



BioRePavation
Solutions biosourcées pour le recyclage
des anciennes chaussées
Appel à projets Européen INFRAVATION

Emmanuel Chailleux
IFSTTAR



Consortium



- **IFSTTAR** (France - coordination – évaluation de la durabilité echelle 1)
- **EIFFAGE Infrastructures** (France – production d'un liant biosourcé, formulation des enrobés et construction du manège de fatigue)
- **IOWA STATE UNIVERSITY** (USA – production d'un additif biosourcé, formulation des enrobés)
- **KRATON chemical** (Netherlands – production d'un additif biosourcé)
- **WESTERN RESEARCH INSTITUTE** (USA – évaluation non destructive in situ et essais sur liants)
- **UNIVERSITY OF NOTTINGHAM** (UK - Analyse de cycle de vie et essais sur liants)

Nov 2016 – Avril2018

Principaux objectifs

- Vers une chaussée plus respectueuse de l'environnement
 - Augmenter le taux de recyclage
 - [50 – 70] %
 - Sauvegarder les ressources naturelles
 - Bitumes issus de la distillation du pétrole
 - Granulats issus de carrières



Tirer avantage du vieux bitume, oxydé et fragile, restants sur les agrégats d'enrobé



Même niveau de qualité que les techniques conventionnelles

Proposition

Comment préparer le déploiement en situation réelle ?

- **Evaluation de 3 biomatériaux alternatifs formulés pour optimiser le recyclage**
(régénérants → remplacement total)

Sylvaroad™



Biophalt®



Epoxidized methyl soyate



- **Evaluation Technique**
 - Démonstrateur: IFSTTAR
 - Essai accéléré, manège de fatigue
 - Suivi des mécanismes de détérioration macro
 - Méthode innovante non-destructive

- **Evaluation environnementale**
 - Analyse de cycle de vie
 - Mesure des émissions de fumée



Matériaux

BM-1: SYLVAROAD™ RP1000

Régénérant bio-sourcé formulé pour augmenter les taux de recyclage jusqu'à 100%

- **Breveté par Kraton/Arizona Chemical**
- **Bio-based additive from Pine chemistry**
- **Developed for the reuse of Reclaimed Asphalt**
 - Increase RA content to 70%, even 100% in theory
 - Reverse RA quality (very hard aged binder)
 - Facilitate asphalt mix manufacturing



Matériaux

BM-2: Biophalt® → remplacement total du liant d'apport

- 3^{ème} génération de liant bio-source breveté par Eiffage
- Développé pour les enrobés à chaud et enrobes tièdes
- Composé de poix, de résine et polymères
- Composé de plus de 90% de produits bio-sourcés



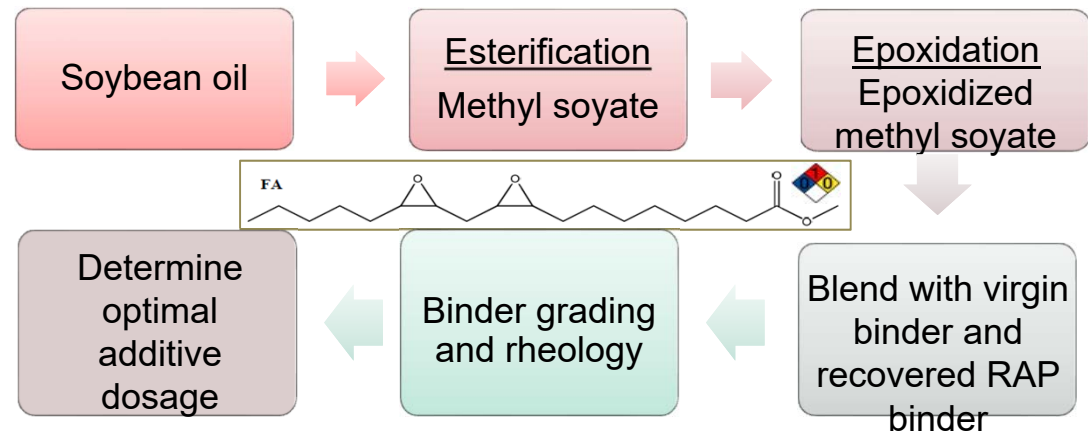
- La poix est composée d'acides gras qui favorise la régénération du bitume des agrégats d'enrobes recyclés
- Les polymères améliorent la ductilité/durabilité et la résistance au vieillissement

Matériaux

BM-3: Epoxidized Methyl Soyate

Additif formulé pour augmenter la compatibilité entre le liant d'apport et les agrégats

- Patented by Adventus & ADM/ISU

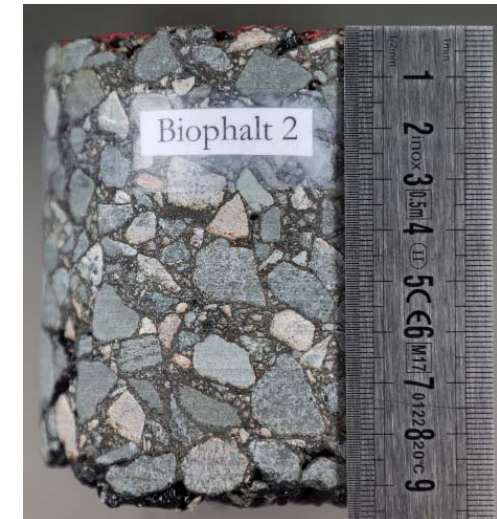


- Lowers the high & low temperature stiffness of bitumen.
- Lower energy consumption due to lower viscosity & lower mixing/compaction temperatures.
- No concern with mass loss compared to other bio-renewable additives.
- Moisture content < 0.15%.
- Highly competitive in terms of cost relative to petroleum-based additives.

1^{er} résultat: un enrobé innovant

Il est possible de formuler un matériau en incorporant un fort taux d'agrégats extrêmement vieillis

- Formulation innovante d'enrobé de couche d'assise basée sur l'optimisation du squelette granulaire (contact « gros/gros »): GB5[®]
 - Formulé avec:
 - » Les fractions granulométriques disponibles
 - » Incorporant 50 et 70% d'AE
 - » Dosage en liant et additif optimisé en laboratoire

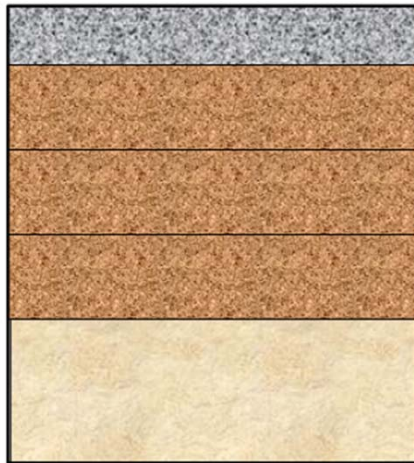


- Propriétés principales:
 - Enrobé dense (entre 3 et 6% de vides)
 - Module élevé avec un liant relativement mou
 - Teneur en liant modérée autour de 4.5%
 - **Seulement 2.8% de bitume d'apport**

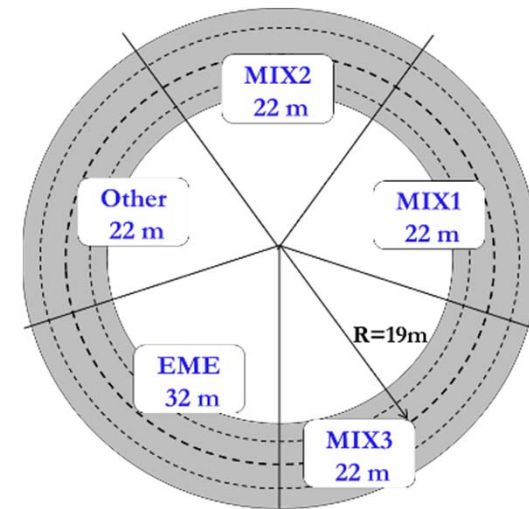
2^{ème} résultat: il est possible d'appliquer ces matériaux innovants à l'échelle 1

Construction des planches sur le manège de fatigue de Nantes en Mai 2017

MIX1-3: 50% AE / EME: 20 % AE



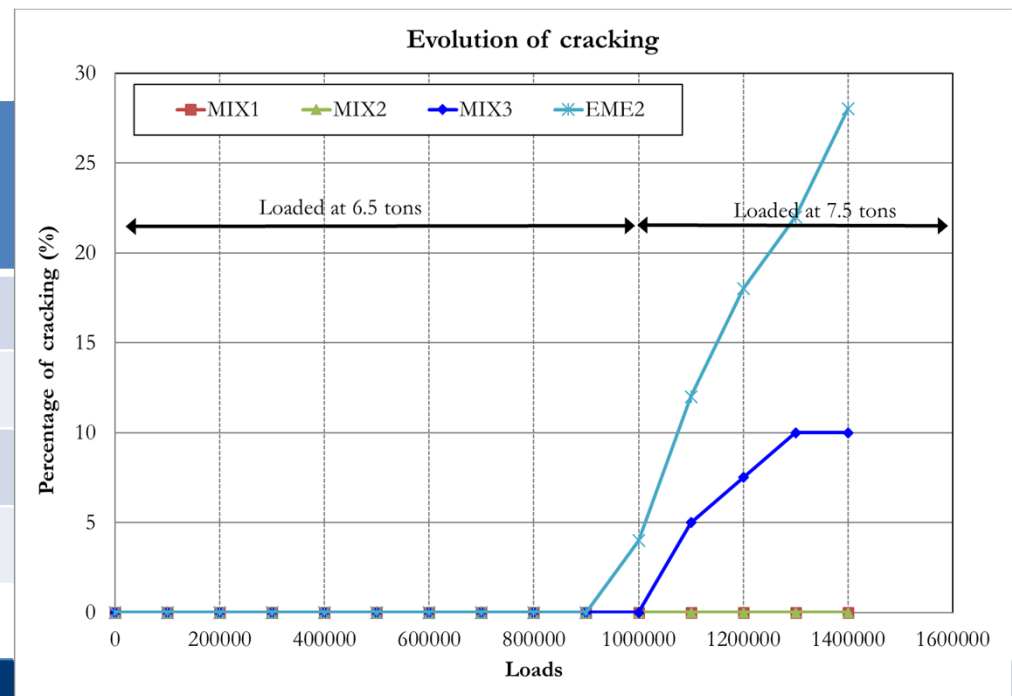
Bituminous surface layer (about 10 cm)
3rd layer Unbound granular base (21 cm)
2nd layer Unbound granular base (25 cm)
1st layer Unbound granular base (30 cm)
Subgrade – stone bed 50/120 mm (1,6 m)



3^{ème} résultat: très bonnes performances en comparaison des enrobés conventionnels

- Bonne résistance à l'orniérage
- Après 1 million de cycles: pas de fissure sur les enrobés innovants, un début de fissuration sur la planche de référence en EME2
- Après 1.8 million de cycles équivalents à 65 kN, toujours pas de fissure sur les matériaux innovants 1 et 2, 10% sur le matériau innovant 3, 27% sur l'EME2 de référence
- Résultats confirmés par les mesures au FWD et par les micro-prélèvements et essais en labo

Enrobés	% Vides	Orniérage après consolidation
Reference: EME	3.4%	1%
Mix1	3.3%	2%
Mix2	1.6%	2%
Mix3	2.0%	1%



Coefficient de calage Kc

- kc provisoires issus de l'expérimentation

	EME2	GB5 [®] AzChem	GB5 [®] Biophalt	GB5 [®] EMS
% endommagement	28%	<1%	<1%	10%
k _c calculé avec les dommages		2.13	1.99	1.68
K _{correction}		1.18	1.18	1.18
k _c après correction		1.80	1.69	1.42
kc conseillé actuellement		1.3	1.3	1.3



- kc finaux à venir en 2019

4^{ème} résultat : impact environnemental positif

- **Mesures de fumées en laboratoire**
 - Permet de définir la température maximale de fabrication pour rester dans les niveaux d'émissivité en composés organiques des enrobés conventionnels.
- **Analyse de cycle de vie (cradle-to-gate)**
 - Les 3 technologies testées dans BioRePavation réduisent la consommation en ressources non renouvelables et accroissent même l'utilisation en ressources renouvelables dans le cas GB5[®] Biophalt.
 - Généralement les solutions bio-sourcées évaluées ont un impact environnemental plus faible que la solution de référence. En particulier quand le carbone biogénique est inclus, l'indicateur « changement climatique » est positivement impacté. L'indicateur « utilisation des terres » est négativement impacté si les matières premières bio-sourcées ne sont pas considérées comme des déchets.
 - Impact environnemental important lié aux transport de matières

Conclusion



- **Preuve de concept validée !**
 - Il est possible de réaliser (avec les outils industriels conventionnels) et de poser (à l'échelle 1) un enrobé avec 50% d'agrégats tout en réduisant l'apport en bitume pétrolier (jusqu'au remplacement total)
 - Durabilité: les 3 matériaux innovants se comportent mieux que le matériau de référence EME2 qui est largement employé en Europe pour les couches structurantes
 - L'impact environnemental est globalement positive
- **Prochaines étapes:**
 - Déploiement des innovations BioRePavation
 - Evaluation sur le long terme de sections test
 - Tester ce concept sur d'autres type d'enrobés incluant les matériaux fabriqués à froid et en augmentant le taux de recyclage