

# Les enrobés « bas carbone »

La chimie verte au service de l'infrastructure routière

Congrès JERI 2021 - Lausanne

Jérôme DHERBECOURT & Frédéric LOUP

# Le CERF de CORBAS



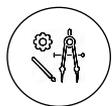
**25 Docteurs, Ingénieurs et Techniciens**  
Passionnés de Recherche, d'Innovation, de  
formulation... et de Formation

## Missions

De fortes interactions avec le monde industriel, académique et scientifique.



**> 200 / an**  
Contrôles CE



**> 1500 h / an**  
Opérations métrologiques



**> 500 h / an**  
Formation



**7 000**  
Essais / an



**40%**  
Actions R&D



**> 100**  
Interventions chantiers &  
Industries

# 6 Pôles d'activités

An aerial photograph of a paved road winding through a vast, green forest. The road is the central focus, leading the eye from the bottom center towards the horizon. The forest is dense and uniform in color, stretching to the horizon under a clear, light blue sky. The text is centered over the road.

LES SOLUTIONS  
« Bas Carbone »

# Solutions Bas Carbone, les leviers d'action



**Utiliser des matières renouvelables**  
(végétales ou biosourcées), plutôt  
qu'employer des ressources fossiles.



**Recycler et réutiliser**, plutôt que de  
faire appel à des matières neuves  
(bitume et granulats).



**Chauffer le moins possible.**  
Privilégier la mise en œuvre à  
froid ou tiède, plutôt qu'à chaud.



**Transporter le moins possible.**  
En place ou circuits courts, plutôt  
qu'importation ou circuits longs.

# Objectif...

« La route Bas Carbone »

## Techniques à froid (émulsion)

### Recyral-ARM®



La première route  
100% recyclée sur  
place sans ajout de  
bitume.

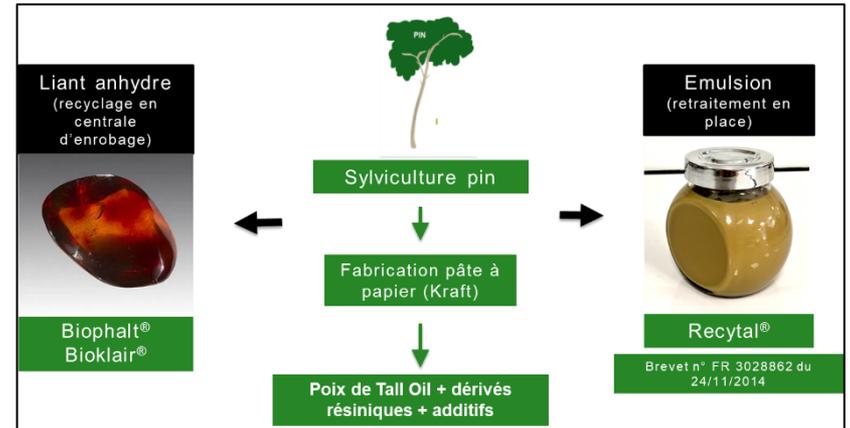
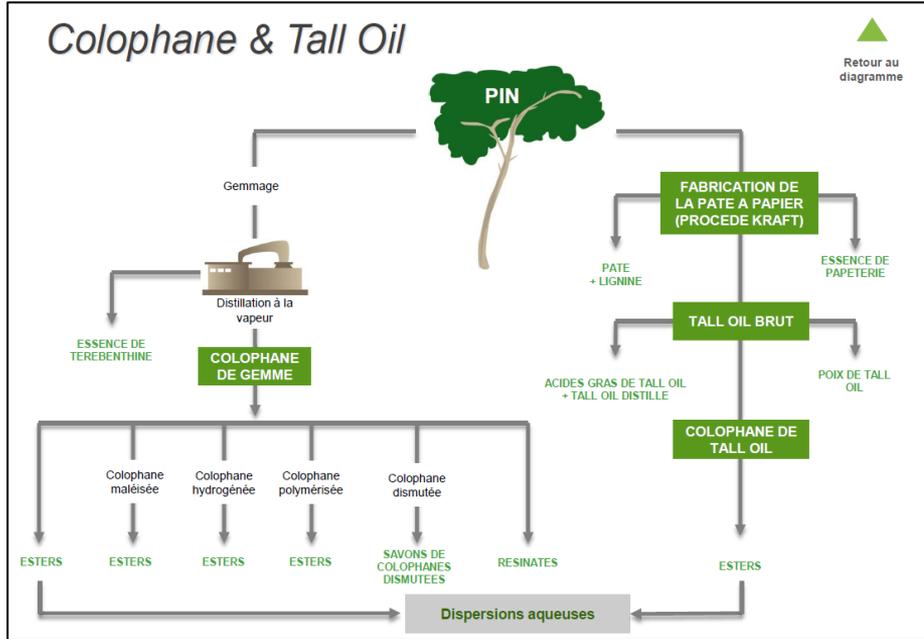
### Recyral-Biocold®



Un enrobé recyclé à  
froid en centrale,  
sans ajout de bitume.

# Comment ?

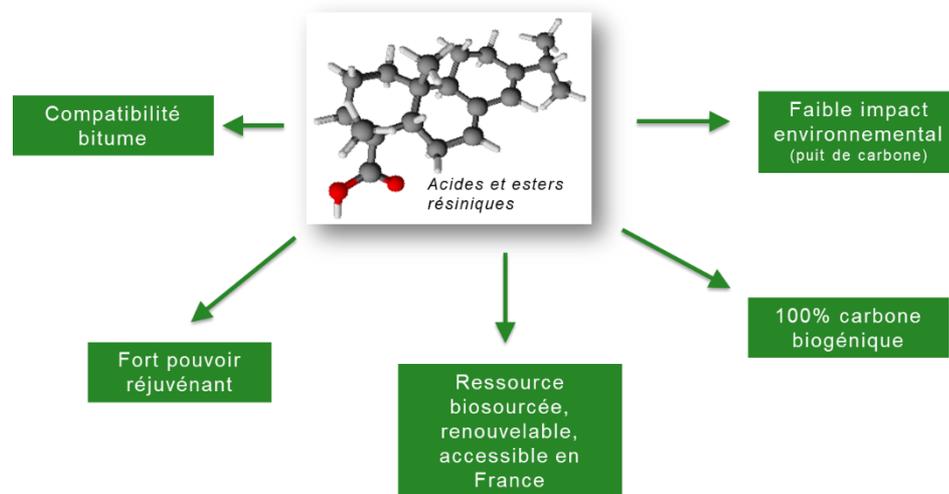
Utilisation d'une bio-ressource 100% végétale



# Pourquoi La chimie du pin ?

## Principales caractéristiques

TBA (°C)	36.8
Viscosité brookfield à 90°C cône 3 (Po)	2.0
Indice d'acide (mgKOH/g)	42.2
<i>Indice d'acide 1700cm<sup>-1</sup>(KBr) (%)</i>	<i>22.3</i>
Teneur en ester (Methode oléoflux transmission) (%)	24.81
<i>Indice d'ester 1730cm<sup>-1</sup>(KBr) (%)</i>	<i>42.9</i>
Fraction Cristallisable (%)	8.5
Temp. De transition vitreuse (°C)	-35.3



# Emulsion « biosourcée » Recytal®

## Performances Laboratoire & in-situ

Référentiel : norme EN 13 808 (spécifications émulsions cationiques de bitume)

### RECAPITULATIF DES RESULTATS D'ESSAIS - LIANT FRAIS - MCE

Résidu sur tamis de 0.50 mm
Teneur en eau (balance dessicatrice)
Indice de rupture des émulsions
Temps d'écoulement des émulsions (STV)
Adhésivité d'une émulsion de bitume

### RECAPITULATIF DES RESULTATS D'ESSAIS - LIANT RECUPERE - MCE

Point de ramollissement Bille et Anneau
Pénétrabilité à l'aiguille

### RECAPITULATIF DES RESULTATS D'ESSAIS -LIANT FRAIS - HORS MCE

PH des émulsions de bitume
Diamètre médian d'une émulsion de bitume

### Actimix

Résidu sur tamis de 0.50 mm	0.00 %
Teneur en eau (balance dessicatrice)	33.9 %
Indice de rupture des émulsions	134
Temps d'écoulement des émulsions (STV)	87 s
Adhésivité d'une émulsion de bitume	50
Point de ramollissement Bille et Anneau	45.4 °C
Pénétrabilité à l'aiguille	135 1/10 mm
PH des émulsions de bitume	2.9
Diamètre médian d'une émulsion de bitume	7.3 microns

### Recytal®

Résidu sur tamis de 0.50 mm	0.00 %
Teneur en eau (balance dessicatrice)	42.6 %
Indice de rupture des émulsions	130
Temps d'écoulement des émulsions (STV)	42 s
Adhésivité d'une émulsion de bitume	0
Point de ramollissement Bille et Anneau	32.2 °C
Pénétrabilité à l'aiguille	Essai non réalisé
PH des émulsions de bitume	3.6
Diamètre médian d'une émulsion de bitume	2.5 microns

# Performances

## Laboratoire & in-situ

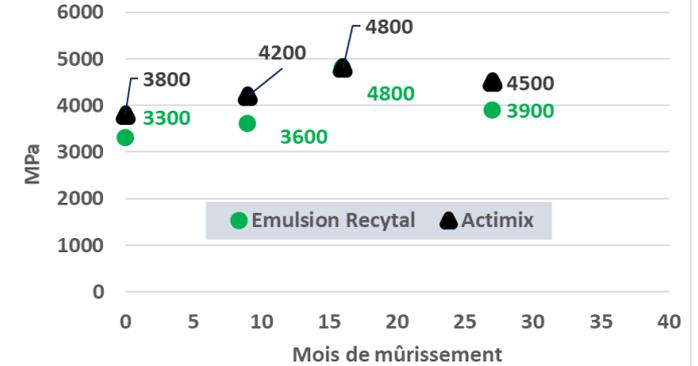
Essais Duriez suivant norme NF P 98-251-4

Référentiel : Guide Retraitement Sétra 2003

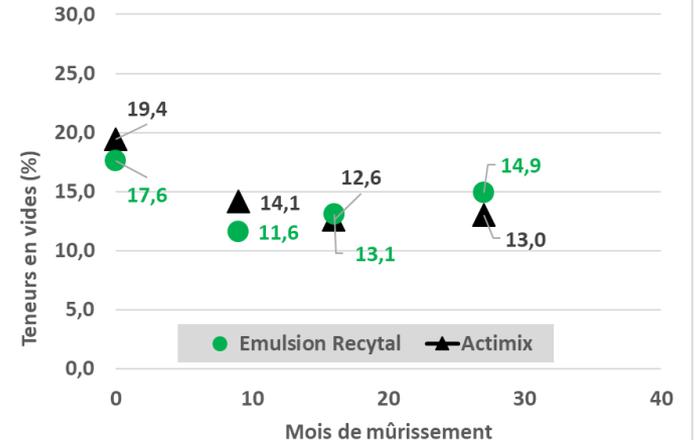
	Retraitement à l'émulsion de bitume		Retraitement à l'émulsion Recytal		Retraitement à l'émulsion de bitume fluxé	
	MEo18-031		MEo18-032		MEo18-038	
	160/220 Repsol Bilbao	65,00%	Poix de Tall Oil	65,00%	160/220 Repsol Bilbao	61,75%
	-	-	-	-	Oléoflux 18	3,25%
Duriez : R	7,01	MPa	7,28	MPa	6,37	MPa
Duriez : r	4,08	MPa	5,96	MPa	4,69	MPa
Duriez : r/R	0,58		0,82		0,74	

	Guide SETRA :
Duriez : R	Classe I : R ≥ 1.5 Mpa Classe II : R ≥ 3 Mpa Classe III : R ≥ 5 MPa
Duriez : r	-
Duriez : r/R	Guide SETRA : Classe I : r/R ≥ 0.55 Classe II : r/R ≥ 0.65 Classe III : r/R ≥ 0.70

Modules de rigidité in-situ  
Ecd 10°C - 124 ms (MPa) - NF EN 12 697 - 26 (annexe C)



Evolution des teneurs en vides (%) in-situ



# Retraitement en place « biosourcé »

Citerne compartimentée  
pour le stockage de l'eau et du  
liant végétal de retraitement.

## Recyral-ARM®



Finisseur

Chaussée à retraiter

Retraitement mobile  
Atelier de régénération  
mobile au liant végétal

Chaussée retraitée  
Épaisseur du retraitement de  
5 à 15 cm.

## Exemples de Réalisations Recygal-ARM®

Surfaces traitées depuis 2018 ~500 000 m<sup>2</sup>  
(France & Espagne)

01 RD 670 St Jean de Blaignac (33)

02 Hyères (83)

03 RD 3 Aumont (39)



01



02



03



# Objectif...

« La route Bas Carbone »

## Techniques basse T°C (liants anhydres)

### Biophalt®



L'enrobé recyclé  
« biosourcé » à hautes  
performances.

### Bioklair®



Le revêtement de  
couleur dédié aux  
mobilités douces.



## Enrobé « biosourcé » Biophalt® à hautes performances



# A l'origine...



KRATON



Infraction  
An Infrastructure Innovation Programme

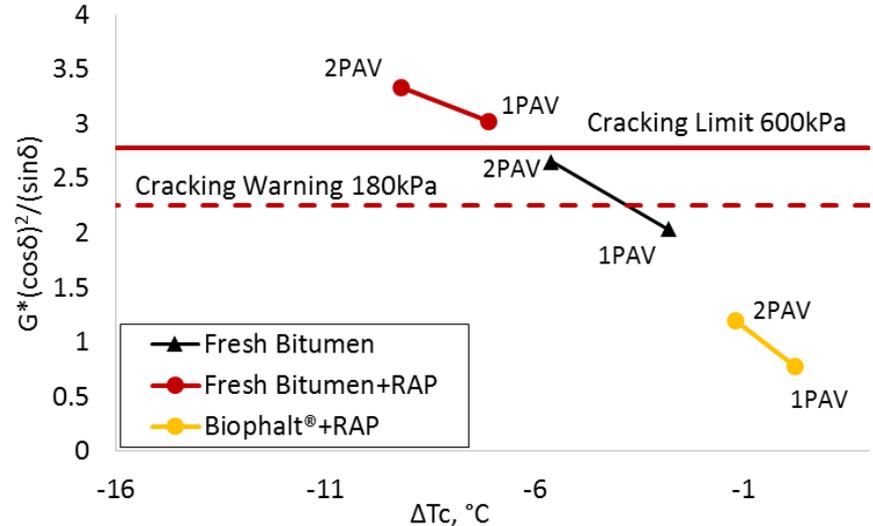


Western Research  
INSTITUTE

IOWA STATE  
UNIVERSITY



- Laboratoires : évaluation des propriétés thermomécaniques après vieillissement artificiel (PAV)
- Manège de Nantes : évaluation macroscopique (orniérage, fatigue, fissuration, ...)
- Etude du cycle de vie (ACV)
- Formule GB5® à 50% AE + Biophalt®



# Performances

## Laboratoire

### Caractéristiques « typiques » liant Biophalt®

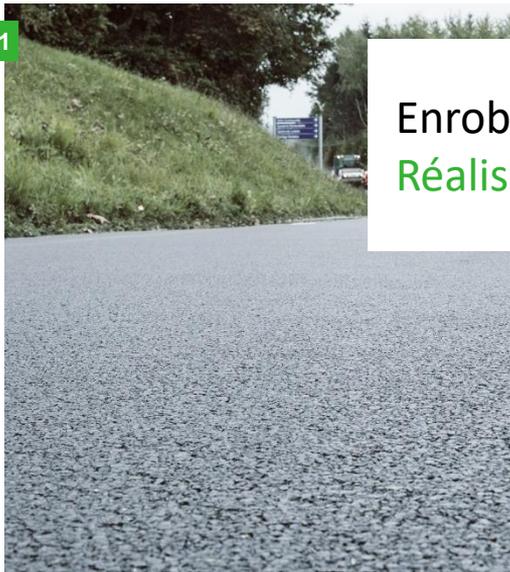
Caractéristiques	Biophalt®
Température Bille-Anneau (EN 1426)	≥ 65°C
Pénétrabilité à 25°C (EN1427)	120 à 200 1/10° mm
Retour Élastique (EN 13 398)	> 90%
Point de fragilité Fraass (EN 12 593)	≤ -15°C
Essai RTFOT (EN 12697-1) : Pénétrabilité restante Augmentation TBA Perte de masse	≥ 60 1/10° mm ≤ 8°C ≤ 0,5%

### Caractéristiques « typiques » enrobés Biophalt®

Caractéristiques	Biophalt® (50% AE) (TL= 5,2%)	Bitume 70/100 (50% AE) (TL= 5,2%)	EN 13108-1 (EB 10 roul)
Essai maniabilité PCG à 60 girations (EN 12697-31)	6,3%	5,3%	5% à 10%
Sensibilité à l'eau (EN 12697-12)	89	90	≥ 70
Orniérage (EN 12697-22 + A1)	3,8	4.1	≤ 5%
Module de rigidité 15°C – 10 Hz (EN 12697-26 + annexe D)	12 600 MPa	11 900 MPa	≥ 7000 MPa
Retrait thermique empêché (TSRST)	T°C <sub>rupt</sub> = -24,6°C S <sub>rupt</sub> = 4,3 MPa	T°C <sub>rupt</sub> = -23,9°C S <sub>rupt</sub> = 4,4 MPa	-

01

## Enrobé « biosourcé » Biophalt® Réalizations



02



- 01 Bvd Louis XI Tours (37)
- 02 Piste cyclable Lyon – Décines (69)
- 03 Manège de fatigue UGE (Biorepavation)
- 04 RN 205 Les Houches (ATMB)
- 05 Autoroute A40 Vonnas (APRR)

03



04



05



# Performances

## Chantier A40 Vonnas à $t_0$ et à $t_{1an}$

	Chantier à $t_0$	Spécifications
<b>Pourcentages de vides</b>	6,8%	$4 \leq \% \text{ de vides moy.} \leq 8\%$
<b>Macrotexture (PMT)</b>	0,79mm	PMT moy. $\geq 0,70\text{mm}$

	Chantier à $t_{1an}$	Spécifications
<b>Relevé d'orniérage</b>	1,1mm	Ornière $\leq 5\text{mm}$
<b>Macrotexture (PMT)</b>	0,78mm	



Chantier 1an après travaux



## Enrobé « biosourcé » Bioklair® pour mobilités douces



Spécialement conçu  
pour les mobilités  
douces.



Liant à base  
végétale.



**Revêtement clair**,  
lutte efficacement  
contre les îlots de  
chaleur urbains (ICU).



**Revêtement  
perméable** lorsque  
nécessaire.



**Température de  
fabrication abaissée**  
 $\leq 140^{\circ}\text{C}$

# Bioklair® Réalizations

- 01 Place Dufour Oullins (69)
- 02 ZAC Vetrotex – Chambéry (73)
- 03 L'île du Beurre Via Rhôna (69)  
Biokrom® clair et perméable

02



03



01



# Conclusions & Perspectives

## Liants végétaux

- Chimie complexe : nécessité de maîtriser la variabilité
- Alternative, efficace, biosourcée et bas carbone au bitume pour la réjuvenation des AE

## Retours expériences

- Emulsions (CIRR 2018) → performances identiques aux émulsions bitumineuses
- Liants anhydres (CIRR 2020) → nombreuses expérimentations concluantes

## Futur

- Recherches en cours de nouvelles ressources : agro-ressources, coproduits, etc....
- Enjeux : disponibilité, prix, compatibilité, empreinte carbone, profil HSE

# CERF Lyon-Corbas (69)

# STR Lyon-Corbas (69)



## Contactez-nous

**CERF**

Centre d'Etudes, de Recherche et de Formation

8, Rue du Dauphiné

69 964 Corbas Cedex

T. +33 (0)4 72 21 24 30



[frederic.loup@eiffage.com](mailto:frederic.loup@eiffage.com)



## Contactez-nous

Service Technique Régional Eiffage Route

8, Rue du Dauphiné

69 964 Corbas Cedex

T. +33 (0)4 72 21 25 25



[Jerome.dherbecourt@eiffage.com](mailto:Jerome.dherbecourt@eiffage.com)