

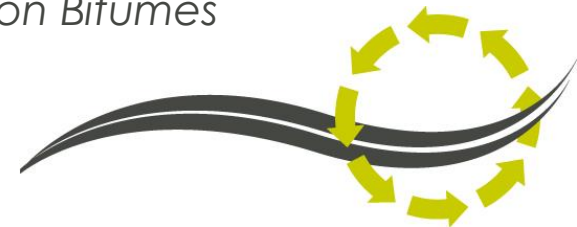
Projet National MURE

Journée d'échanges

« Apport des régénérants dans le recyclage des enrobés »

*Retours d'expériences France :
utilisation sur un chantier
autoroutier*

M. Mouazen & O. Moglia – TOTAL MS – Direction Bitumes



PN MURE - ANR IMPROVMURE

Organisation du chantier

Autoroute A29



- ⇒ Section avec Régénis® 3010 (grade 50/70)
 - Date : mardi 04/09/2012
 - Repérage section : du PR99+100 au PR101+500
- ⇒ Section de référence avec le Multigrade 35/50
 - Date : mercredi 05/09/2012
 - Repérage section : du PR101+500 au PR104+400

N.B. : pour chaque section :

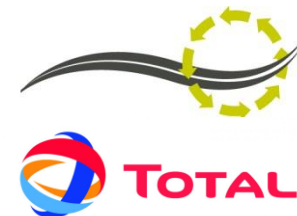
- Mise en œuvre d'une même formule : BBME avec 50% d'agrégats d'enrobé
- Présence du CETE Normandie (Centre/LRR /GID) pour récupération :
 - d'enrobés foisonnés
 - de plaquesen vue d'essais d'orniérage, de module et de fatigue

| Liant | Essai | PCG (V60) | Duriez | Orniéragé* (30 000 cycles) | Module (15°C, 10 Hz) | | Fatigue (10 ⁶ cycles) | |
|----------------|----------------------|--------------|--------|----------------------------------|-------------------------|-----|-------------------------------------|-----|
| | Unité | % vide | - | % | MPa | % | μ def | % |
| | Spéc. BBME 0/10 CI 3 | 5 < x < 10 | > 0,80 | < 5 | > 11 000 | | > 100 | |
| Regenis® | chantier | 6,5 | 0,98 | f : 4,4 F : 4,2 | 12 109 | 4,9 | 105 ± 3 | 5,4 |
| | laboratoire | 7,4 | 0,97 | f : 4,2 F : 3,9 | 12 349 | 5,0 | 100 ± 6 | 4,1 |
| Multigrade | chantier | 8,4 | 0,98 | f : 3,5 F : 3,2 | 9 345 | 5,0 | 158 ± 5 | 5,3 |
| | laboratoire | 5,8 | 0,89 | f : 3,2 F : 2,8 | 8 597 | 7,0 | 144 ± 9 | 5,4 |
| AZALT 50/70 | Laboratoire | 6 | 0,96 | f : 2,7 F : 2,8 | 9571 | 5,5 | 103 ± 4 | 5,1 |

- ⇒ Très bonne corrélation entre labo et chantier
- ⇒ L'enrobé à base de Régénis est meilleur en module par rapport à ceux à base de Multigrade et AZALT 50/70, par contre il est moins bon en fatigue par rapport au multigrade

Etude liant

Vieillessement labo



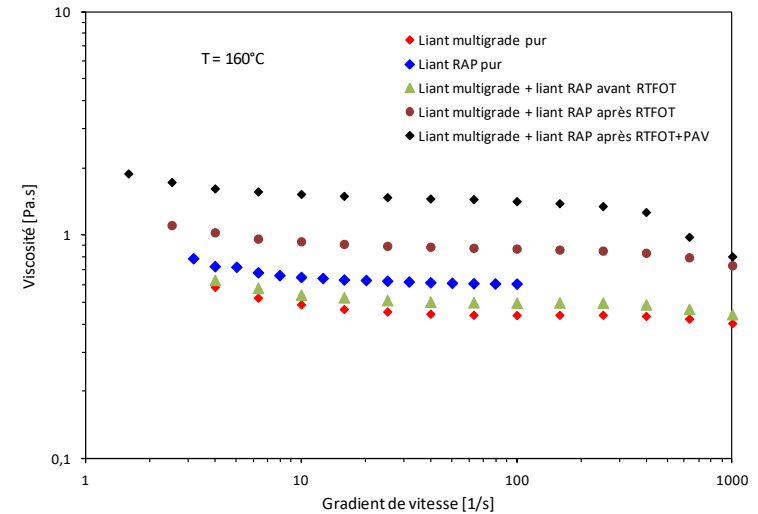
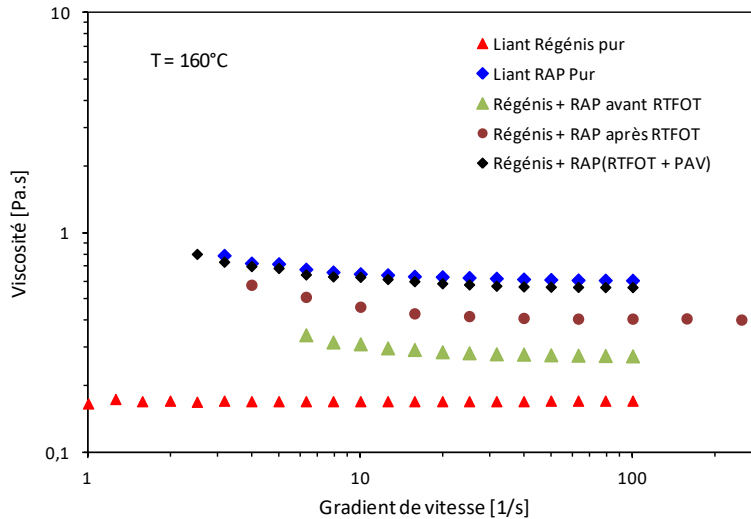
- Les trois mélanges labo ont été effectués selon la formule suivante : 40% du liant RAP + 60% de liant d'ajout (hypothèse de remobilisation est 80%)

| | Mélange vierge | | | Mélange avec RTFOT | | | Mélange avec RTFOT et PAV | | |
|--------------------------------|----------------|----------|-------------|--------------------|-------------------|----------|---------------------------|----------|-------------|
| | Péné (1/10 mm) | TBA (°C) | Fraass (°C) | Péné (1/10 mm) | Péné restante (%) | TBA (°C) | Péné (1/10 mm) | TBA (°C) | Fraass (°C) |
| Multigrade + liant RAP | 21 | 66.7 | -12 | 17 | 78 | 73.2 | 13 | 80.6 | -5 |
| Régénis + liant RAP | 25.5 | 56.2 | -9 | 20 | 79 | 60.1 | 14 | 65.8 | -4 |
| Azalt 50/70 + liant RAP | 28 | 57.9 | -14 | 22 | 77 | 63.6 | 15 | 69.6 | -5 |

- Une tendance au vieillissement plus importante avec le Multigrade
- Régénis est le moins sensible au phénomène du vieillissement
- Tendances faibles

* Mélanges et essais réalisés par le CETE Rouen

Régénis

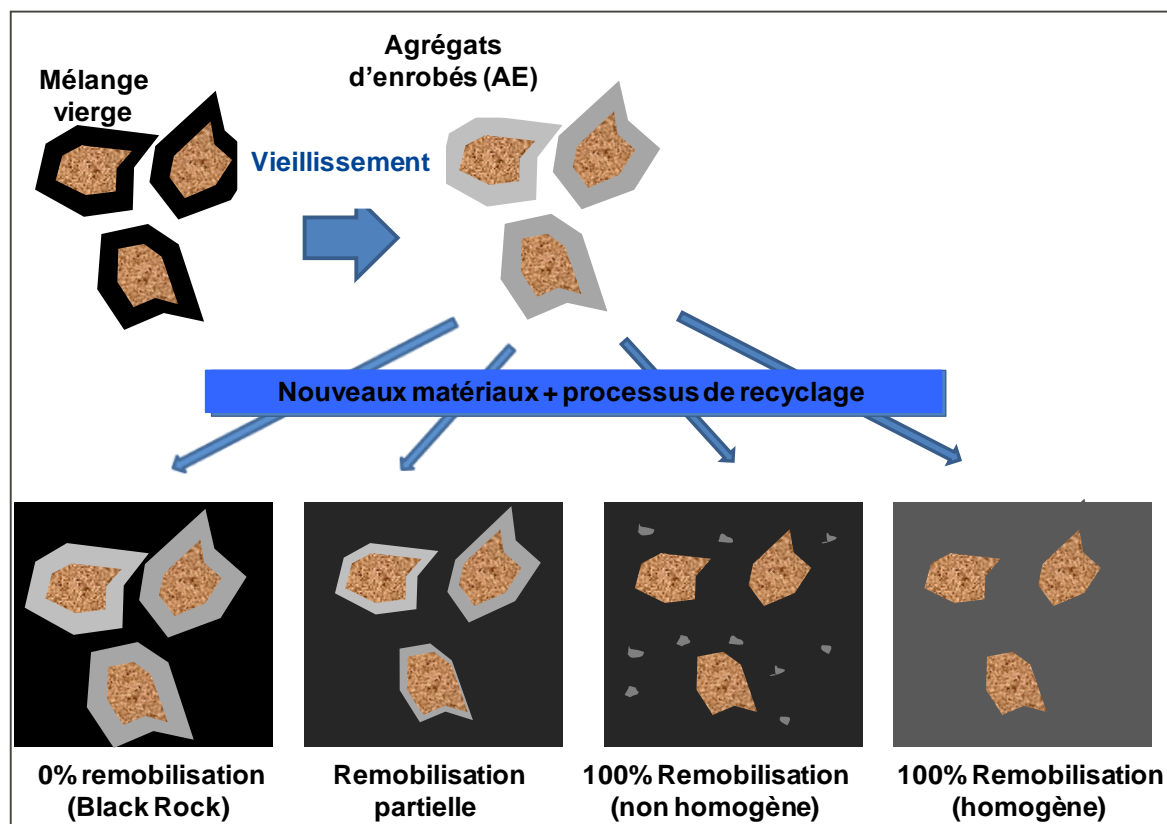


- Après PAV : $\eta(\text{Régénis} + \text{RAP}) \approx \eta(\text{RAP pur})$ dû à la faible viscosité du Régénis pur (ralentit le vieillissement du RAP) : **un liant vieilli deux fois possède la même viscosité qu'un liant vieilli une seule fois**
- Après PAV : $\eta(\text{Multigrade} + \text{RAP}) \approx 2.5 \eta(\text{RAP pur})$. Le liant plus dur → fissuration
- Propriétés à froid après vieillissement (Régénis) sont plus performantes que celles avec Multigrade : moins de fissuration.

* Essais réalisés par le centre de Recherche (CReS) de Total MS

Définition du taux de remobilisation

- Le taux de remobilisation du liant vieilli est défini comme la proportion du liant de l'AE (agrégat d'enrobé) qui contribue effectivement à jouer le rôle de liant dans le mélange contenant le recyclât.
- Selon la littérature, le taux de remobilisation peut varier en fonction de (nature du liant d'apport, compatibilité entre le liant vieilli et le liant d'apport, température d'enrobage, temps de malaxage, etc...).



Détermination du Taux de remobilisation

Par rhéologie – Régénis

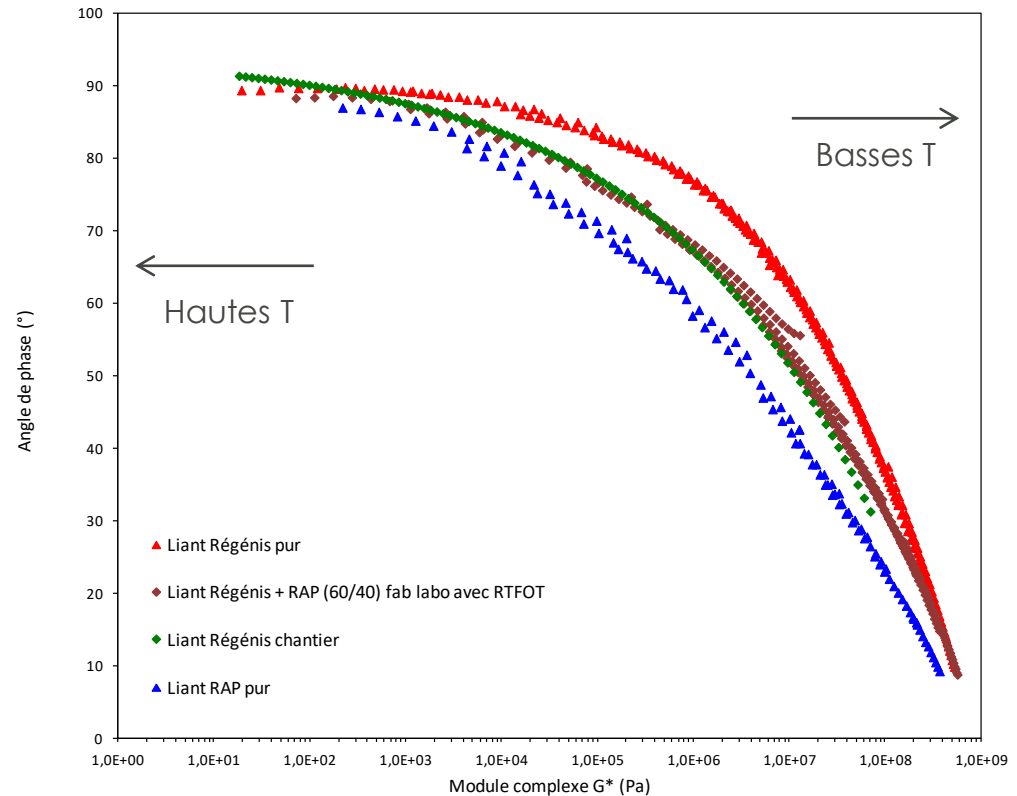


☉ Méthode réalisée :

- 1) Balayage en fréquence (G' vs. ω) à différentes températures de -10 à 100°C dans le domaine de linéarité
- 2) Traçage de données brutes (Angle de phase δ vs. Module complexe G^*) selon le mode diagramme de black

☉ Rappel :

- Régénis Chantier = 50% RAP + 50% Régénis
- Régénis Labo = 40% RAP + 60% Régénis



Très bonne superposition entre chantier et labo
RTFOT est vraiment corrélé avec l'enrobage centrale
Taux de régénération ?

* Essais réalisés par le centre de Recherche (CReS) de Total MS

Détermination du Taux de remobilisation

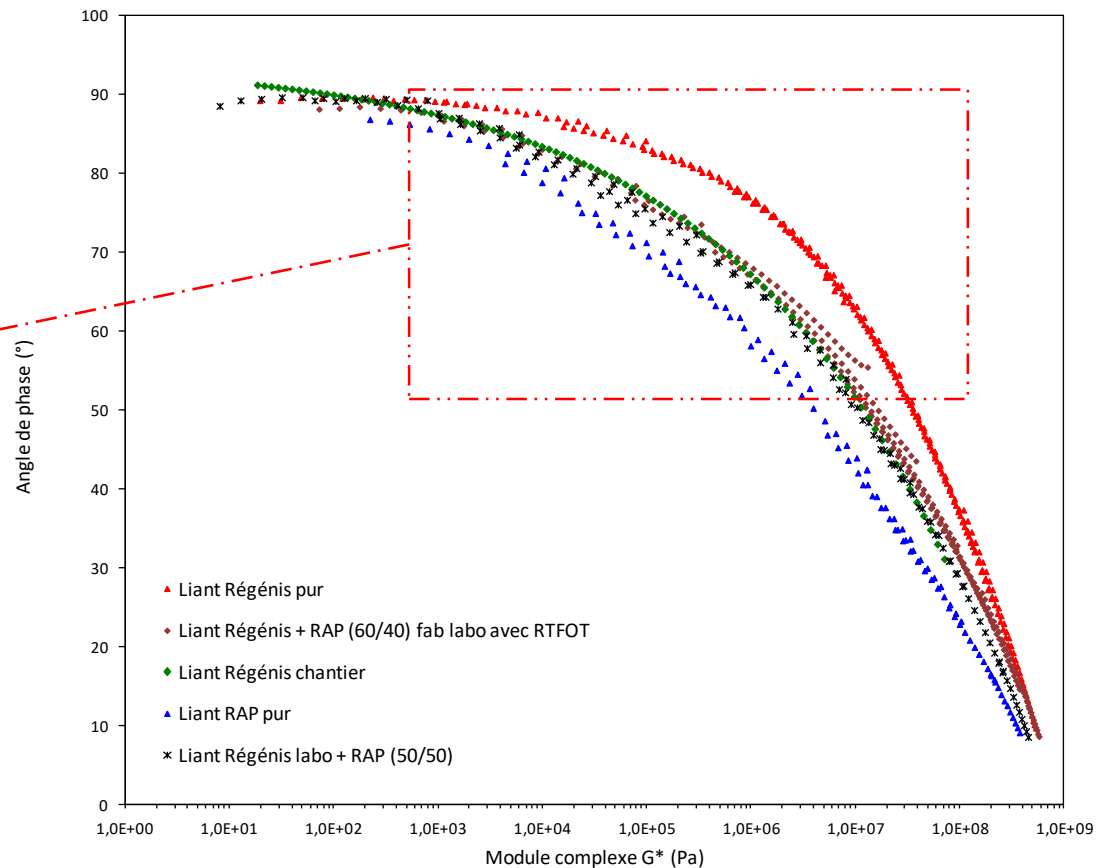


Par rhéologie – Régénis



Rappel :

- Chantier = 50% liant RAP + 50% liant Régénis
- Labo = 40% liant RAP + 60% liant Régénis après RTFOT
- Labo = 50% liant RAP + 50% liant Régénis après RTFOT



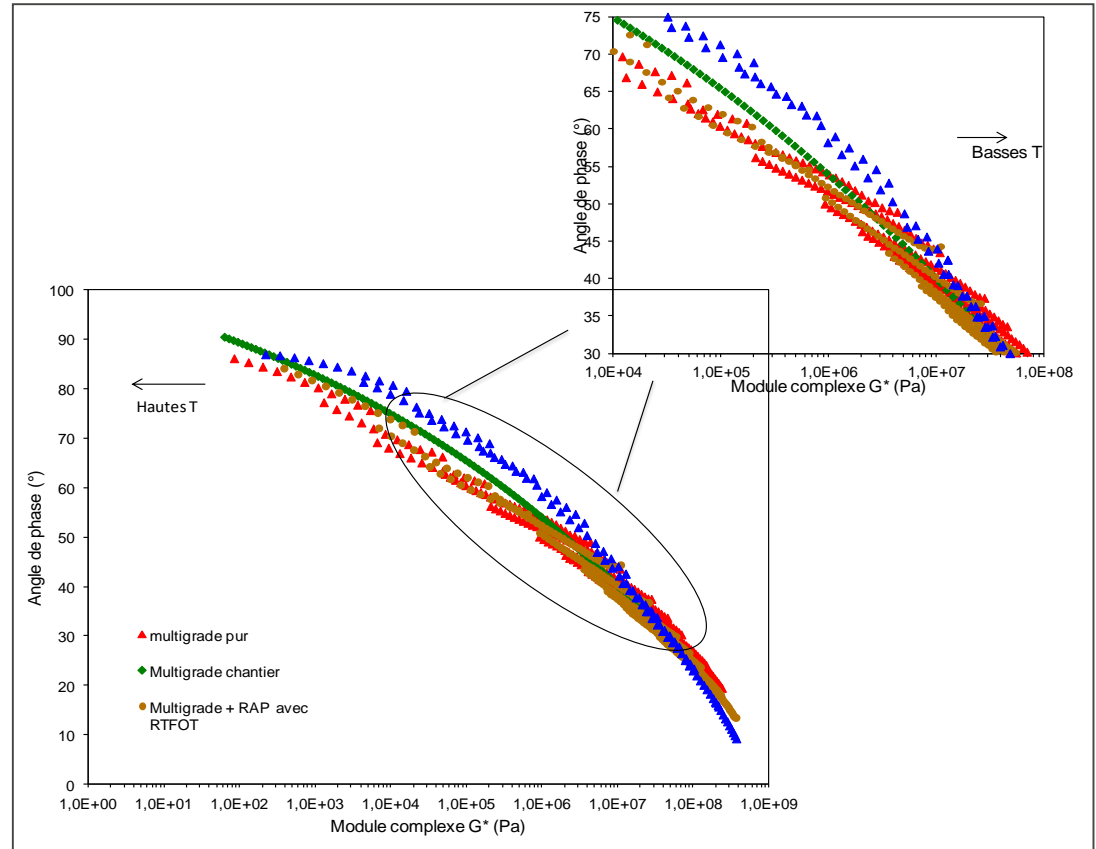
Le taux de remobilisation est compris entre 80 et 100 % mais il est voisinage de 80%.

Taux de remobilisation

Par rhéologie - Multigrade



- La superposition est mauvaise avec le multigrade et le diagramme de Black n'est donc pas applicable
- Le mélange « Multigrade/liant des AE » « chantier » ou « laboratoire » possède un comportement plus visqueux que le liant des AE purs. Cela est probablement dû à la viscosité élevée du multigrade
- Le pourcentage de remobilisation est difficilement déterminable (cas de multigrade) → teneur de remobilisation plus faible



Conclusions

- ⇒ Une très bonne corrélation entre les deux échelles (lab et chantier) est remarquée.
- ⇒ Une résistance à l'eau à l'orniérage similaire pour tous les échantillons.
- ⇒ Le mélange avec le liant réjuvenant présente un meilleur module mais une résistance à la fatigue inférieure comparativement au bitume multigrade.
- ⇒ Grâce à l'utilisation d'un liant réjuvenant, l'évolution du vieillissement du liant reconstitué est réduite.
- ⇒ Un pourcentage de remobilisation entre 80 et 100% pour le mélange contenant liant réjuvenant TOTAL.
- ⇒ Ce pourcentage étant plus faible pour les autres liants étudiés et dans certains cas est difficilement déterminable (cas de multigrade).

Perspectives

- ⇒ Dans la continuité de ce projet et dans le but de vérifier les résultats obtenus à l'échelle du laboratoire, une série de carottage sur la voie sera réalisée en septembre 2017 (5 ans après la mise en service).
- ⇒ Une seconde série de carottage est planifiée pour 2019 afin de confirmer les résultats obtenus et évaluer le vieillissement à long terme.
- ⇒ En complément d'autres essais plus sophistiqués seront prochainement lancés à l'échelle du laboratoire pour confirmer les taux de remobilisation du liant vieilli dans le produit final.