

La route 100% recyclée et ses enseignements pour les forts taux

Jacques-Antoine DECAMPS
EUROVIA

La route 100% recyclée – Contexte

•Projet "Route du futur" – soutenu par l'ADEME

– Enjeux

- Outils industriels (100% AE)
- Optimiser les températures de fabrication
- Maintien des performances
- Qualifier la durabilité

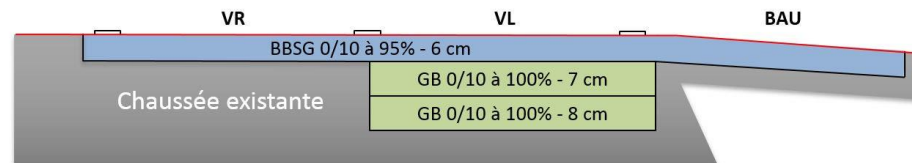
– 1 km de démonstrateur en Gironde sur l'A10*

- Trafic > 2000 PL/jour
- 3500t d'enrobé (>70% AE)

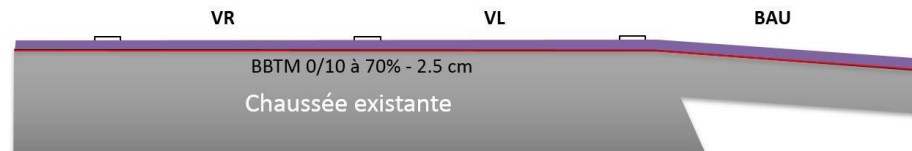
*RGRA n° 963 – mai 2019 – La route 100% recyclée



Zone de substitution



Zone de rechargement



Nouvelle approche de formulation

Cycle de vie de la chaussée et essais de laboratoire

Enrobage
160 °C



Mise en œuvre
160 °C / 135 °C



Utilisation routière
- 20 °C / + 60 °C



Fin de vie



Recyclage



Essais
liant

Viscosité

FRAASS
Pénétrabilité
TBA

FRAASS
Pénétrabilité
TBA

BBR
G*

Vieillissement PAV

BBR
G*

Essais
enrobé

PCG

ITSR / Orniéage
Module / Fatigue

Remobilisation

TSRST

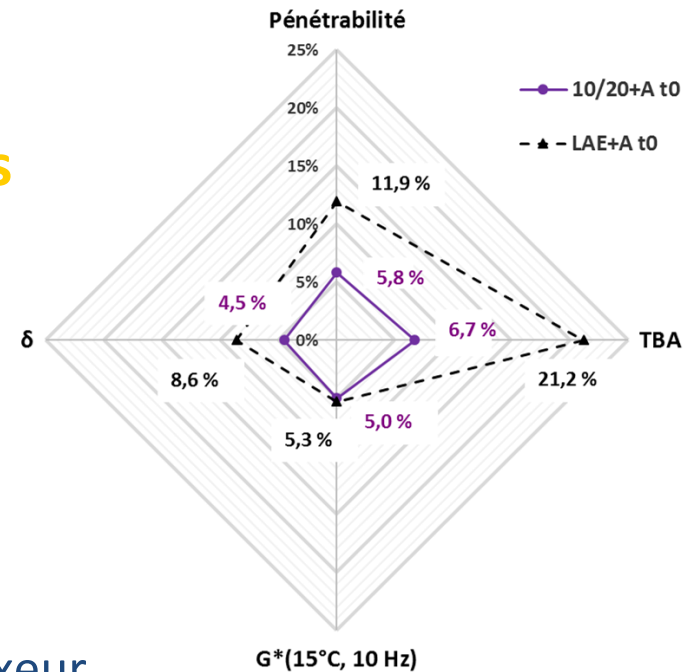
Vieillissement RILEM

TSRST

Nouvelle approche de formulation

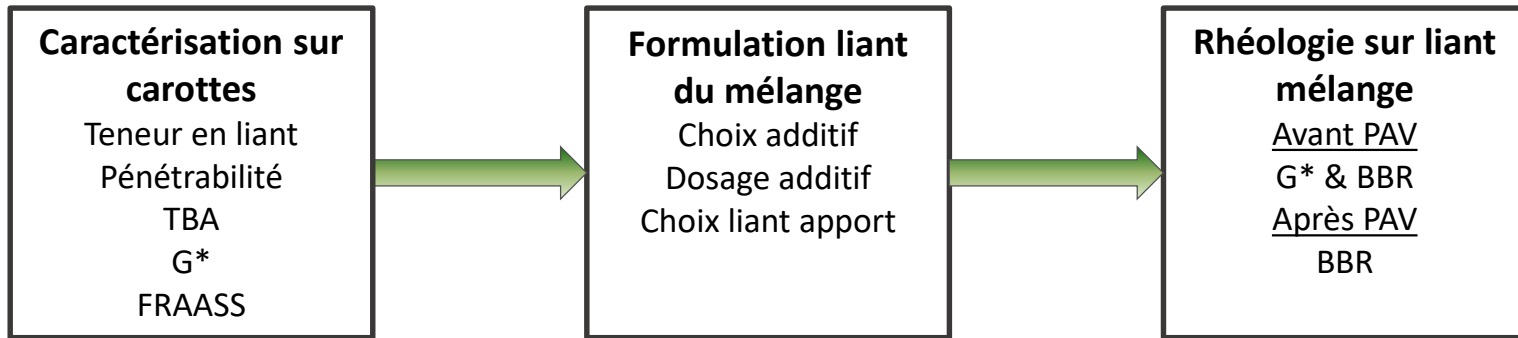
- Liant d'AE ≠ bitume pur
- Formulation à très fort taux, il faut :
 - Maîtriser l'AE et sa part de liant
 - Considérer les propriétés du liant du mélange sur des critères rhéologiques
 - Choix du liant d'apport et ou de l'additif
 - Validation du taux d'AE souhaité
 - Ajuster le protocole de fabrication en laboratoire
 - Maîtrise la chauffe des AEs (durée et T°)
 - Vérifier la température en sortie de malaxeur

Écart avec un 35/50 standard

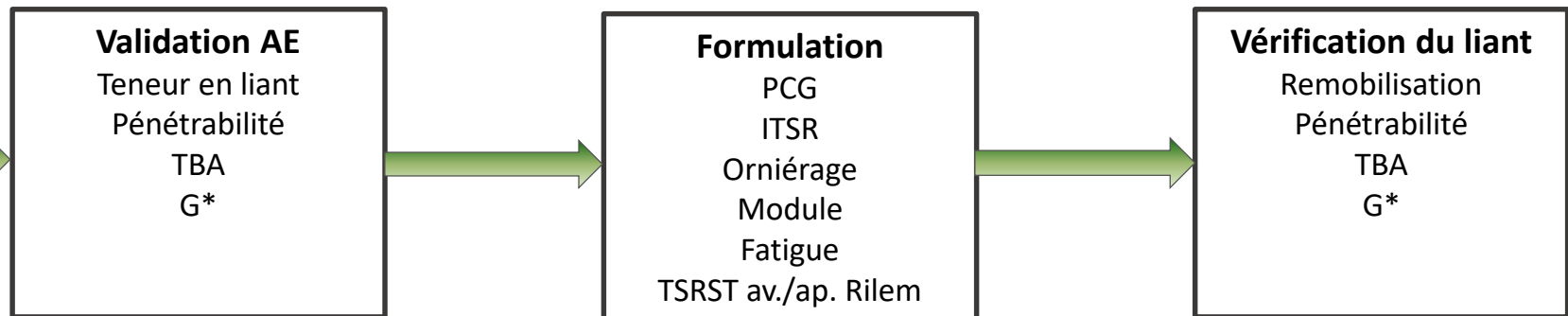


Nouvelle approche de formulation

Étude sur liant



Étude sur enrobé



La route 100% recyclée – Quels résultats à 1 an ?

•GB4 - 100% d'AE*

- Pas de rigidification du liant après 1 an
- Performances basses températures maintenues
- Performances mécaniques de l'enrobé maintenues
- Pertinence du protocole de fabrication en laboratoire

•Suivi à 3 ans en préparation

Essai	Fabrication Laboratoire	Fabrication TRX - t+1an
P25 (^{1/10} mm)	17	18
TBA (°C)	71	68,3
Visco à 160°C (mPa.s)	546	526
G* 15°C.10Hz (MPa)	56.0	55.0
T 300 MPa – 60s (°C)	-14.3	-13.7
T m=0.3 – 60s (°C)	-13.3	-13.7
ΔTc (°C)	-1	0.1
E (10°C, 124ms)	15 889 Mpa vides = 7.6 %	15 423 Mpa vides = 4.9 %
ε ⁶ (10°C, 25 Hz)	128 μdef vides = 5.6 %	128μdef vides = 4.2 %
TSRST - T _{rupture} (°C)	-18.1 vides = 3.8 %	-22 vides = 4.0 %
TSRST - S _{rupture} (MPa)	4.7	4.8

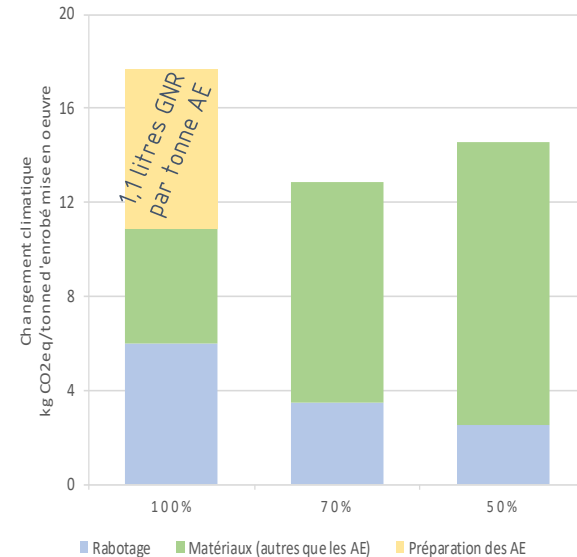
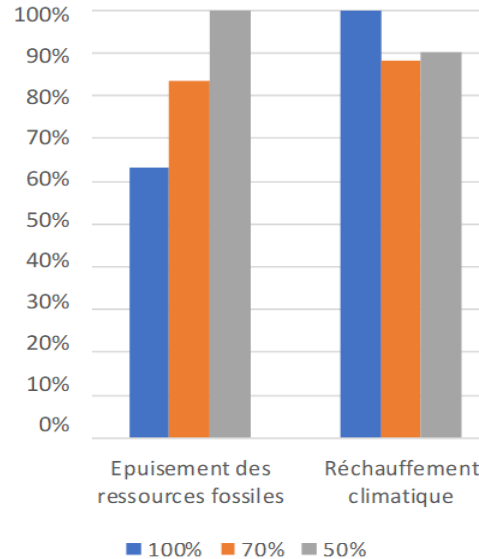
*RGRA n° 978 – janvier 2021 – La route 100% recyclée, un an après

La route 100% recyclée – Quels enseignements ?

• Bilan environnemental

- Impact minimal sur les gaz à effet de serre pour 70 % de recyclage
- Gains croissants de 50 à 100% de recyclage pour l'épuisement des ressources fossiles, gain maximum -40%
- Élaboration des agrégats pénalisante dans les conditions actuelles :
 - <70% pas d'impact
 - 100% impact élaboration ~gain matière
- Proposition 70% recyclée sur TRX / meilleure solution antérieure
 - -45% GES (dont -13% recyclage)
 - -37% Ep. Ressources (dont -30% recyclage)

De 50% à 100% de recyclage



Impact de l'élaboration des agrégats

La route 100% recyclée – Quelles évolutions des chantiers ?

•Vers une diffusion active du 70% d'AE

– 2018-2020 : 9 chantiers à 70% d'AE

> 30 000 tonnes d'enrobés à 70% d'AE

- RN 141 : GB R70
- CD16 : GB R70 et BBSG R70 (RD674 / RD939 / RD53)
- CD17 : BBSG R70 (RD911)
- CD86 : BBSG R70 (RD148)
- CD18 : BBSG R70 (RD2076)
- A71 (Cofiroute) : GB R70 et BBSG R70



CHARENTE
LE DÉPARTEMENT



La route 100% recyclée – Quelles évolutions des chantiers ?

• La gestion pour fabriquer à 70% d'AE

– Maîtriser la variabilité des AE

- Connaissance du gisement (auscultation)
- Rabotage sélectif / création de lot d'AE
 - T.L. & granulométrie
 - Rhéologie du liant d'AE (viscosité et G^*)
- Pouvoir formuler avec les AEs du chantier

Les AEs utilisés pour les recyclage à 70% étaient classés T.L. 1 / G.1 – B1 ou B2 (selon présence de BmP dans les AEs)

– Optimisation de la température de fabrication

- Garantir un liant de mélange homogène en sortie d'usine
- Maîtriser la teneur en eau des AEs

Les très fort taux – Quelles évolutions techniques ?

– Maîtriser la qualité du liant

- Agent de recyclage si nécessaire
- Ajuste les performances du liant du mélange au contexte
 - Position de l'enrobé dans la chaussée
 - Contexte climatique & niveau de sollicitation

– Garantir la "re-recyclabilité" de l'enrobé

- Contenir la polarité du liant => éviter une rigidification prématurée du liant
- Évaluer les performances après vieillissement et/ou en présence d'eau*

* **Thèse de Fayçal LAHJIRI** : *Etude de l'impact physico-chimique des liants dits "régénérants" sur la constructibilité (performance et durabilité) des enrobés recyclés*

Conclusions (1/2)

• Préparation de chantier

- Auscultation précise de chaussée
- Planches de rabotage en configuration chantier pour les études laboratoires

• Suivi de chantier

- Validation de l'homogénéité du liant en fonction de l'usine & des caractéristiques de l'AE
 - Essais de remobilisation par lavage séquencé
 - Vérification de la corrélation $E_{\text{enrobé}} = f(G^*_{\text{liant}})$
- Contrôles usuels de fabrication & mise en œuvre

Conclusions (2/2)

•Caractérisations & études laboratoires (très fort taux)

- **Caractérisations usuelles des liants d'apport et d'AE**
- **Caractérisations rhéologiques complémentaires**
 - Viscosité dynamique du liant issu des AEs
 - ⇒ Validation des capacités de recyclages de l'usine (taux d'AE, température de fabrication, cadence, teneur en eau)
 - Module de cisaillement du liant d'apport, du liant issu de l'AE et du liant du mélange
 - ⇒ Vérifier l'équivalence de performance par rapport à une cible bitume pur sans AE.
 - Essai BBR – avant et après vieillissement PAV (25h ou 45h)
 - ⇒ Valider le maintien des performances du liant dans le temps
 - ⇒ Valider l'usage de l'enrobé en roulement ou en assise (fonction des spécificités climatiques du chantier)
- **Caractérisations usuelles des enrobés en fonction de l'usage prévu (roulement, liaison, assise)**

Merci de votre attention

Jacques-Antoine DECAMPS
EUROVIA – Centre de Recherche
22, rue Thierry Sabine – 33700 Mérignac
+33 5 57 92 07 50 / jacques-antoine.decamps@eurovia.com

