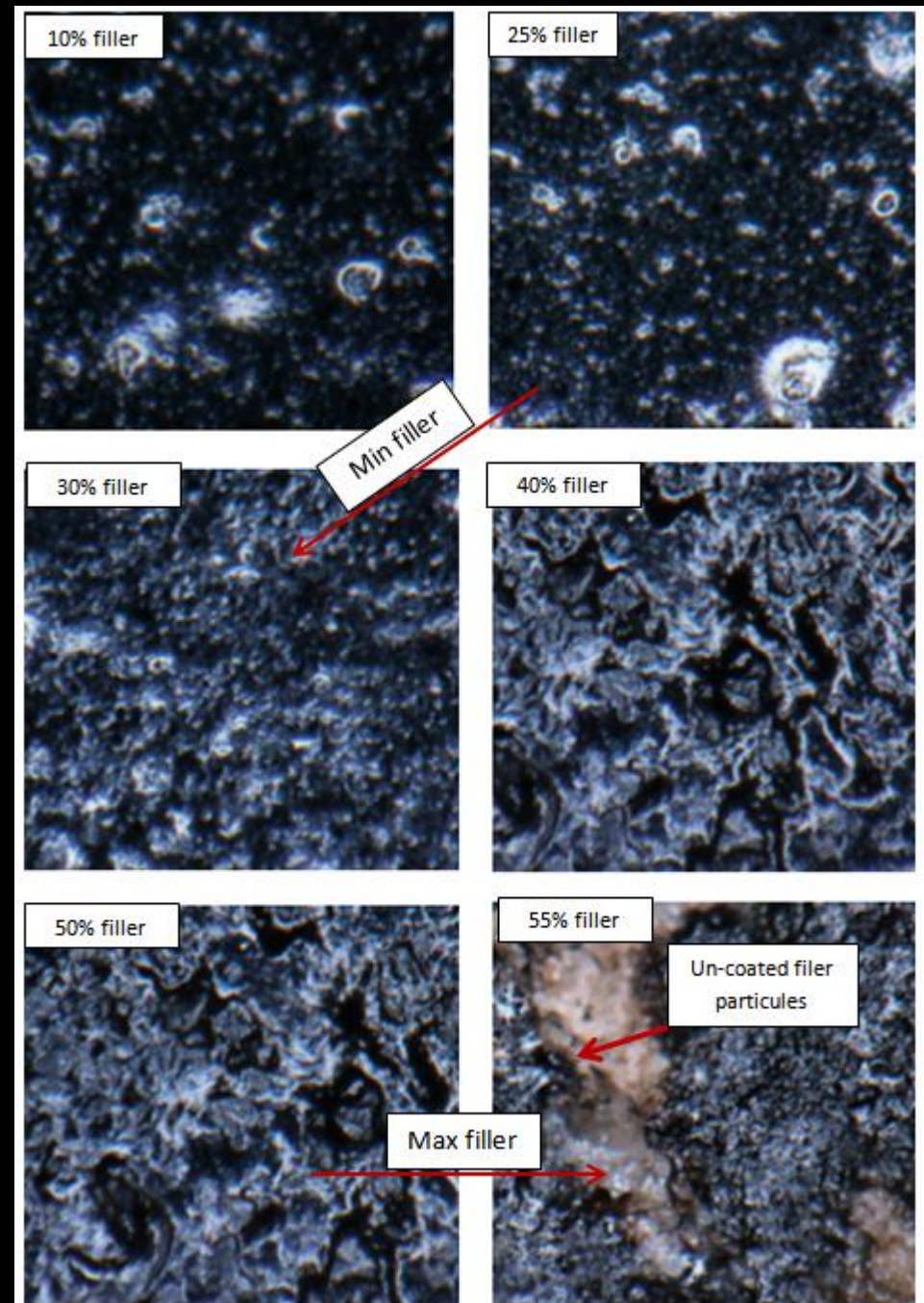
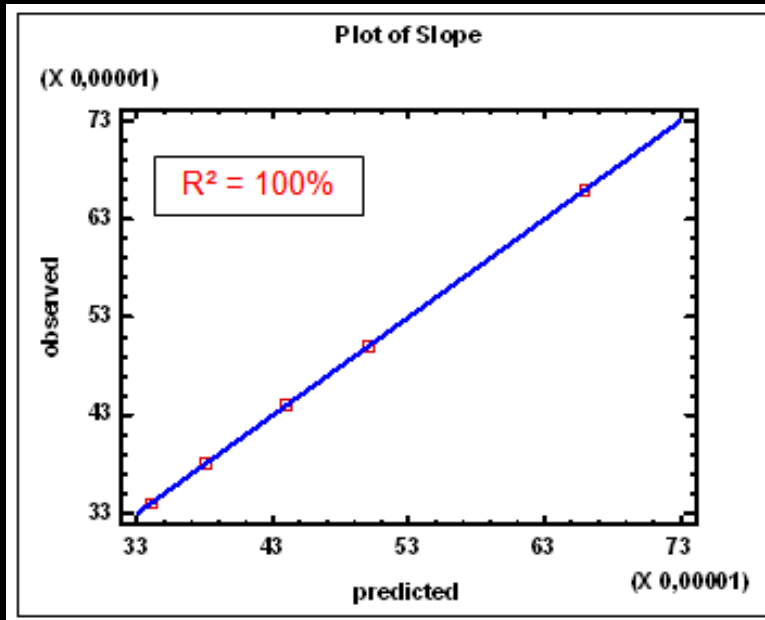
4. Minimum filler concentration : $1/\sqrt{(3b)}$
5. Maximum or critical filler concentration : $1/\sqrt{b}$
- b : Model slope
- X : Filler concentration

G_r^* = ratio de module complexe (kpa/kpa)

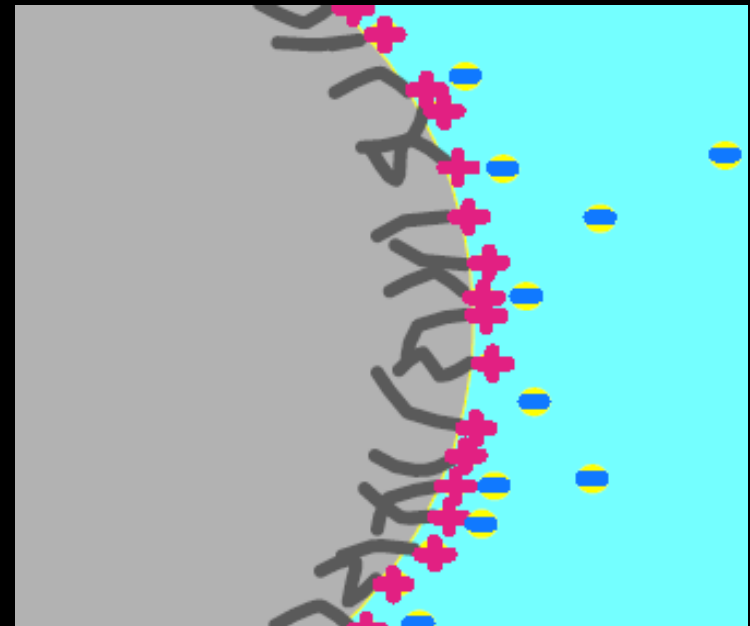
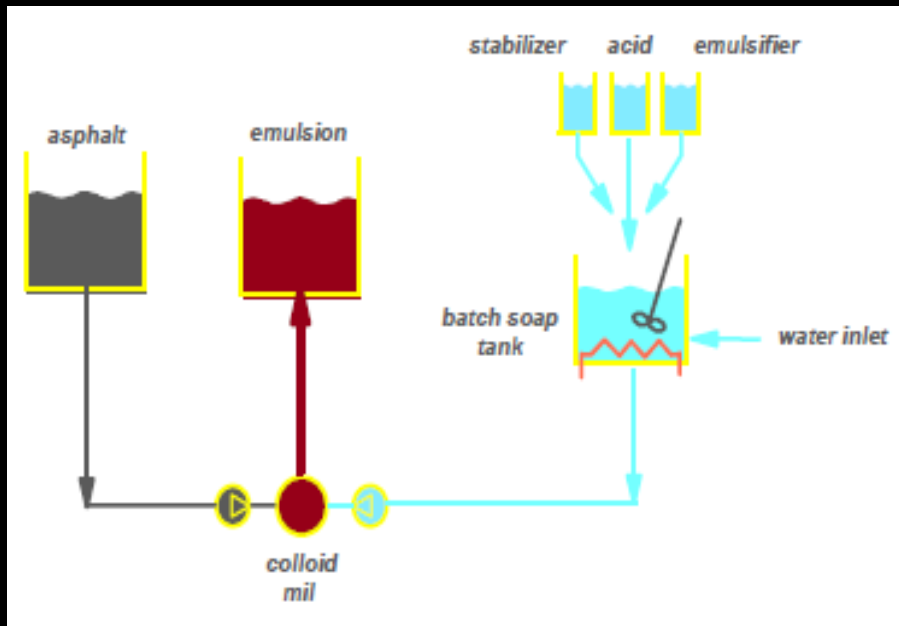
b = pente ou tauxslope (Pas de dimension)

ϕ = Fraction volumique de Filler(%)

4.2 Modélisation (Photos des mastics préparés avec l'émulsion bitume CQS-1HP et filler de la type Granit à différentes fractions de volume):



4.3 L'émulsion de bitume



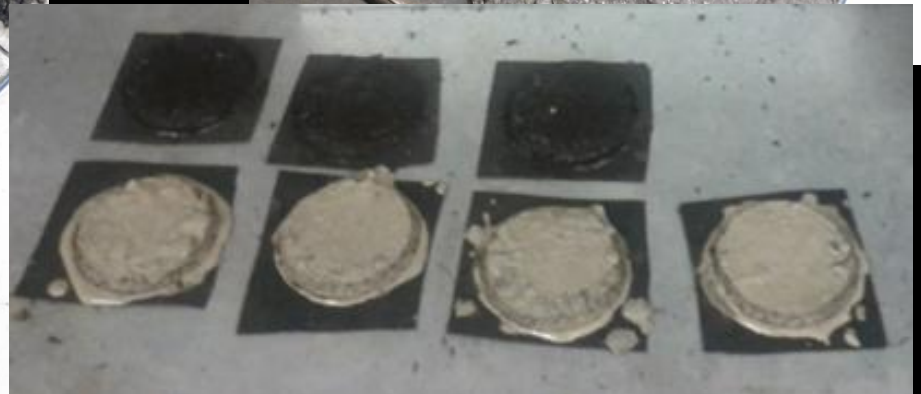
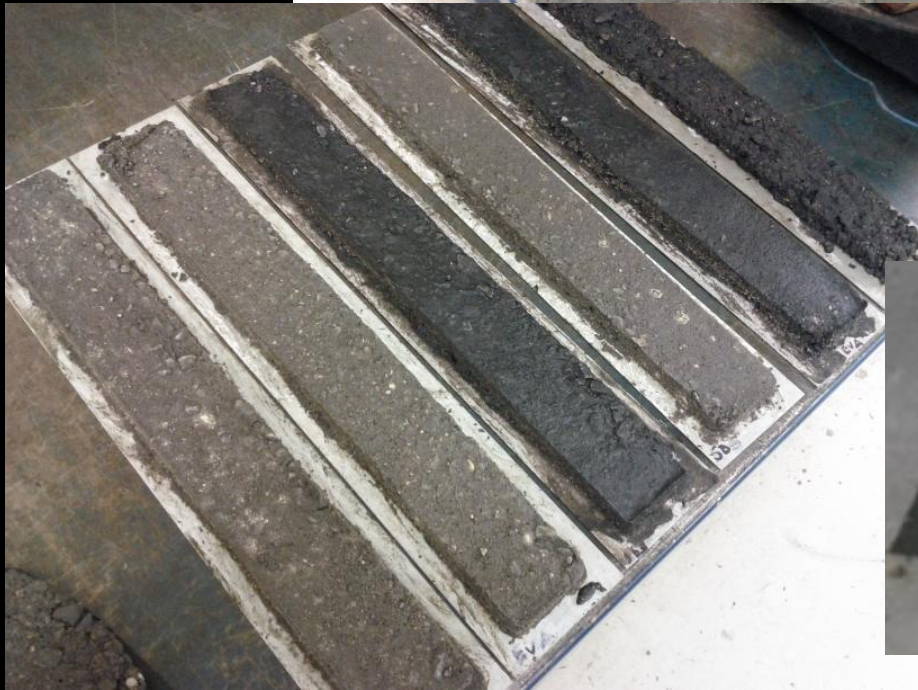
- ✓ Les émulsions sont formées par mélanger bitume avec de l'eau sous pression, action mécanique, et chauffage.
- ✓ Plus de bitume rigide, plus difficile à formuler une émulsion bitume stable.

4.3 Design des Experiment

Emulsion name	Penetration of residual binder	Ring & Ball (°C)	Type of polymer	Ductility @ 25 °C, cm	Viscosity @ 25°, SSF	Sieve, % 2 mm
LP.B Emulsion	50	40,0	—	80+	25	0,01
LP.B.SBS Emulsion	36	72,0	Linear High Molecular Weight SBS	130+	28	0,02
LP.B.EVA Emulsion	44	55,8	High Vinyl Content Ethylene Vinylacetate	100+	30	0,02
LP.B.Y Emulsion	50	39,5	—	85+	28	0,01
LP.B.Y.SBS Emulsion	37	72	Linear High Molecular Weight SBS	120+	30	0,02
LP.B.Y.EVA	37	51,4	High Vinyl Content Ethylene Vinylacetate	100+	33	0,02
Reference Emulsion	75	63	Rubber latex	100+	28,0	0,04

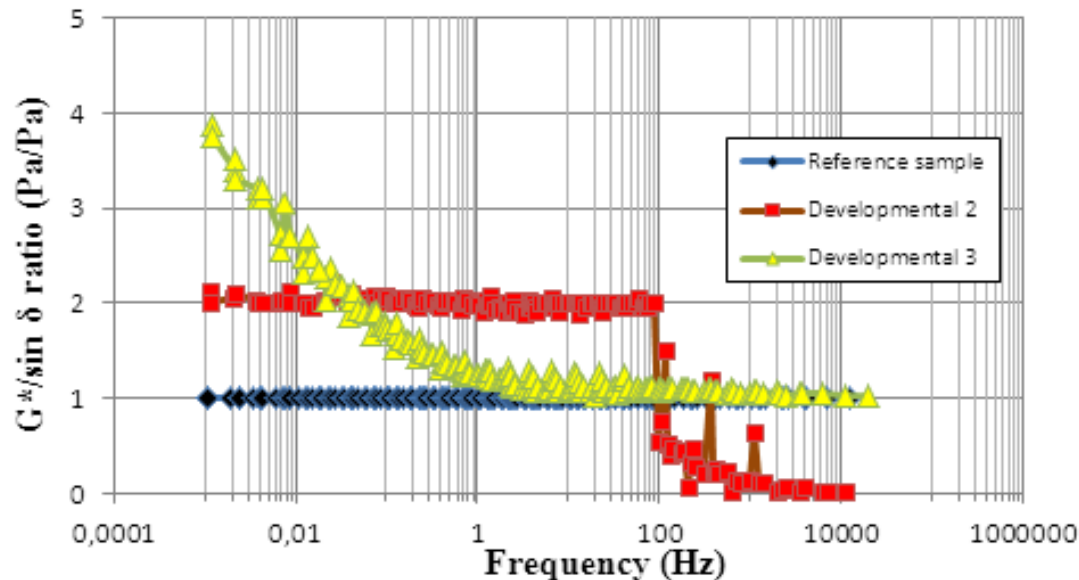
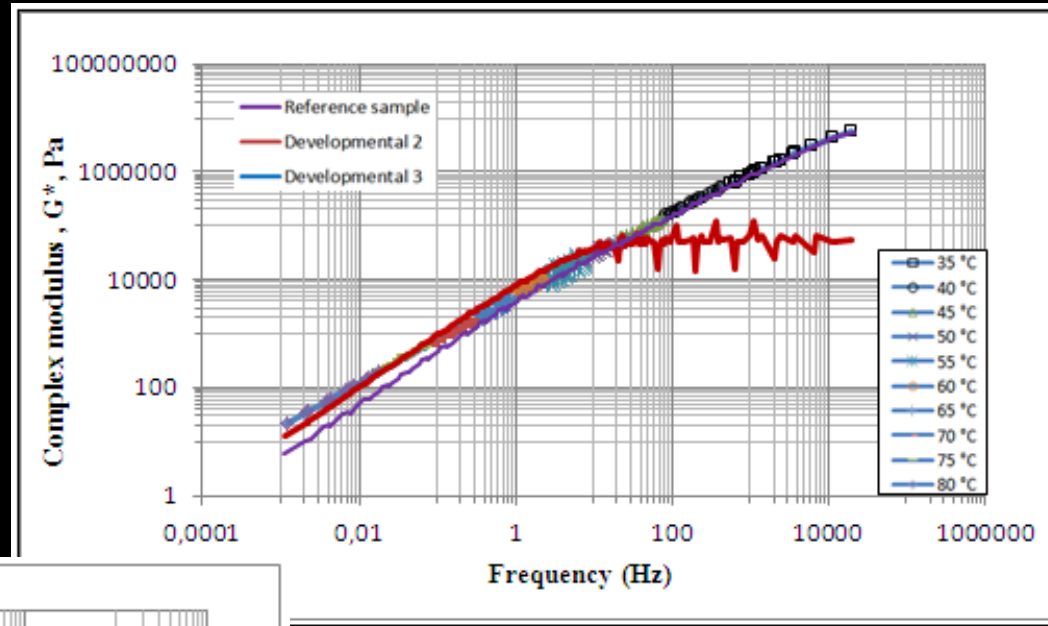
- ✓ Sept ECF avec la même formulation ont été préparés en utilisant différentes émulsions de bitume afin d'étudier l'effet de rigidité de la bitume de base sur comportements mécaniques des ECF

4.4 Échantillonnage des ECF coloré



4.5 Améliorer la résistance à l'orniérage

□ Développement 3
été plus rigide que
les autres bitumes
évalués



□ Développement 2
été moins rigide
que les autres
bitumes évalués

4.6 Améliorer la résistance à l'orniérage

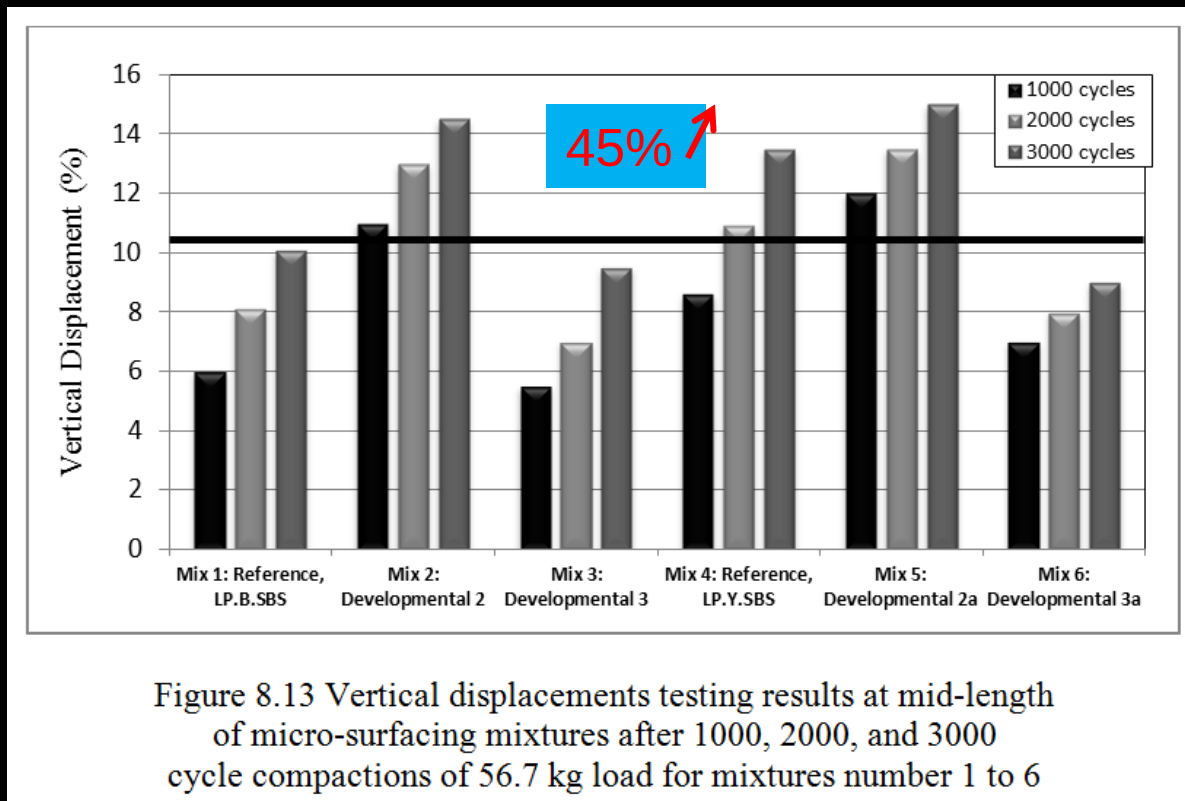


Figure 8.13 Vertical displacements testing results at mid-length of micro-surfacing mixtures after 1000, 2000, and 3000 cycle compactions of 56.7 kg load for mixtures number 1 to 6

- ✓ Une augmentation de 45% en résistance à l'orniérage a été réalisée en comparant les ECF conventionnels en Amérique du Nord. Cela a été fait en utilisant 1% moins de teneur en bitume résiduel dans les ECF.

5. Conclusion

- ✓ Mastic, émulsion bitume et formulation ont été objées des notre recherches pour les ECF.
- ✓ Les valeurs de répétabilité et reproductibilité les ECF ont été estimées
- ✓ Nous avons modifié la procédure de formulation des ECF selon méthode ISSA A-143
- ✓ Nous avons trouver une formulation pour calculer le pourcentage de filler dans ECF.
- ✓ Les ECF conventionnelle et coloré ont été formuler avec 45% augmentation de résistance à l'orniérage.



Merci !