



IFSTTAR



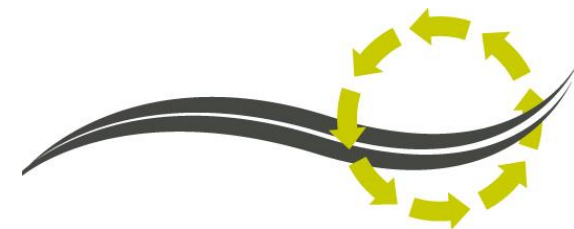
EIFFAGE



Cerema

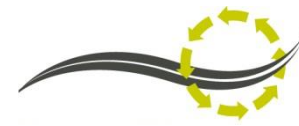
Observation des interfaces par microscopie infrarouge caractérisation de la remobilisation

Sabine Vassaux

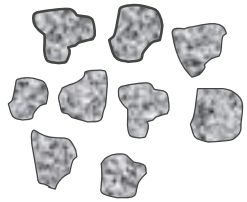


PN MURE - ANR IMPROVMURE

Mélange des bitumes neuf et vieilli



Granulats vierges



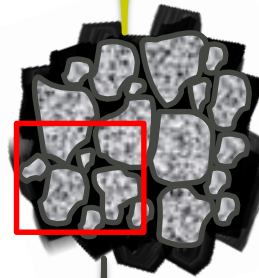
Liant vierge



Agrégats d'enrobé



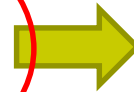
Comment les liants neuf et vieilli se mélangent-ils ?



Double-enrobage initial



Mélange partiel



Mélange total non homogène



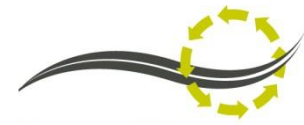
Mélange total homogène



■ Liant vieilli ■ Liant neuf

(Nahar, 2013), (Mouazen, 2017)

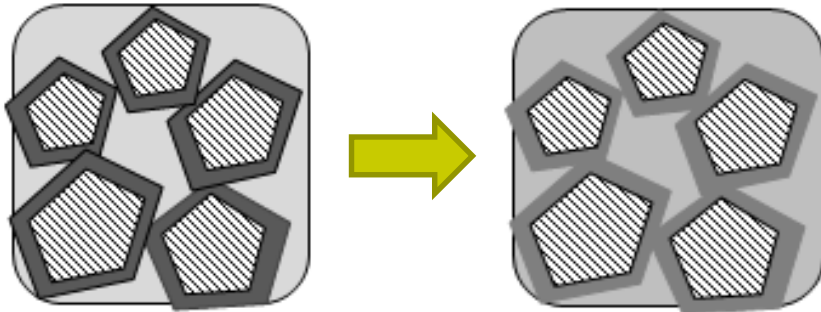
Remobilisation



Comment la définir?

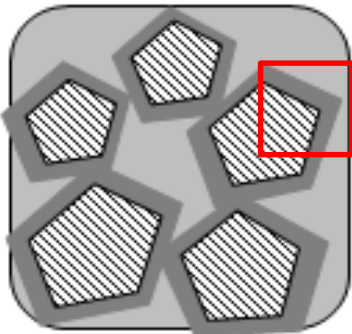
Double-enrobage
initial

Mélange
partiel



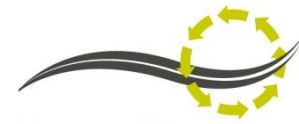
Remobilisation
= capacité du liant neuf à
rendre « mobile » le liant vieilli

Comment l'étudier?



Etude locale de la migration des liants
par le déplacement de traceurs
chimiques du vieillissement

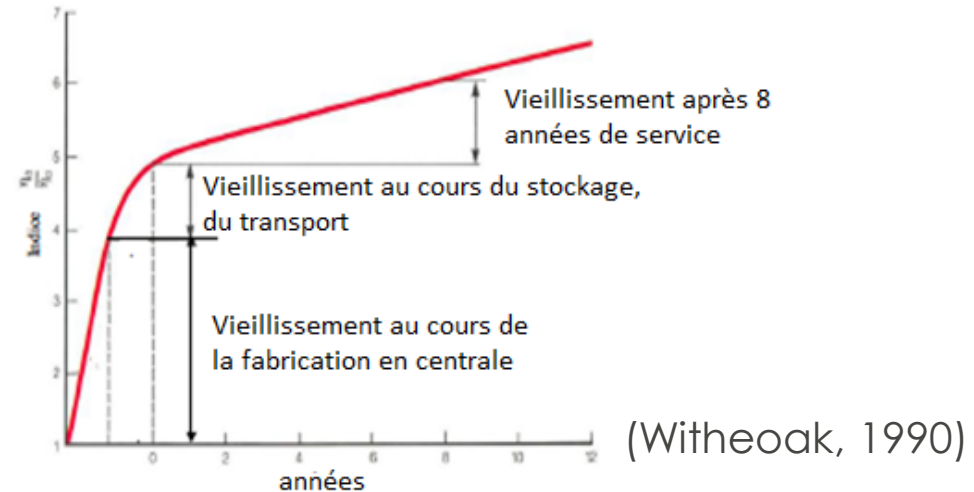
Vieillessement du liant



- Fabrication
- Mise en œuvre
- Conditions de service



Indice de vieillissement



Modification des propriétés du bitume, due à la réaction avec l'oxygène O_2 , les rayons UV...

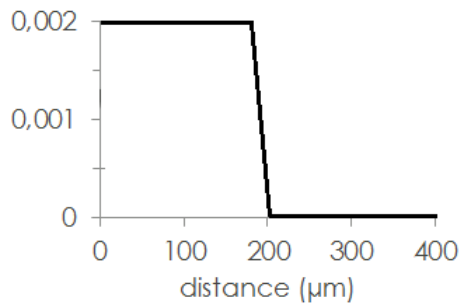
- Durcissement du liant: consistance, viscosité
- **Composition chimique du bitume**
 - 1) Evolution des fractions du bitume: Maltènes → Asphaltènes
 - 2) **Créations de fonctions chimiques oxydées**
 - Sulfoxyde $S=O$
 - Carbonyle $C=O$

Comment évaluer la remobilisation?

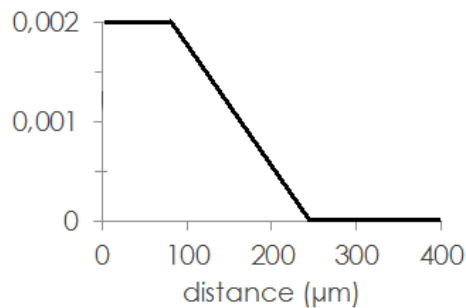


- Etude modèle sur des échantillons liant neuf/liant vieilli
- Observation de profils de concentration en fonctions carbonyles (C=O) sur une distance

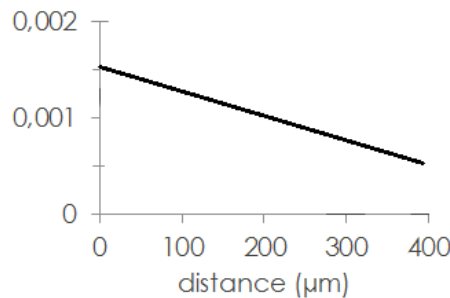
Remobilisation faible



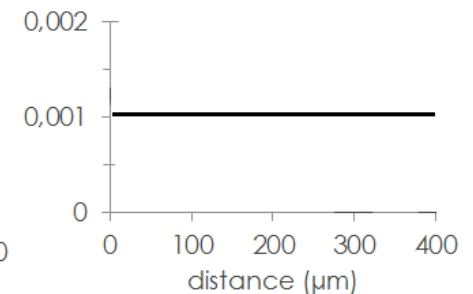
Remobilisation partielle



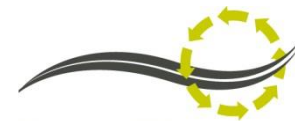
Remobilisation Totale Non homogène



Remobilisation Totale Homogène



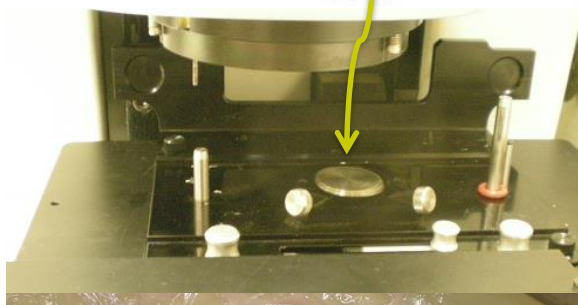
Quelle technique utiliser pour suivre l'oxydation du liant?



Microscope infrarouge PerkinElmer Spotlight 400 FTIR Imaging System

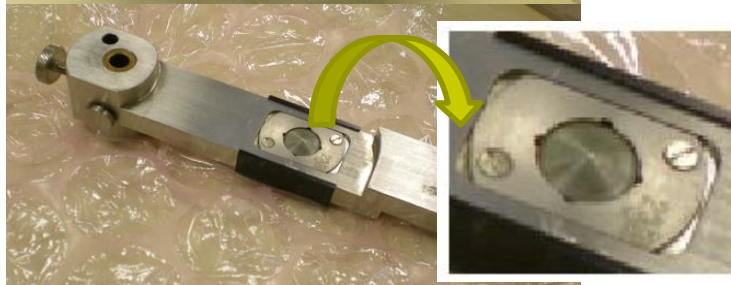


Obtention de cartographies chimiques
Répartitions spatiales 2D



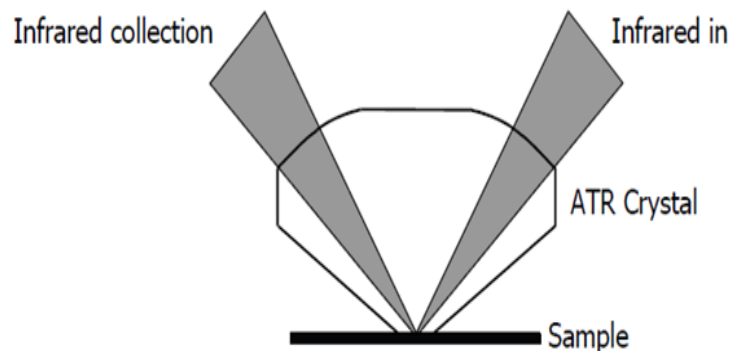
Spotlight 400 FT-IR Imaging System

Platine de positionnement de l'échantillon



Cristal ATR
Germanium
Pointe: 600 μm

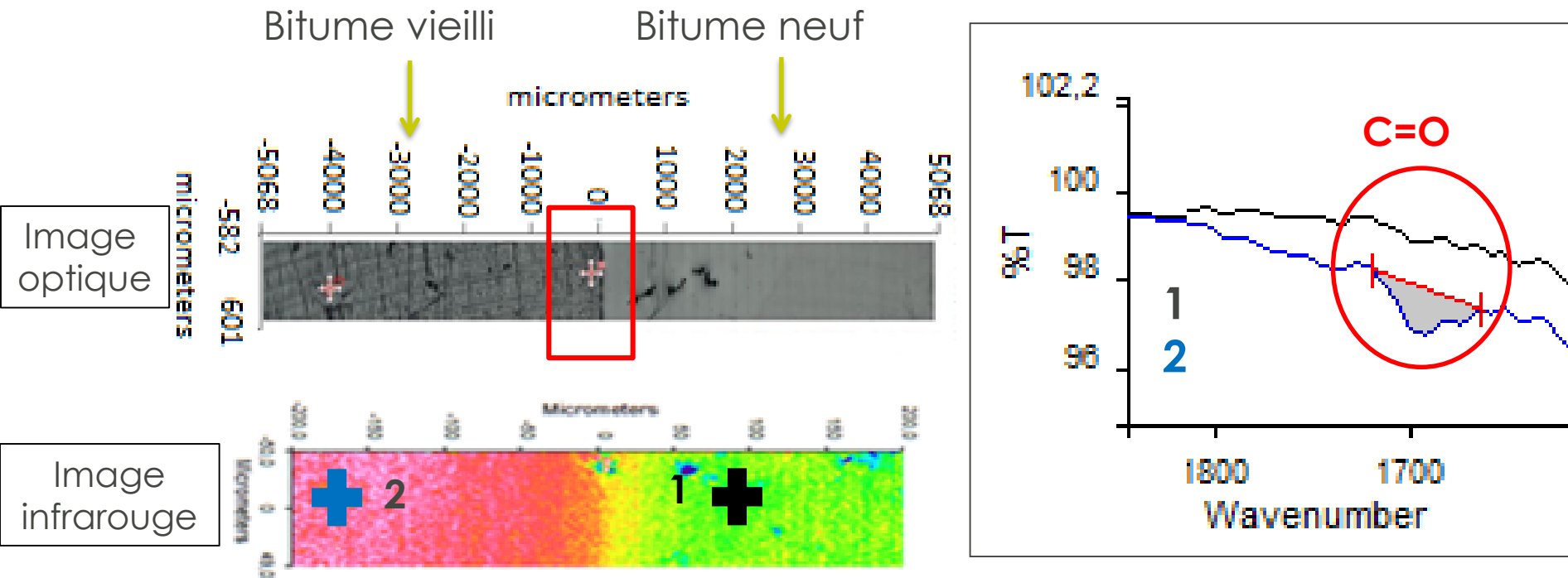
Principe: mode Imagerie ATR
(Attenuated Total Reflectance)



Comment interpréter les données infrarouges?

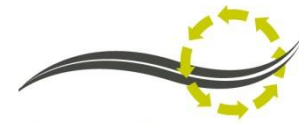


Caractérisation d'un échantillon bitume vieilli/bitume neuf

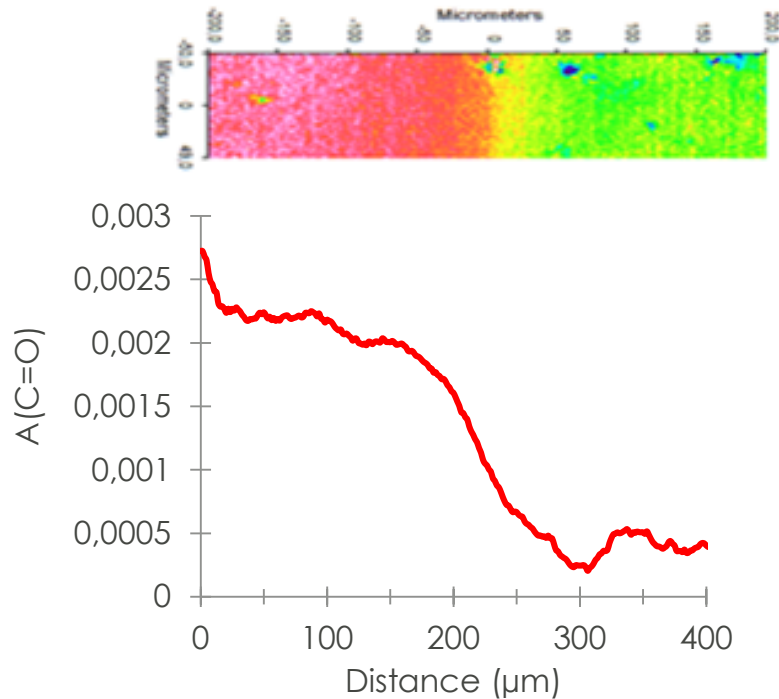


Répartition spatiale de la fonction carbonyle associée au bitume vieilli
Visualisation d'un continuum de propriétés (oxydation du bitume)

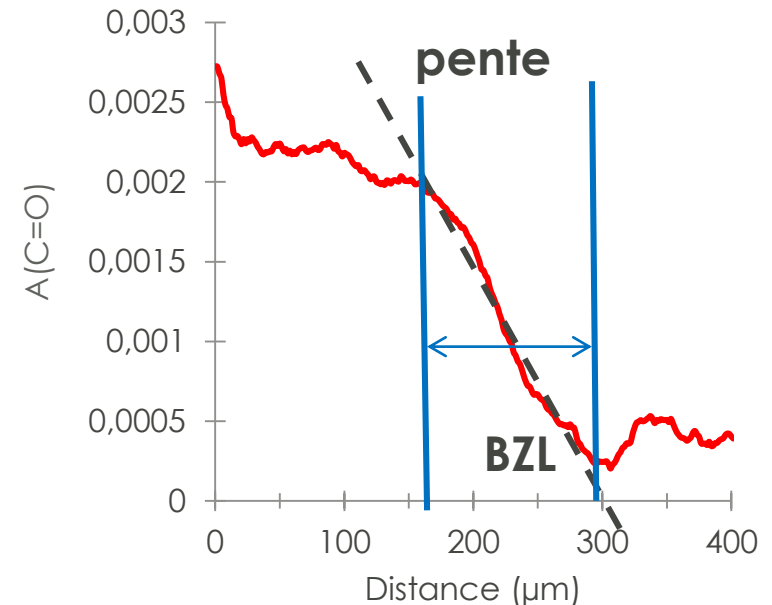
Comment quantifier la remobilisation?



- Obtention d'un profil de concentration en fonction carboneyle
- Introduction de **2 indicateurs** de remobilisation

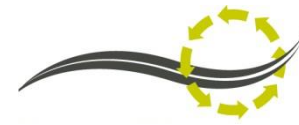


- **La pente du profil**
- **La zone de mélange (BZL)**

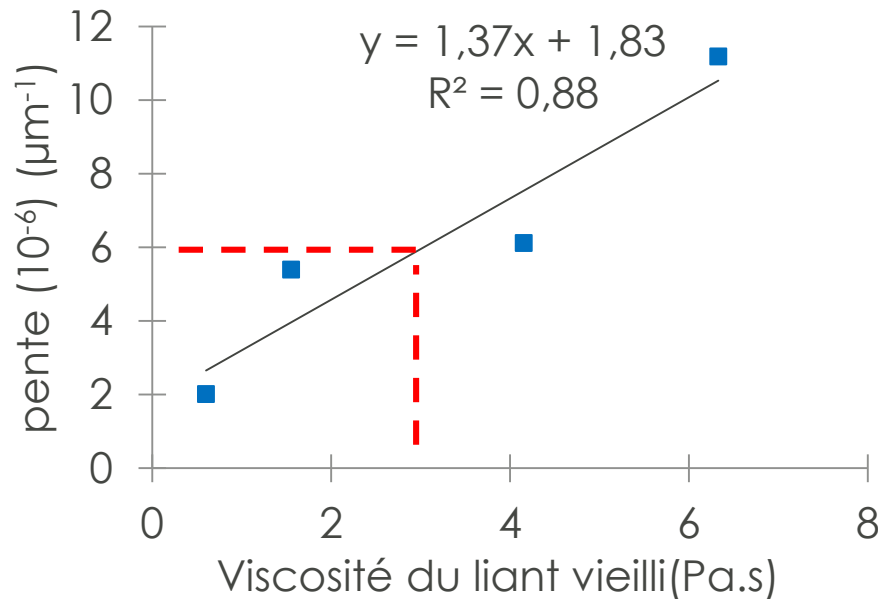


**Remobilisation effective lorsque
la pente est faible et la zone de mélange est grande**

Quels sont les paramètres influents sur les indicateurs?



Influence de la viscosité du liant vieilli



Une faible viscosité du liant vieilli améliore la remobilisation

Remobilisation totale si la viscosité du liant vieilli est inférieure à 3 Pa.s



Apport méthodologique

- Développement d'une **méthodologie innovante** à l'échelle des liants (sans apport d'énergie mécanique d'agitation)
- Mise en place d'un **traceur chimique in situ** pour suivi du mélange des liants
- Quantification de la remobilisation au moyen d'**indicateurs**
- Critère de remobilisation totale : **pente inférieure à $6.10^{-6} \mu\text{m}^{-1}$**

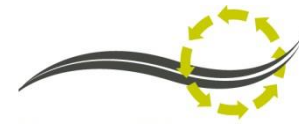
Identification des facteurs influents

- Température et viscosité du liant vieilli
- Nature des liants
- Effet du régénérant

Application/Bénéfices

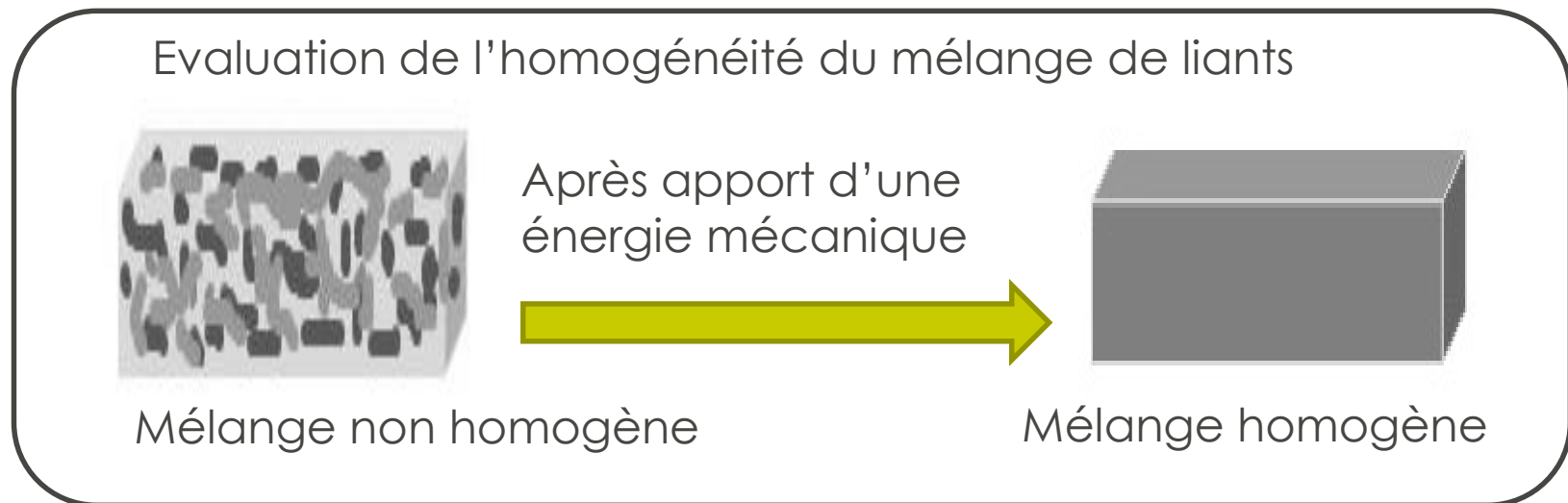
- Méthode par microscopie infrarouge pour **évaluer l'efficacité d'un régénérant**
- Information **in situ** et pas d'extraction des liants ni de solvant

Conclusion



Etape suivante

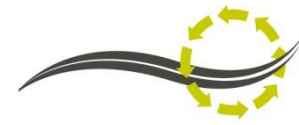
- Influence de l'apport d'énergie mécanique d'agitation sur l'homogénéité du mélange de liants



- Evaluation de l'homogénéité des liants dans les enrobés: faisabilité prouvée

Informations complémentaires

Publications



- Vassaux, S., Gaudefroy, V., Mouillet, V., Jean-Soro, L., Boulangé, L., Pévère, A., Michelet, A. & Barragan-Montero, V. Study of remobilization phenomena at « reclaimed asphalt binder/virgin binder » interphases for recycled asphalt mixtures using novel microscopic methodologies. Article à paraître prochainement dans *Construction and Building Materials*
- Vassaux, S., Gaudefroy, V., Boulangé, L., Pévère, A., Mouillet, V., & Barragan-Montero, V. (2017). Towards a better understanding of wetting regimes at the interface asphalt/aggregate during warm-mix process of asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*, 133, 182–195. <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.015>
- Vassaux, S., Gaudefroy, V., Boulangé, L., Pévère, A., Mouillet, V. (2017), Identification des paramètres affectant l'enrobage des granulats, RGRA 949, page 40-45



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Sabine Vassaux

sabinevassaux@yahoo.fr

Contacts :

Laurence Boulangé : laurence.boulange@eiffage.com

Vincent Gaudefroy: vincent.gaudefroy@ifsttar.fr

Virginie Mouillet : Virginie.mouillet@cerema.fr