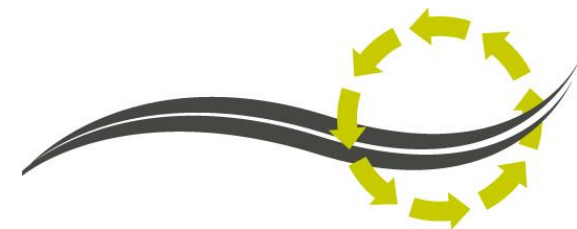


# Propriétés physico-chimiques des bitumes

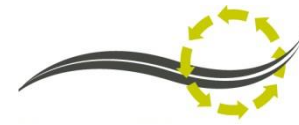
Virginie Mouillet, Cerema

L. Boulangé, Eiffage

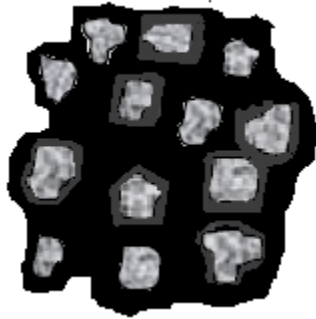
P. Marsac, Ifsttar



# MULTI-RECYCLAGE A CHAUD ET TIEDE



## Limite du potentiel de recyclabilité?

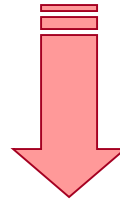


AGREGATS D'ENROBES MULTI-RECYCLES

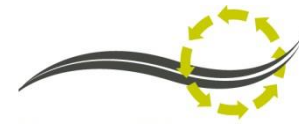
### État structurel du matériau atteint en "fin de vie"?

- procédé de fabrication « à chaud » et « tiède »
- différentes proportions d'agrégats dans le nouvel enrobé (40, 70 et 100%)
- 3 cycles de recyclage après simulation du vieillissement par la procédure RILEM

Identification des facteurs discriminants lors du multi-recyclage



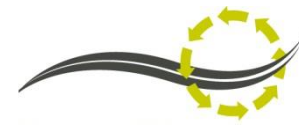
**CRITERE PHYSICO-CHIQUE LIMITE DE RECYCLAGE ?**



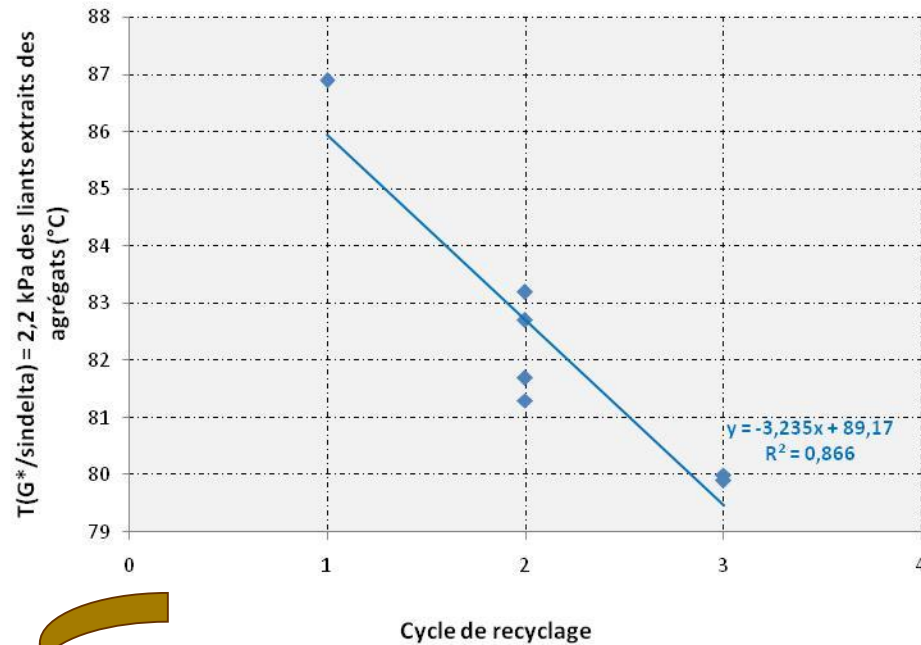
## Etat de vieillissement de la partie organique?

- État structurel du matériau atteint en “fin de vie”:
  - *mesure de la consistance du liant* (pénétrabilité à 25°C - EN 1426 - et température de ramollissement - EN 1427 -);
  - *évaluation de la qualité, nature et niveau de vieillissement du liant :*
    - Degré d'oxydation par spectroscopie infrarouge (méthode d'essai des LPC n°69)
    - Teneur en asphaltènes – insolubles dans l'heptane – (NF T 60-115)
    - Point de fragilité Fraass (EN 12593)
    - Module complexe à 15°C et 10 Hz (EN 14770)
    - Analyse SARA par technique chromatographique latroscan
- Maîtrise de la reproductibilité des essais:
  - *une caractéristique mesurée par un seul et même laboratoire* pour l'ensemble des liants extraits
  - homogénéisation des liants avant analyse à une même température (180°C)

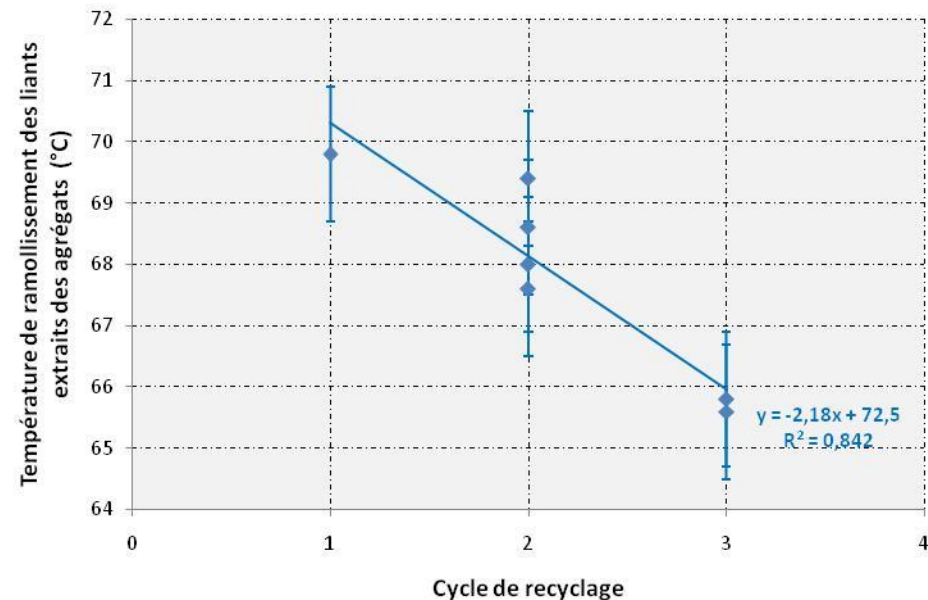
# PROCEDURE RILEM DE SIMULATION DU VIEILLISSEMENT SUR SITE (1)



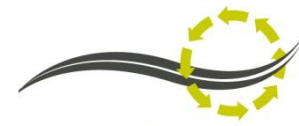
Effet sur les caractéristiques des enrobés vieillis?



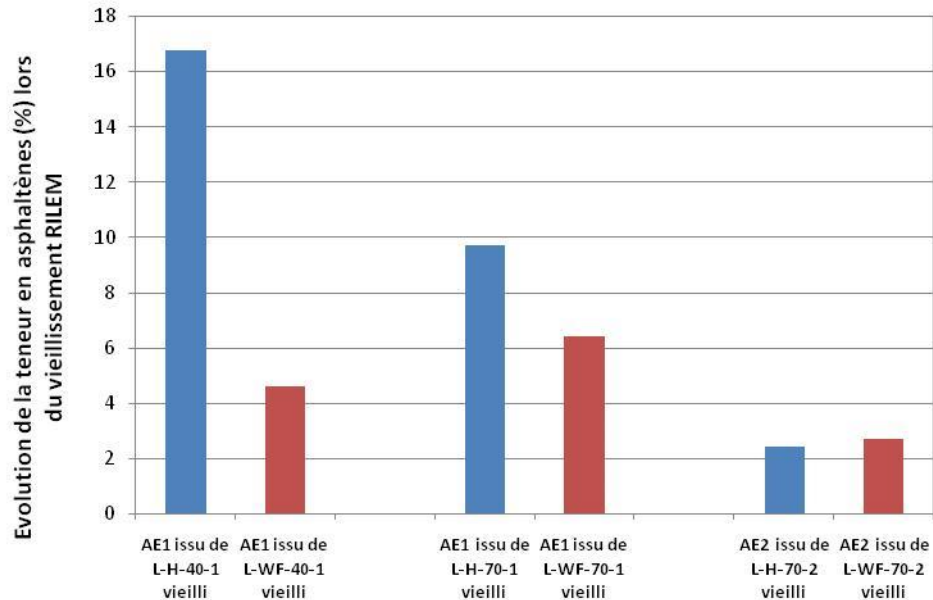
**Ramollissement du liant des agrégats obtenus (dû à la dilution de l'AE0 initial et à l'ajout de liant d'apport) quels que soient le procédé ou la proportion d'agrégats déjà présente**



# PROCEDURE RILEM DE SIMULATION DU VIEILLISSEMENT SUR SITE (2)

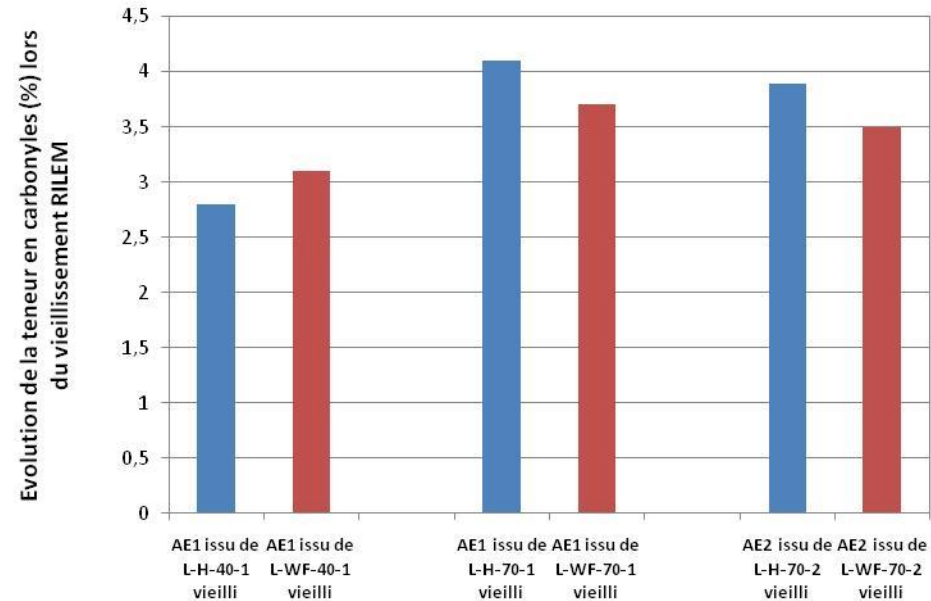


## Effet sur les caractéristiques des enrobés vieillis?

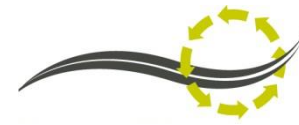


Faible accroissement en asphaltènes pour des taux élevés d'agrégats déjà présents et un cycle poussé de recyclage

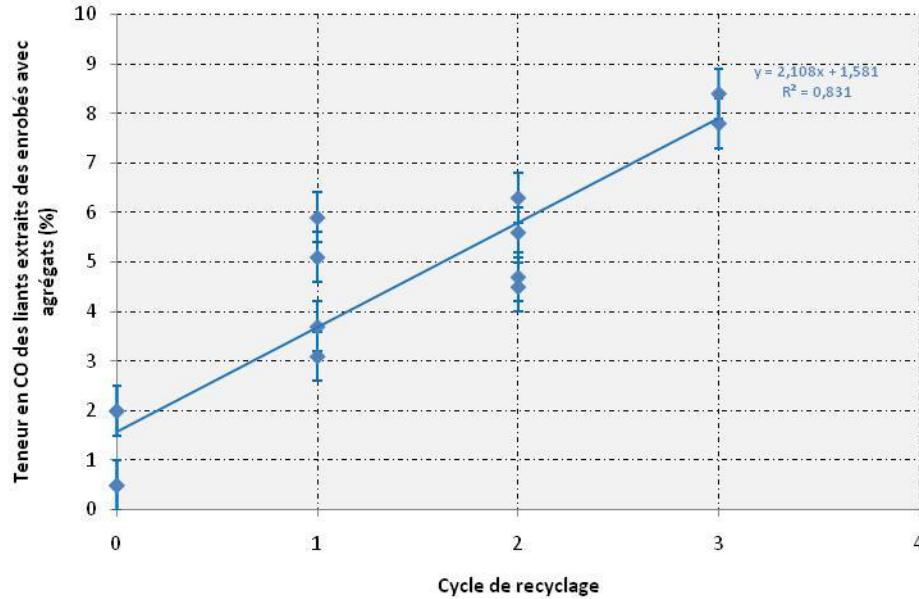
Forte évolution de la teneur en carbonyles pour des taux importants d'agrégats déjà présents et une température d'enrobage élevée



# IMPACT DU CYCLE DE RECYCLAGE



Effet sur les caractéristiques des enrobés multi-recyclés?

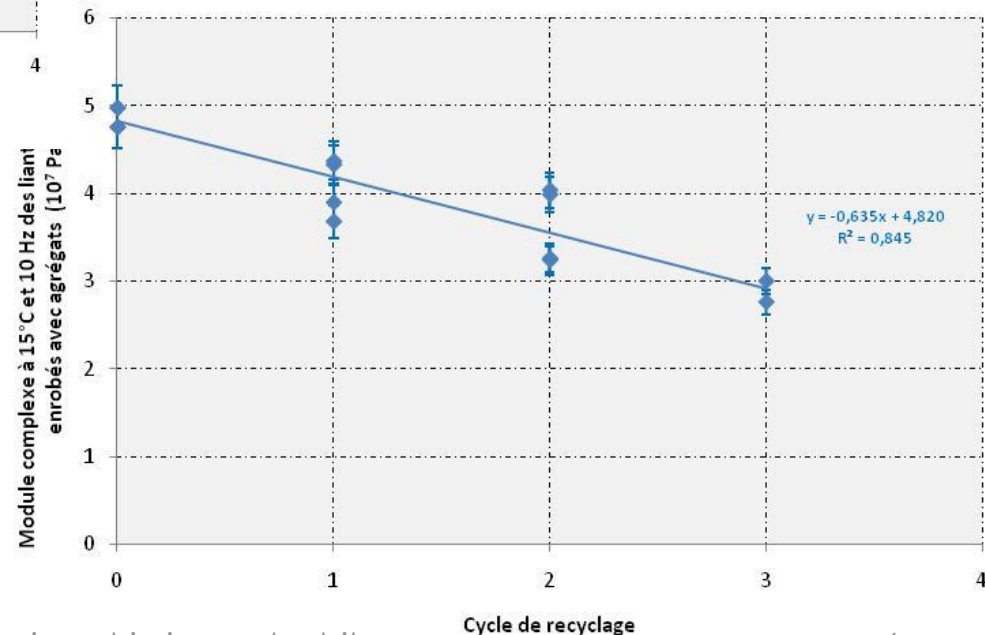


Augmentation de la teneur en carbonyles avec le cycle de recyclage quels que soient le procédé et le taux d'ajout d'agrégats



Diminution du module complexe à 15°C et 10 Hz en fonction du cycle de recyclage quels que soient le procédé et le taux d'ajout d'agrégats

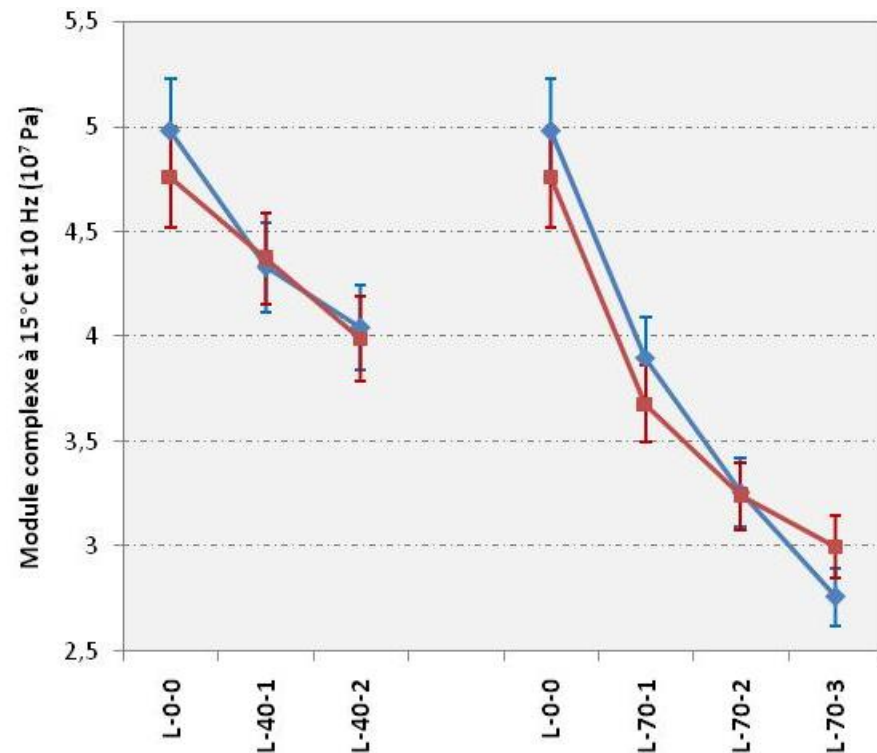
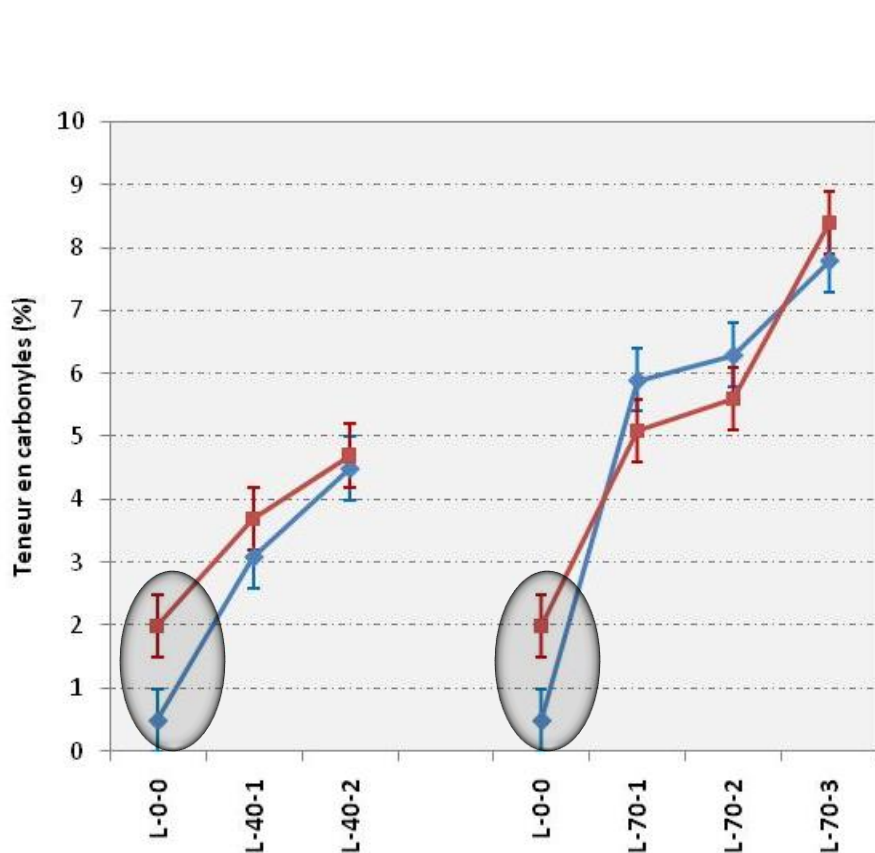
➤ surcompensation du raidissement du liant vieilli des agrégats par ajout du liant d'apport?



# IMPACT DU PROCEDE DE FABRICATION

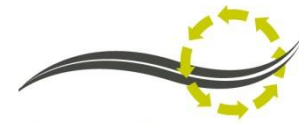


Effet sur les caractéristiques des enrobés multi-recyclés?

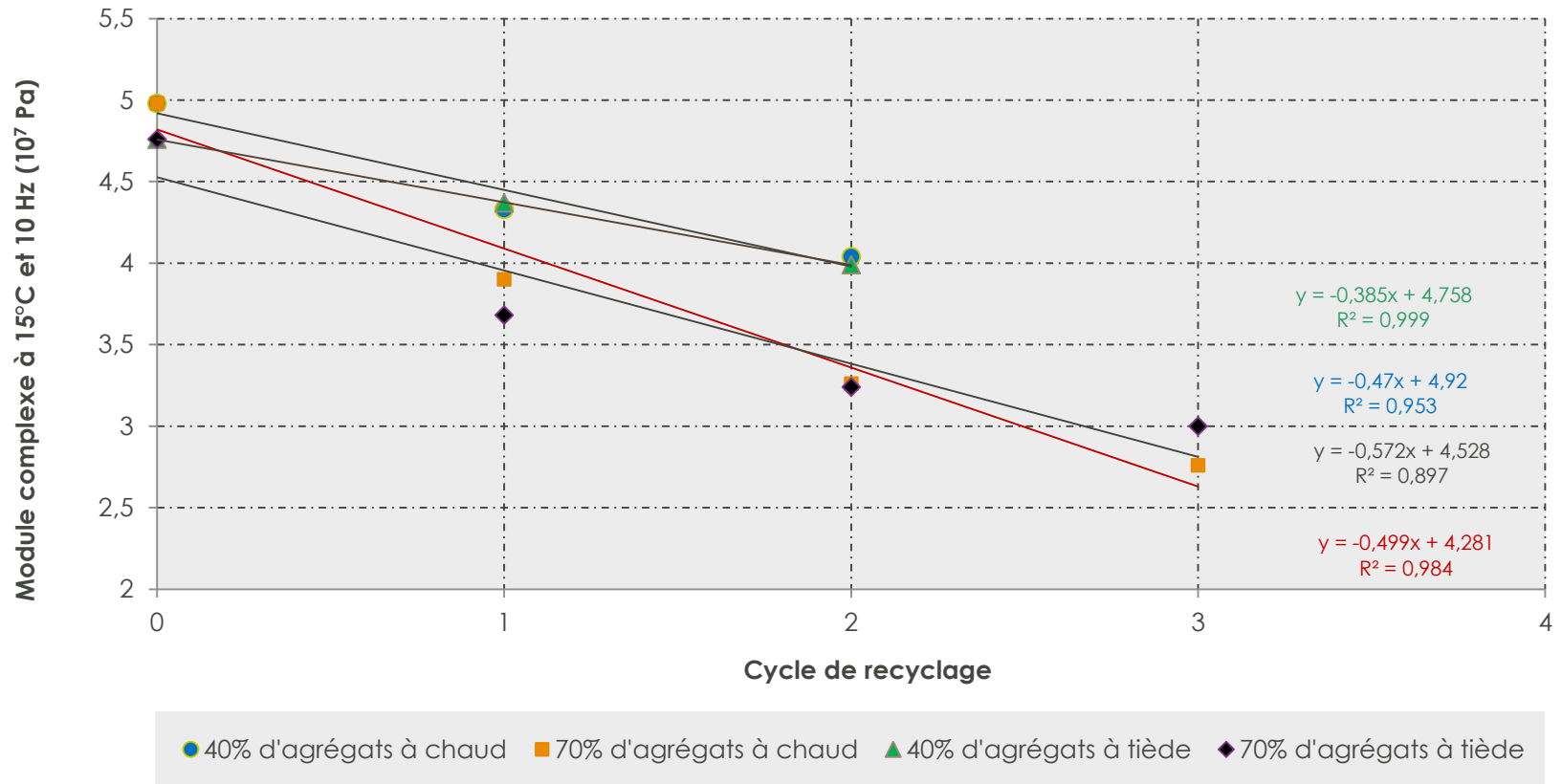


**Impact global du procédé de fabrication peu significatif, quels que soient le taux d'ajout d'agrégats et le cycle de recyclage concerné**

# DISCUSSION (1)



Quels facteurs discriminants pour le multi-recyclage?

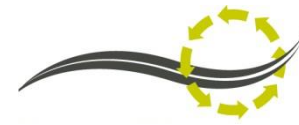


**Décroissance du module complexe à 15°C / 10 Hz des liants extraits en fonction du cycle de recyclage :**

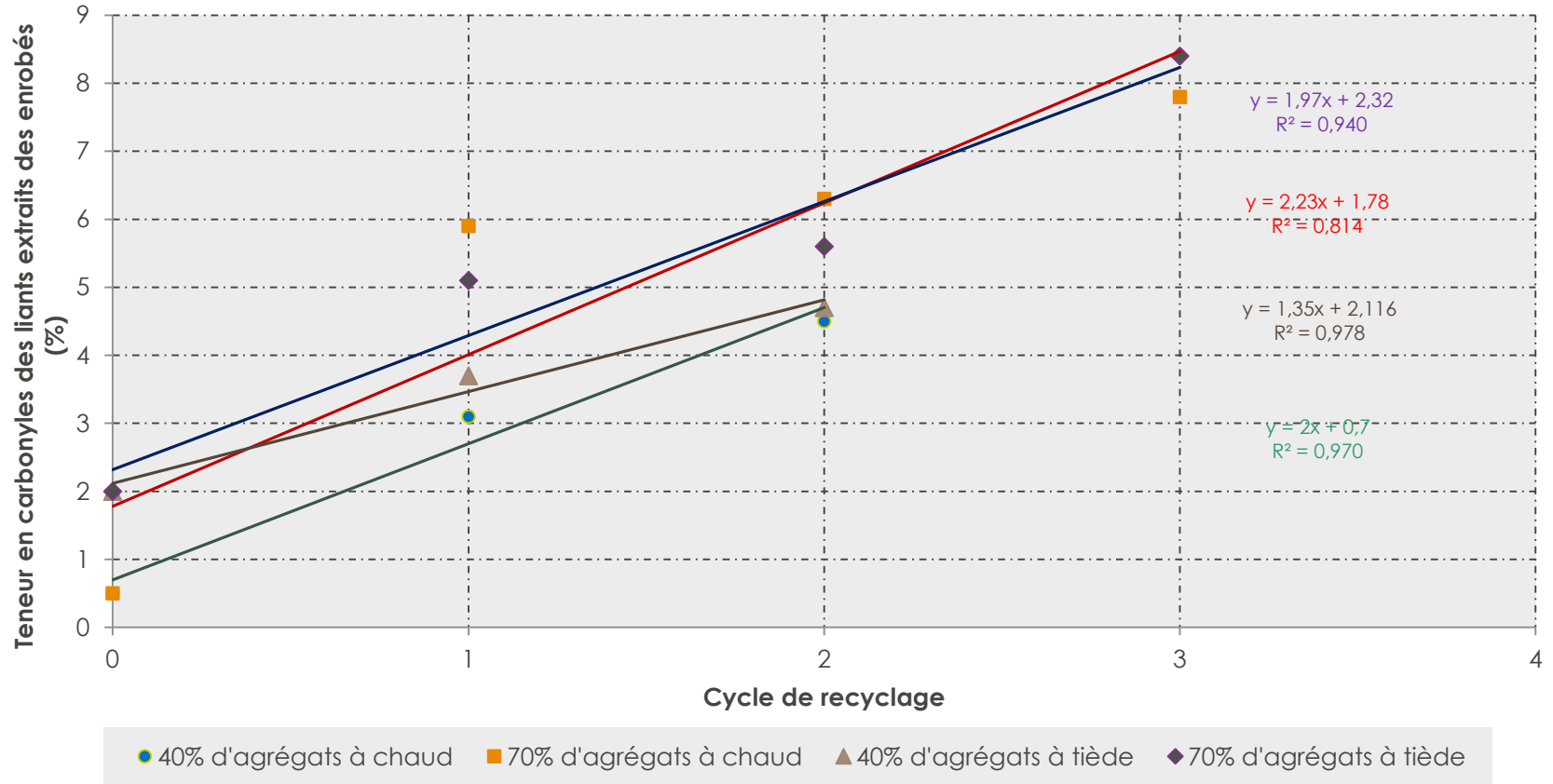
**40% agrégats à tiède < 40% agrégats à chaud < 70% agrégats à chaud < 70% agrégats à tiède**



# DISCUSSION (2)



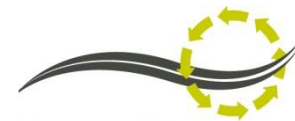
## Quels facteurs discriminants pour le multi-recyclage?



**Augmentation de la teneur en carbonyles des liants extraits en fonction du cycle de recyclage :**

**40% agrégats à tiède < 70% agrégats à tiède < 40% agrégats à chaud < 70% agrégats à chaud**

# DISCUSSION (3)



Liens avec les évolutions observées sur les chantiers du PN MURE?

Cycle de recyclage	Enrobé fabriqué en laboratoire <b>Enrobé appliqué sur chantier</b>	Paramètre	Teneur en carbonyles (%)	G* à 15°C / 10 Hz (10 <sup>7</sup> Pa)
1	L-H-0-0	sans ajout d'agrégats	0,5	4.98
<b>1</b>	<b>S-H-0-0</b>		<b>0,4</b>	<b>5.01</b>
2	L-H-70-1	après ajout de 70% d'agrégats	11,1	3.90
<b>2</b>	<b>S-H-70-1</b>		<b>2,7</b>	<b>3.29</b>
2	L-WF-70-1	après abaissement de la température	5,1	3.68
<b>2</b>	<b>S-WF-70-1</b>		<b>2,3</b>	<b>3.71</b>

Ajout d'agrégats d'enrobés

Augmentation de la teneur en carbonyles plus importante pour la fabrication de laboratoire

Abaissement de la température

Diminution de la teneur en carbonyles plus importante pour la fabrication de laboratoire

Formules à chaud et tiède appliquées sur site

Pas de différences significatives

# CONCLUSIONS



Critère physico-chimique à retenir pour le multi-recyclage?



## TENEUR EN CARBONYLES

### Hypothèse :

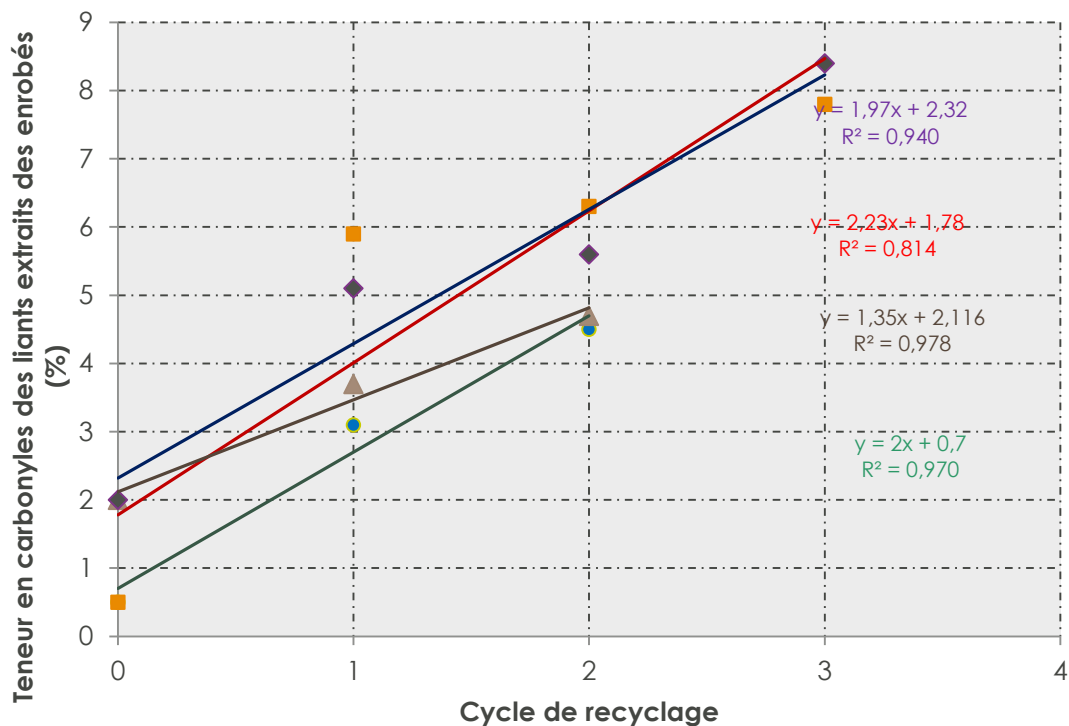
AE0 avec une teneur en carbonyles de 9% = état moyen de fin de vie d'un enrobé

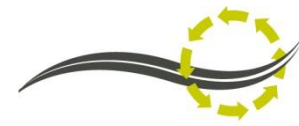


✓ pour un ajout de 70% d'agrégats à chaud ou tiède, limite atteinte après 3 cycles de recyclage

✓ pour un ajout de 40% d'agrégats à chaud ou tiède, limite atteinte après 4 cycles de recyclage

(tout paramètre de fabrication et formulation équivalent)





# MERCI DE VOTRE ATTENTION

