

Approche méthodologique pour la formulation d'enrobés bitumineux à chaud à fort taux d'agrégats d'enrobés

Frédéric DELFOSSE
Eurovia - Centre de recherche

Formulation d'un enrobé à chaud à base d'AE

Contexte normatif

NF EN 12591 : Classe des bitumes routiers

NF EN 14023 : Bitumes modifiés polymères

pr EN 13924 : Bitumes durs

NF 13108-8 : Agrégats d'enrobés

NF P 90150-1:

Enrobés hydrocarbonés à chaud –
Constituants, formulation, transport,
mise en œuvre et contrôle sur chantier

NF EN 13108-1 :

Spécifications des enrobés bitumineux à
chaud

Guide technique d'utilisation des normes pour enrobés à chaud : 40 %AE

En COURS : Guide IDRRIM, Projet PN Mure

➔ En France, nombreux chantiers réalisés avec des teneurs > 30 %
(y compris en couche de roulement)

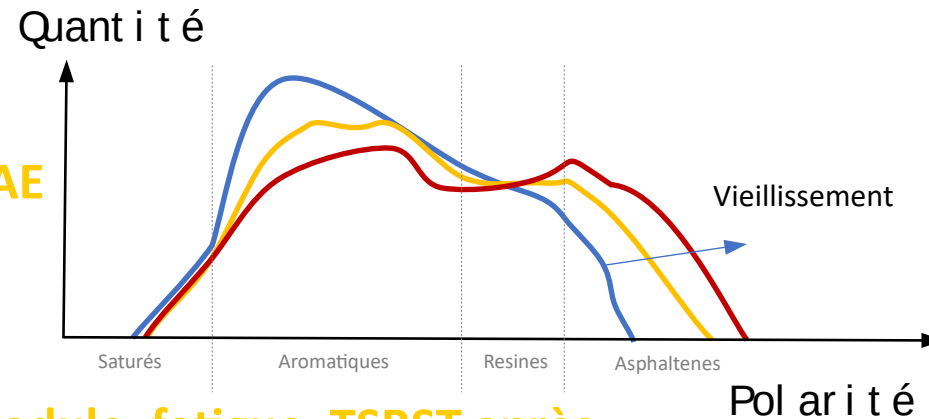
Les Points bloquants ?

• Principale inquiétude : Durabilité équivalente ?


- Impact de la remobilisation des liants ?
- Les essais conventionnels liants sont ils suffisants pour valider une approche méthodologique avec des bitumes oxydés provenant d'AE ?
- Est-ce que les essais réalisés sur enrobés sur des performances initiales (Module, fatigue,...) sont suffisants pour garantir la durabilité des enrobés (comportement viscoélastique des enrobés après vieillissement, problème de fissuration...)
- ...

Approche méthodologique avec fort taux AE

- Thèse Faycal Lahjiri (soutenance mi 2020) : Etude de l'impact physico-chimique des liants dits « régénérants » sur la constructibilité (performance et durabilité des enrobés recyclés) :
 - Comparaisons de la composition chimique bitume/liant AE (SAR AD, GPC, SAX, Ico...)
 - Comportement rhéologique de liants à différentes teneurs en AE selon des critères SHRP sévérés (2 PAV pour couches de roulement)
 - Comportement des enrobés (Module, fatigue, TSRST après vieillissement Rilem)
 - Les régénérants ? Intérêts ? Impact sur la durabilité en fonction de la nature chimique ?



Approche méthodologique avec fort taux AE

Propriétés	Enrobés		Liant (total)
Compactabilité	NF EN 12697-31	Corrélations ? Impact nature du granulat ? Formule de l'enrobé ? 	Viscosités à la température d'enrobage et de compactage
Adhésion	NF EN 12697-12		Polarité (ajustement avec dope d'adhésion)
Orniérage	NF EN 12697-22		Bitume pur : TBA, DSR à 60°C, ... BmP : MSCR, ...
Module	NF EN 12697-26		$G^*(T,f)$
Fatigue	NF EN 12697-24		LAS, Susceptibilité au temps de charge à 10°C
Basse température	NF EN 12697-46 (TSRST)		BBR, DSR (cycles de vieillissement)

- **Limite approche enrobés :**

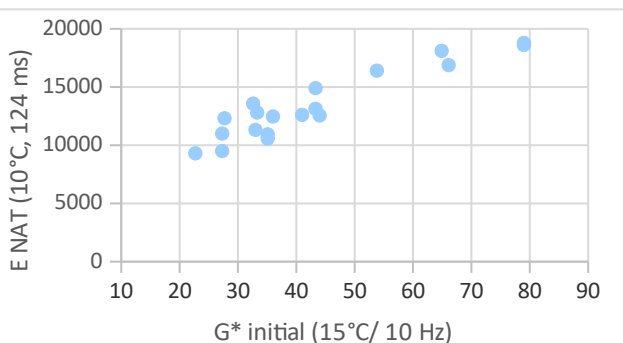
- Concept basé sur des corrélations empiriques avec pénétrabilité/ TBA (bitumes purs et BmP).
- Aucun essai est réalisé après vieillissement (couche roulement) pour qualifier les propriétés à basse température, fissuration...

- **Limite approche liants :**

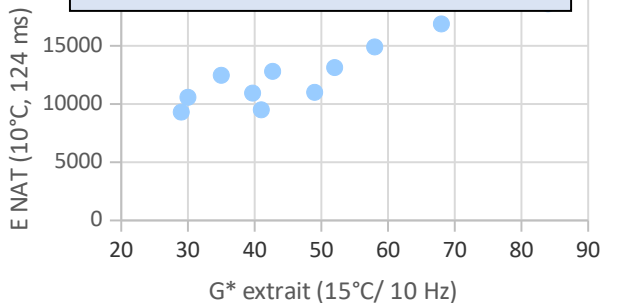
- Pas d'interaction avec granulats (impact nature additifs ?), non prise en compte des paramètres de formulation enrobé (TL, % vide) et du type d'enrobé / (roulement, base ...) ...

Approche méthodologique avec fort taux AE

- Exemple : Module de rigidité de l'enrobé



Enrobés avec VMA/ VFA identiques
mais différents couples bitumes/ granulats



- Très bonne corrélation :

$$\underline{E_{NAT}(10^{\circ}\text{C}, 124\text{ ms}) = f(G^*(15^{\circ}\text{C}, 10\text{ Hz}))^*}$$

* à VMA et VFA constants

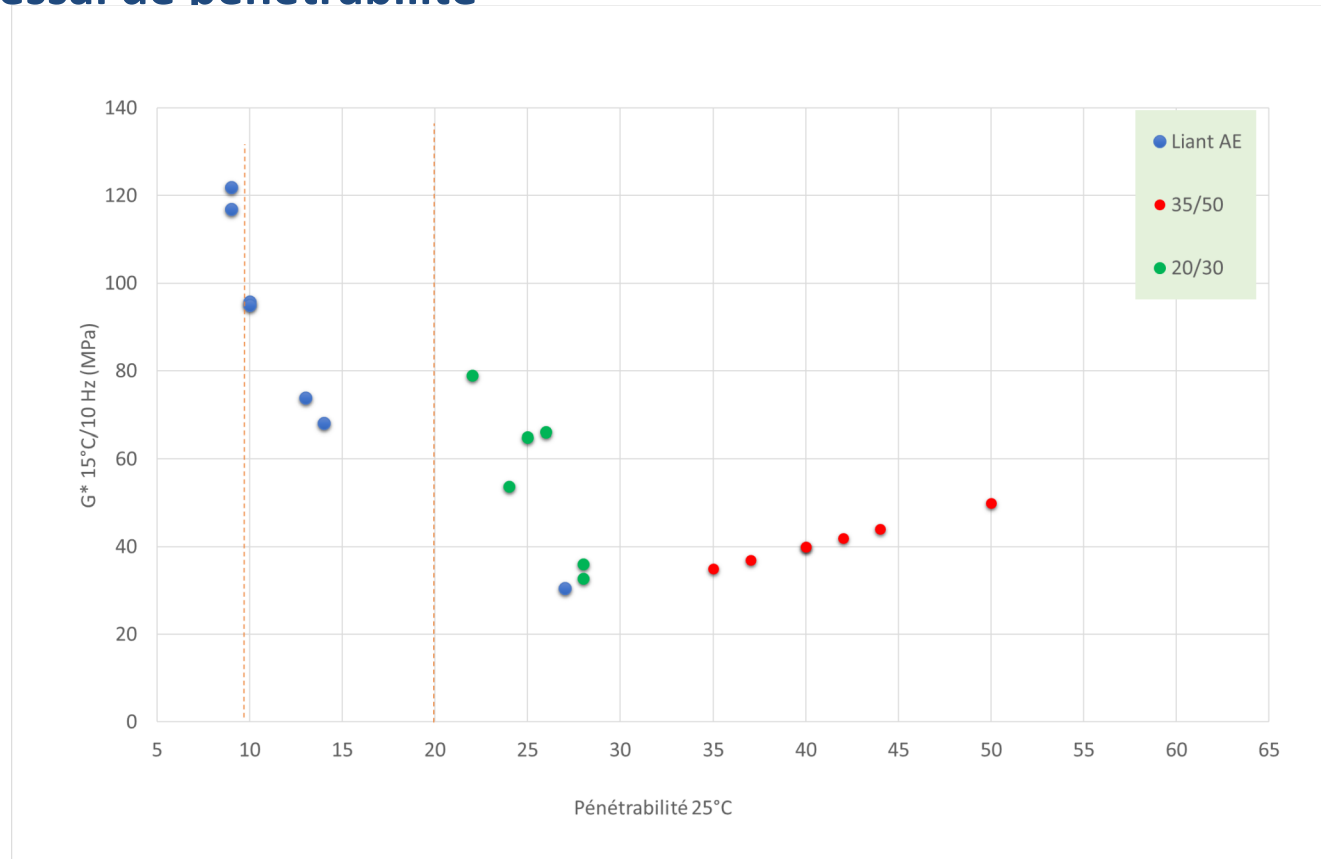
- Différents modèles au niveau international pour intégrer les variations de formulation :

$$\underline{E_{NAT}(10^{\circ}\text{C}, 124\text{ ms}) = f(G^*(15^{\circ}\text{C}, 10\text{ Hz}), \text{VMA}, \text{VFA})^*}$$

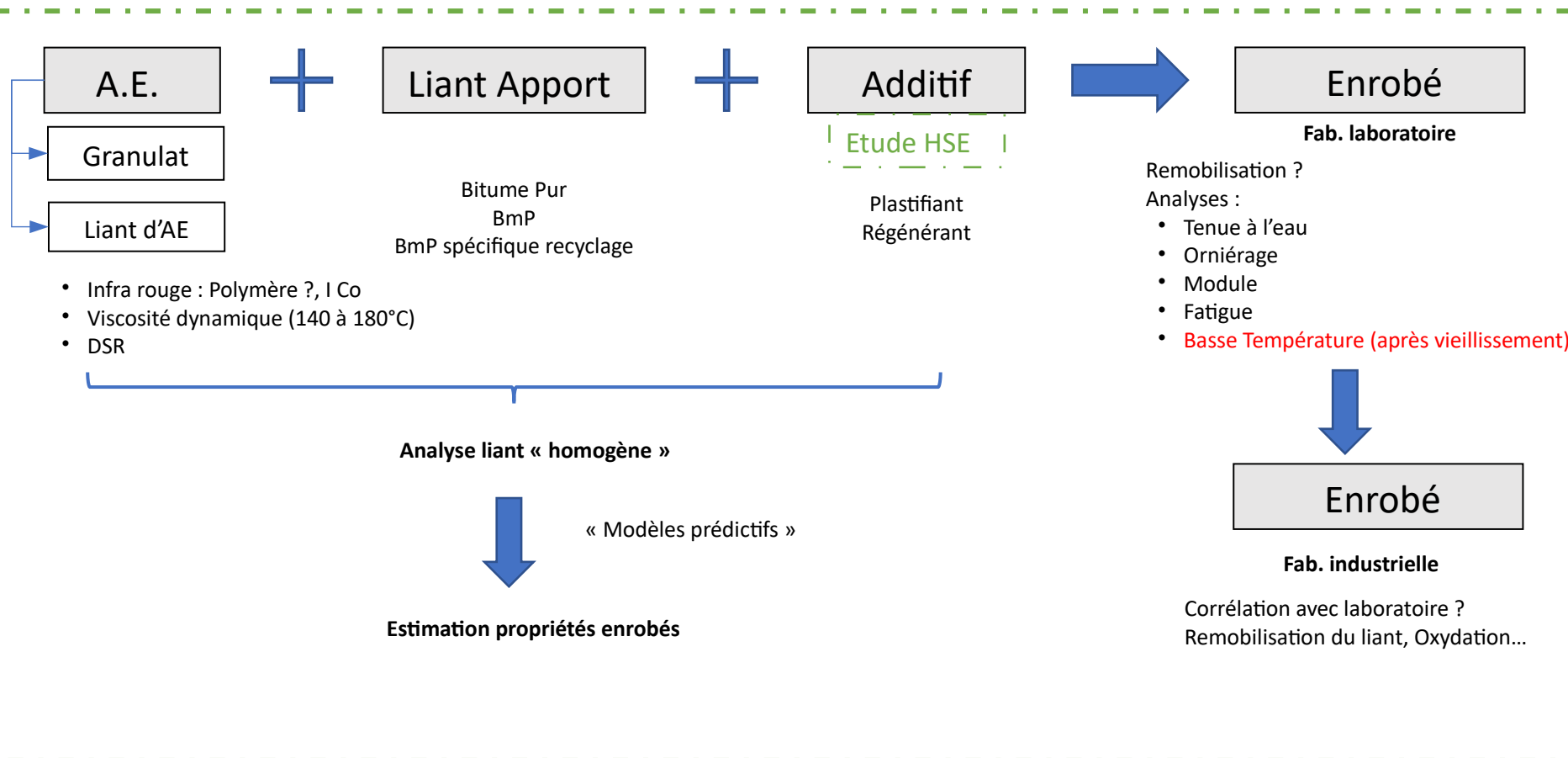
* Si liant homogène

Approche méthodologique avec fort taux AE

- Limite de l'essai de pénétrabilité



Procédure de validation : enrobés à fort taux



Conclusion

- **Nombreux chantiers en France et dans le monde avec des enrobés avec 40% et plus d'AE (jusqu'à 100%)**
- **Deux approches liants/enrobés sont proposées au niveau international :**
 - **Une combinaison de ces approches + l'ajout d'essais (qualification de l'homogénéité des liants, performances des enrobés après vieillissement ...) pourront permettre de définir une méthodologie de formulation pour garantir la durabilité des enrobés à fort taux et intégrer la variabilité des AE**
=> rassurer le maître d'œuvre
- **Attention à la nature des régénérants sur le marché**
 - **Corrélations bitume/ enrobé basées sur le fait que le bitume est hydrophobe !**
 - **L'ajout d'additifs polaires ne permet pas les mêmes corrélations :**
 - Adsorption aux interfaces
 - Réactions chimiques en présence eau/ granulats : chelation... durcissement prématuré des liants (plus rapidement pour les couches de roulement)
 - Intégrer ACV : Attention à ne pas proposer des AE « réactifs » pour l'avenir

Merci de votre attention

Frédéric Delfosse

Eurovia

22 rue Thierry Sabine

33703 Mérignac

frederic.delfosse@eurovia.com

0557920750