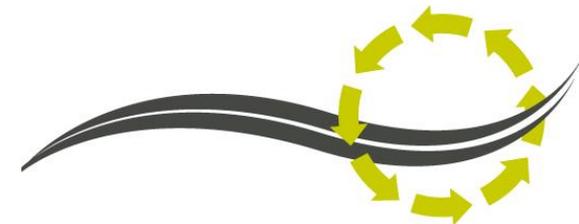


# *Effets des procédés sur la résistance au vieillissement*

L. Boulangé, Eiffage Infrastructures

S. Vassaux, V. Gaudefroy, IFSTTAR

V. Mouillet, A. Pévère, CEREMA DeterMED



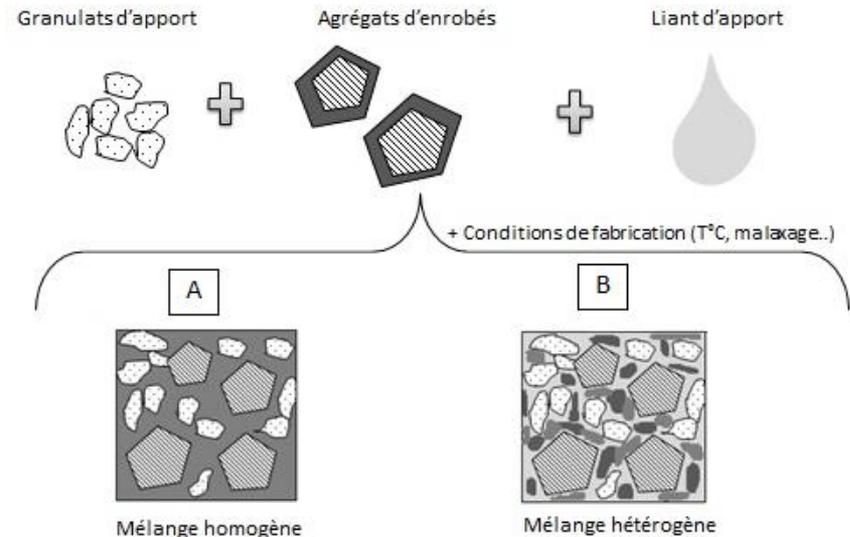
# Objectifs



## Évaluer et comparer l'influence du procédé et l'ajout d'AE sur la remobilisation du liant d'AE

### ⇒ 2 méthodes

- Chemomap : microscopie à IR, pour caractériser in situ les propriétés chimiques des surfaces d'enrobés
- Déjà éprouvée : méthode de désenrobage séquencé (Eurovia)



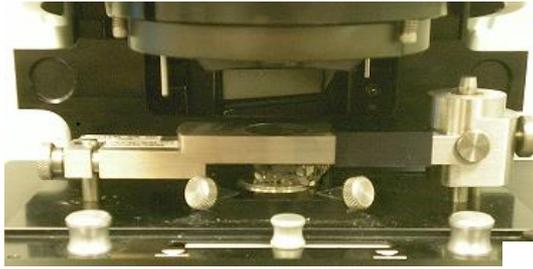
LH100\*, LW100\*, LH40, LW70

\*ne contient aucun additif ou régénérant

### ⇒ A tester sur des enrobés fabriqués en laboratoire

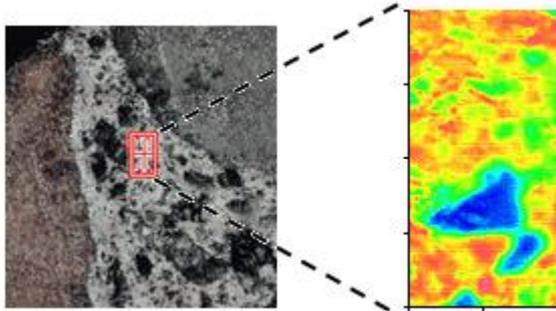
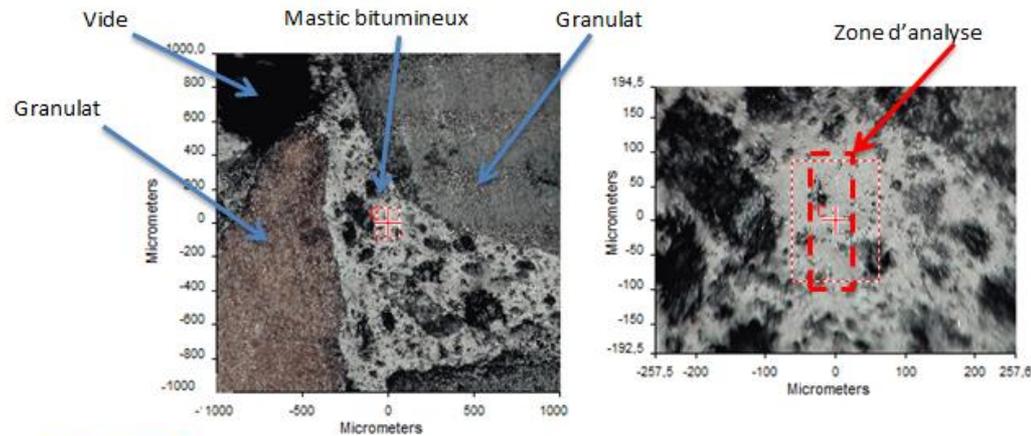


## Principe



1. Analyse d'une surface d'enrobé par microscopie infrarouge en mode d'imagerie ATR

2. Analyse effectuée dans le mastic présent dans l'espace inter-granulaire



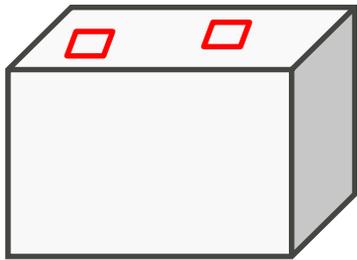
3. Analyse en imagerie infrarouge  
Pic carbonyle entre 1720 et 1665  $\text{cm}^{-1}$

# Chemomap

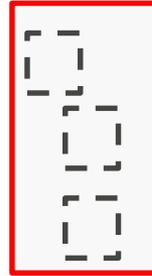
## Principe



### 1. Obtention des répartition spatiales du bitume



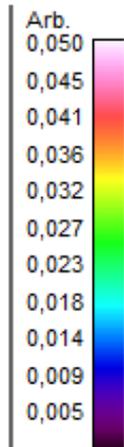
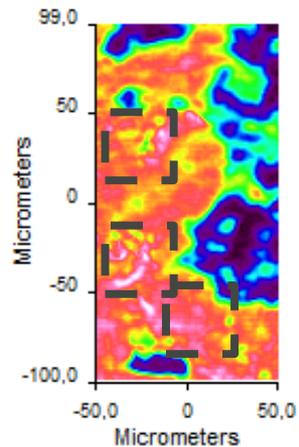
2 analyses  
= 2 cartographies  
200 × 100 μm



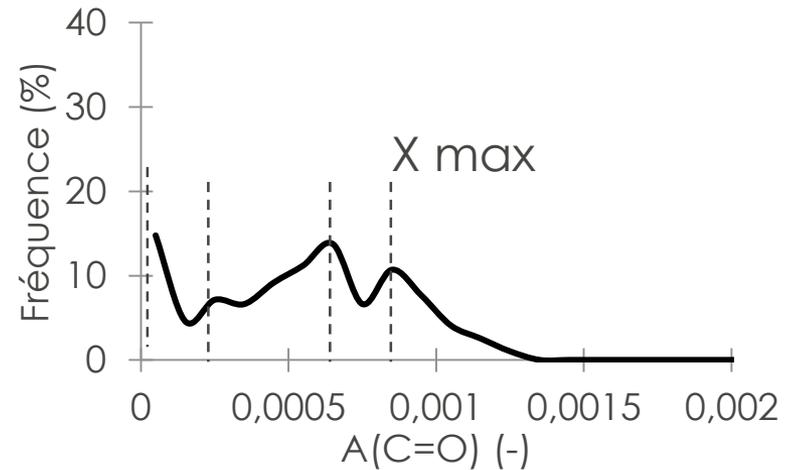
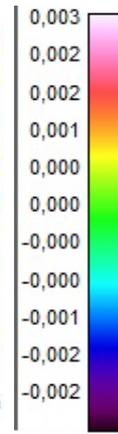
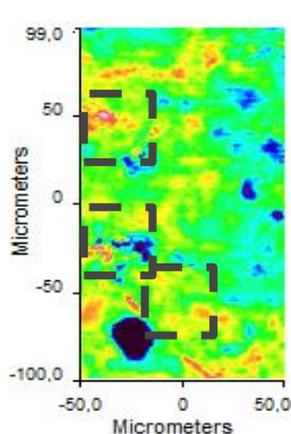
Définition de zones de contact uniforme

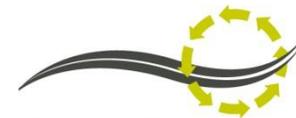
### 2. Exemple pour une cartographie LW100

Bitume

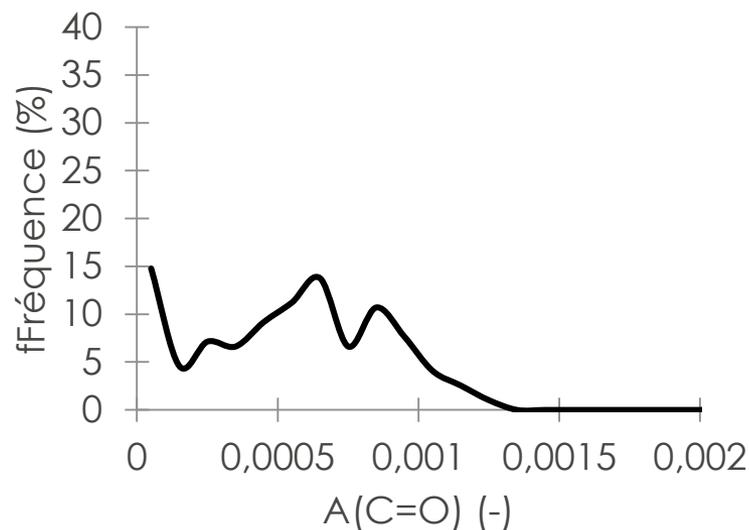
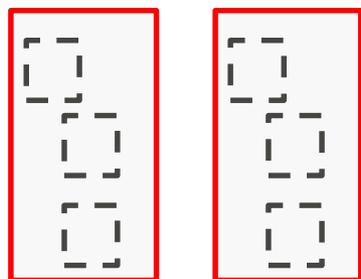


Fonction carbonyle





## Principe



### Définition de 2 indicateurs

**Moyenne (A(C=O)) ou CPA**

CPA : Curves Peaks Average

Oxydation du mélange à l'échelle microscopique

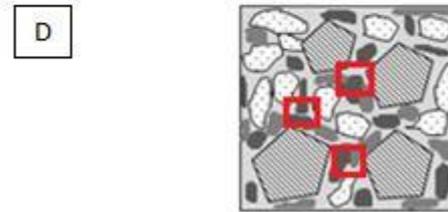
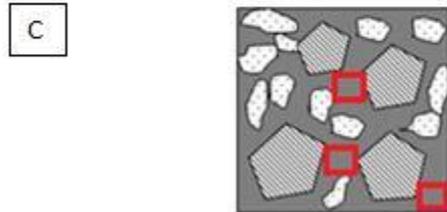
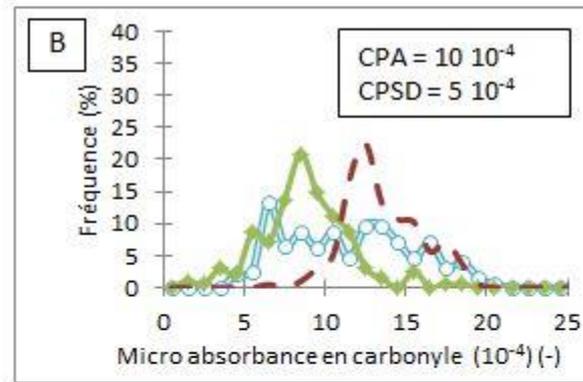
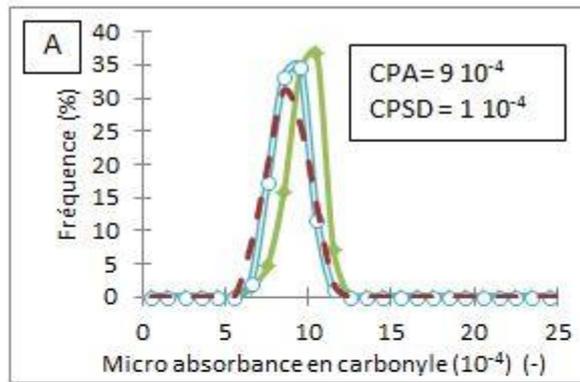
**Ecart-type (A(C=O)) ou CPSD**

CPSD : Curve Peaks Standard Deviation

Hétérogénéité du mélange

# Chemomap

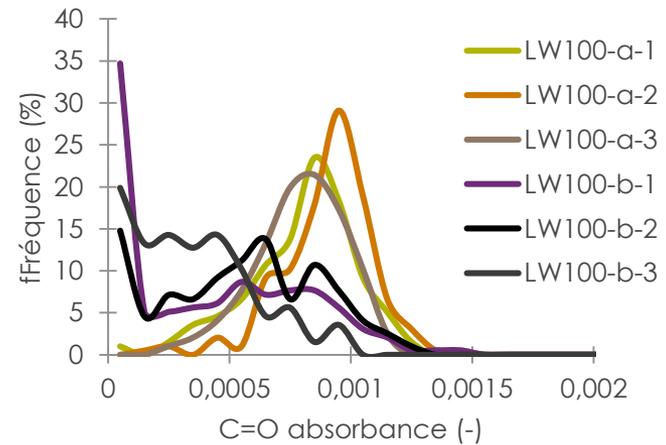
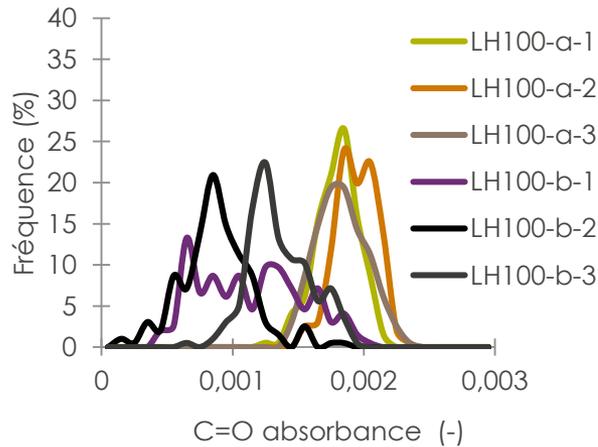
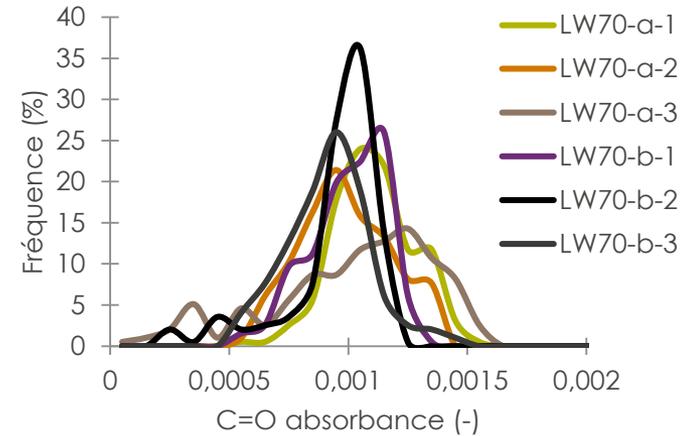
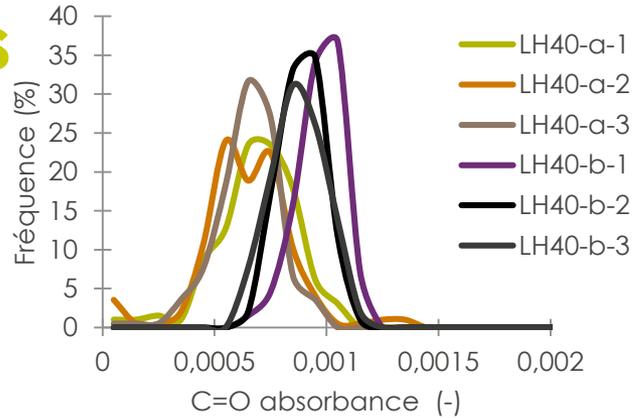
## Principe

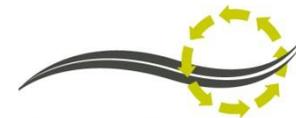


Granulats vieillis   Granulats d'apport   Liant d'apport   Liant vieilli   Mélange   Cartographie



## Résultats





## Résultats

Enrobé	CPSD ( $10^{-4}$ )	CPA ( $10^{-4}$ )
LH40	2	8
LW70	4	9
LW100	3	5
LH100	6	13

CPSD (écart-type): Indice d'homogénéité  
CPA (moyenne): indicateur d'oxydation

Homogénéité

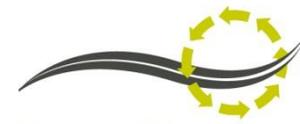


Hétérogénéité

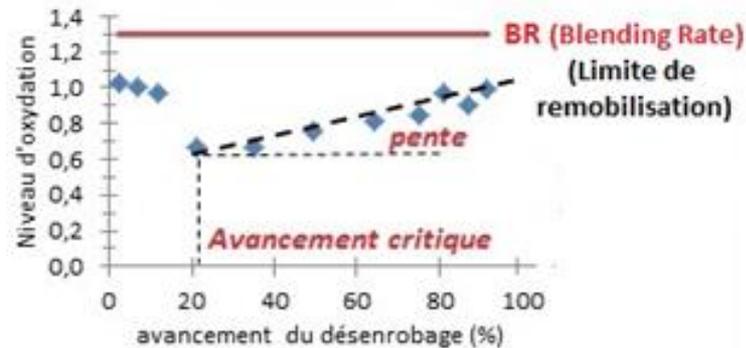
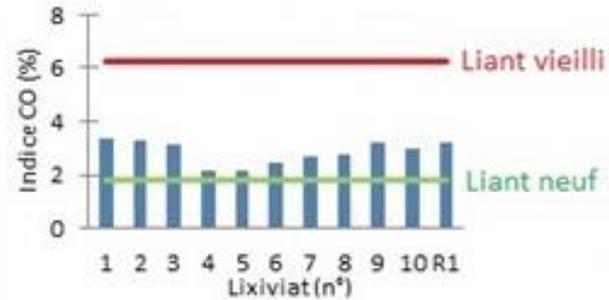
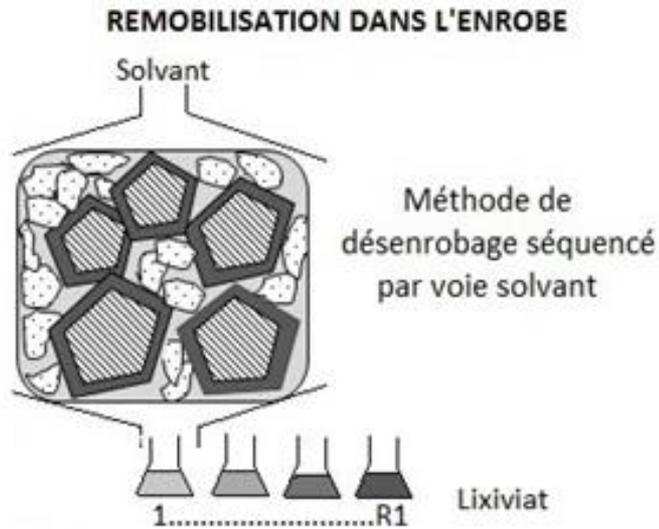
Oxydation



# Désenrobage séquencé

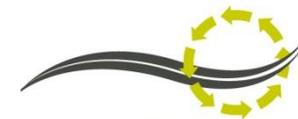


## Principe

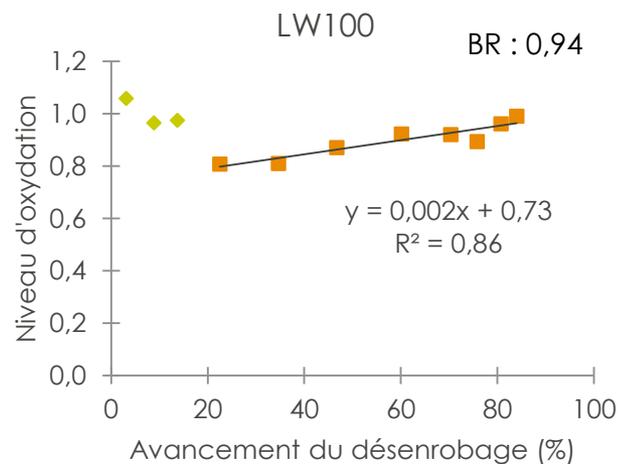
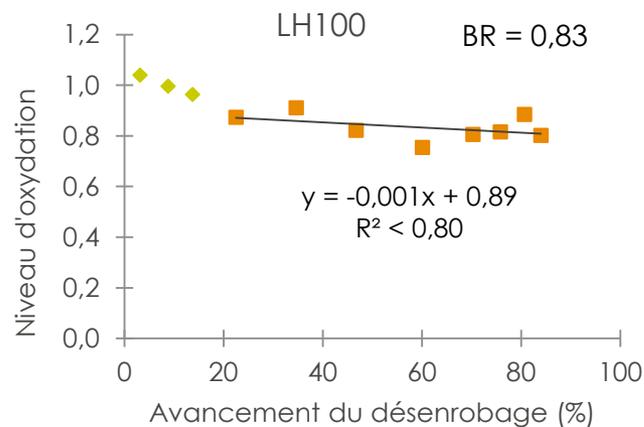
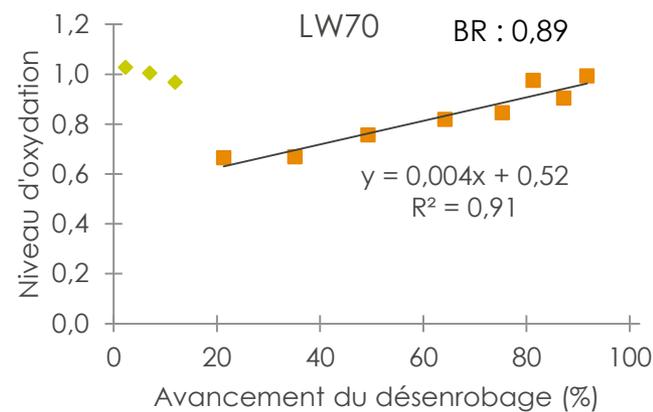
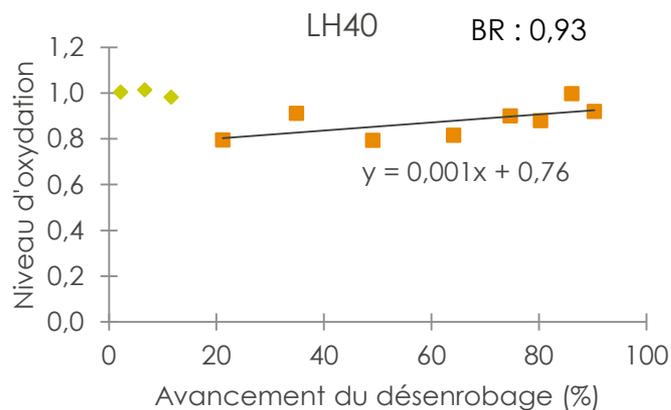


$$\text{Indice CO (\%)} = 100 \times \left( \frac{A_{CO} (1720-1665)cm^{-1}}{A_{CH_2CH_3} (1496-1350)cm^{-1}} \right)$$

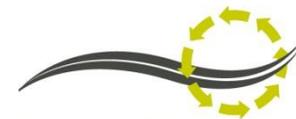
# Désenrobage séquencé



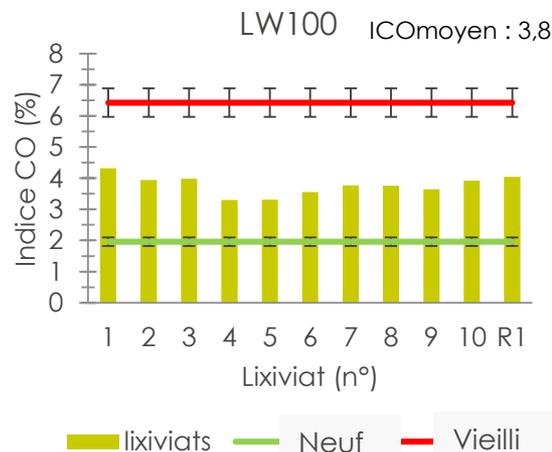
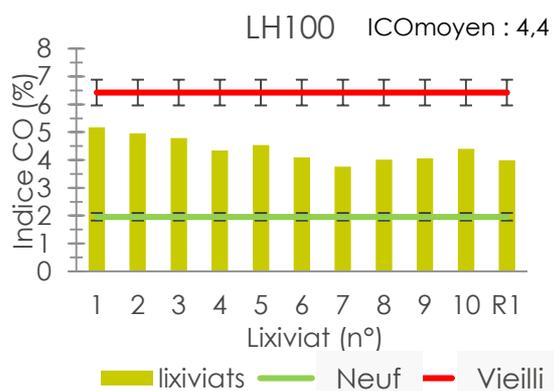
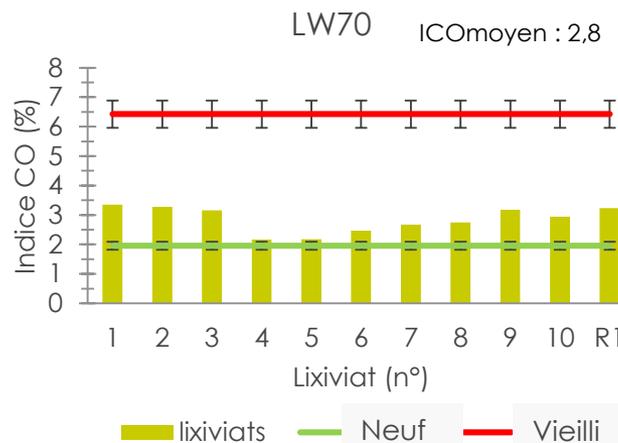
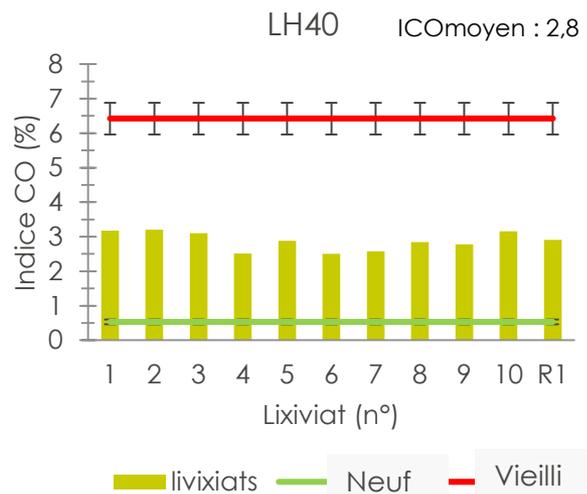
## Niveau d'oxydation



# Désenrobage séquencé



## Indice carbonyle C=O



# Désenrobage séquencé



## Résultats

Enrobé	BR	Pente Profil*	ICO moyen
LH40	0,93	0,001	2,8
LW70	0,89	0,004	2,8
LW100	0,94	0,002	3,8
LH100	0,83	-0,001	4,4

Homogénéité  
(BR = 1)

LW100 < LH40 < LW70 < LH100  
LH100 < LH40 < LW100 < LW70\*

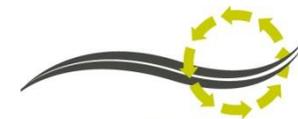
Hétérogénéité du mélange

LW70 = LH40 < LW100 < LH100

Oxydation

\* Indicateur supplémentaire : fluctuations à l'échelle plus locale

# Comparaison des résultats



## Homogénéité et niveau d'oxydation

Chemomap  $LH40 < LW100 < LW70 < LH100$

Désenrobage  $LW100 < LH40 < LW70 < LH100$

$LH100 < LH40 < LW100 < LW70^*$

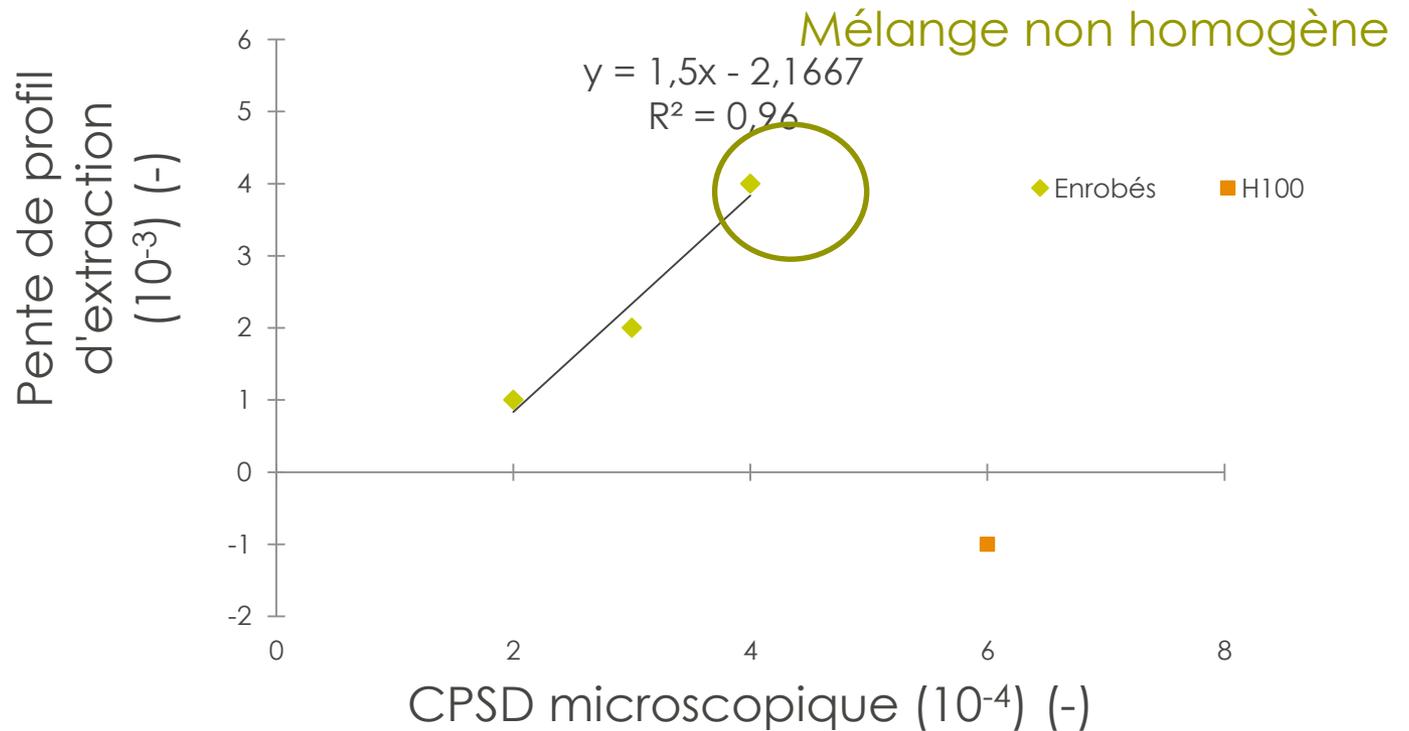
Hétérogénéité

Chemomap  $LW100 < LH40 < LW70 < LH100$

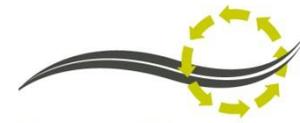
Désenrobage  $LW70 = LH40 < LW100 < LH100$

Oxydation

# Comparaison des résultats

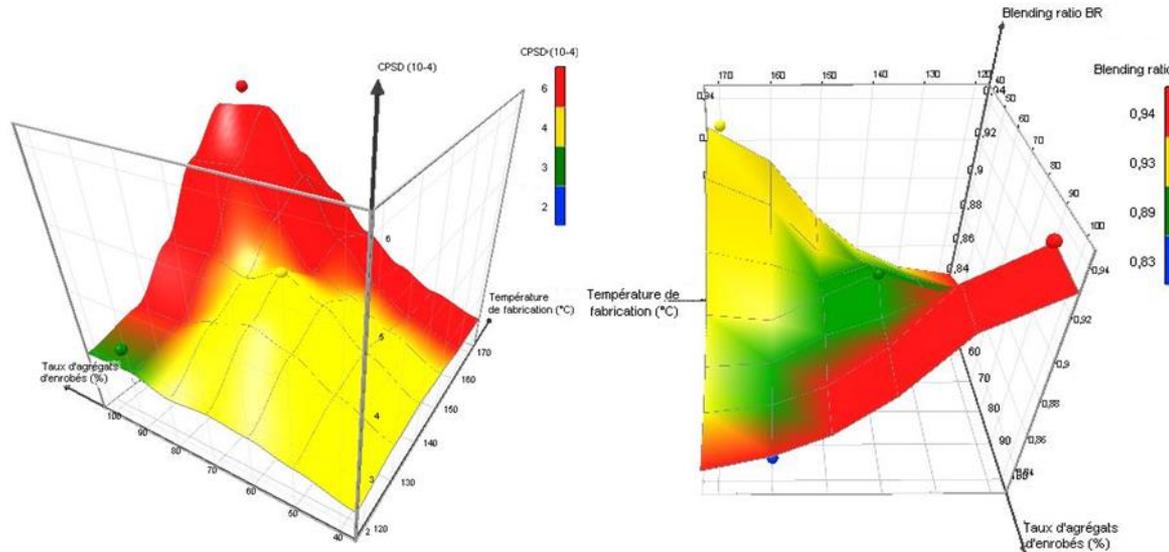


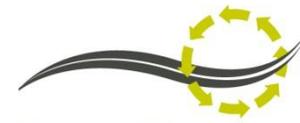
# Conclusions



## Premières tendances

- Microscopie infrarouge en mode d'imagerie ATR : technique d'avenir : permet d'évaluer sur le matériau l'homogénéité du mélange de bitumes au sein d'enrobés incorporant des AE
- Mécanismes complexes de mélange des bitumes





## Publications

### ⇒ Scientifique

- Vassaux, S., Gaudefroy, V., Boulangé, L., Pévère, A., Mouillet, V., 2019. Chemomap imaging Microscopy Use to In Situ Assess Oxidative Ageing in Compacted Asphalt Mixtures. In : Poulikakos L., Cannone Falchetto A., Wistuba M., Hofko B., Porot L., Di Benedetto H. (eds) RILEM 252-CMB Symposium. RILEM 252-CMB 2018. RILEM Bookseries, vol 20. Springer, Cham; [https://doi.org/10.1007/978-3-030-00476-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-00476-7_3), pages 15-20
- Assessment of the binder blending in bituminous mixtures based on the development of an innovative sustainable infrared imaging methodology, S. Vassaux, V. Gaudefroy, L. Boulangé, A. Pévère, A. Michelet, V. Barragan-Montero, V. Mouillet, Soumis pour publication, dans **Journal of Cleaner Production** (IF =5,561)
- Recycling of asphalt mixtures: investigation of the blending potential between binders for the mix design optimization using a customized solvent-free infrared methodology Construction & Building Materials S. Vassaux, V. Gaudefroy, L. Boulangé, A. Pévère, A. Michelet, V. Barragan-Montero, V. Mouillet, Soumis pour publication à **Construction & Building Materials** (IF =3,485)

### ⇒ Technique

- Chemomap : Une nouvelle méthode sans solvant, pour qualifier in situ l'homogénéité du liant bitumineux dans les enrobés incorporant des recyclés, S. Vassaux, V. Gaudefroy, L. Boulangé, A. Pévère, V. Mouillet, Soumis pour publication à **RGRA** (numéro spécial en 2019)