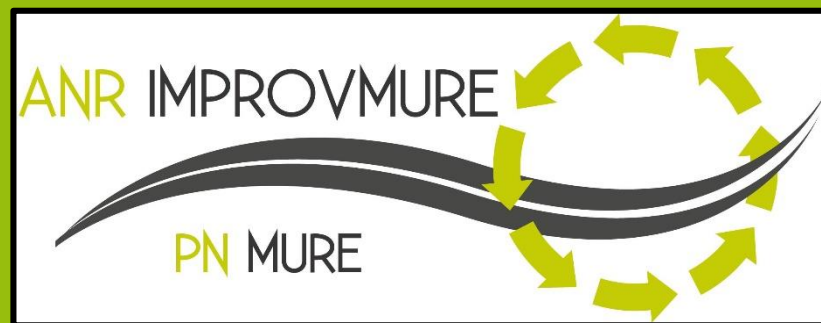


Bienvenue à la Journée de Restitution des résultats du projet ANR IMPROVMURE



Pour participer, allez sur :
www.my.beekast.com/restitutionimprovmure
Code session : restitutionimprovmure

Sélectionnez cet onglet et cliquez ici pour commenter



Activités proposées sur Beekast



9h30 à 11h :

Nuage de Mots « Qu'attendez-vous de cette journée ? »

Questionnaire « Apprenons à nous connaître »

13h30 à 15h30 :

Quiz « Testez vos connaissances »

A partir de 15h :

Enquête de satisfaction « Laissez-nous vos impressions sur la journée »

Tout au long de la journée :

Utilisez le Mur pour commenter, poser vos questions, poster vos photos et interagir avec nous

Pour participer, allez sur : www.my.beekast.com/restitutionimprovmure

Code session : restitutionimprovmure

Projet National MURE / ANR IMPROVMURE
Journée de restitution IMPROVMURE

ANR IMPROVMURE

Présentation du projet

S. POUGET

EIFFAGE



En bref

⇒ Projet ANR :

- Montant global : 2 318 k€
- Dont subvention : 801 k€
- Durée du projet : 48 mois
- Démarrage : 1er mars 2014



⇒ Coordination: EIFFAGE

⇒ Partenariat: ENTPE, IFSTTAR, IREX, USIRF, CEREMA



Verrous scientifiques

- ⇒ Influence sur les propriétés Thermo-Mécaniques, Chimiques et Environnementales (TMCE) du :
 - Multi-recyclage (combien de fois peut-on recycler un enrobé?)
 - Procédé de fabrication (chaud, tiède mousse & tiède additif)
- ⇒ Plus généralement, identifier les limites scientifiques, techniques et environnementales à l'utilisation d'enrobés contenant des forts taux de multi-recyclés à des températures de fabrication réduite?

Chiffres clés de l'industrie routière française en 2016

- Production d'enrobés : 33,1 millions de tonnes
- Bitume routier : 2,4 millions de tonnes
- Production de liants bitumineux: 1 000 000 t
- Taux de recyclage moyen \approx 18%



Contexte politique

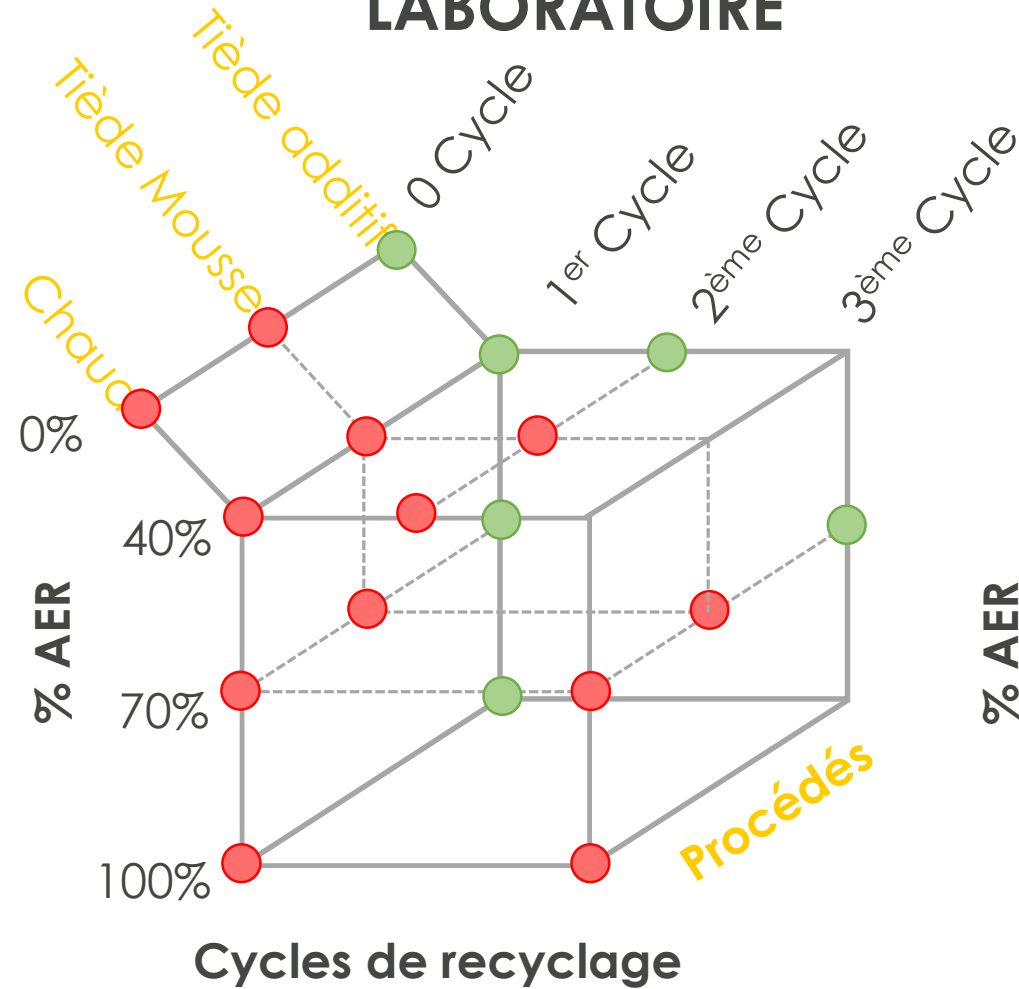
- ⇒ Convention d'Engagement Volontaire (signée en 2009)



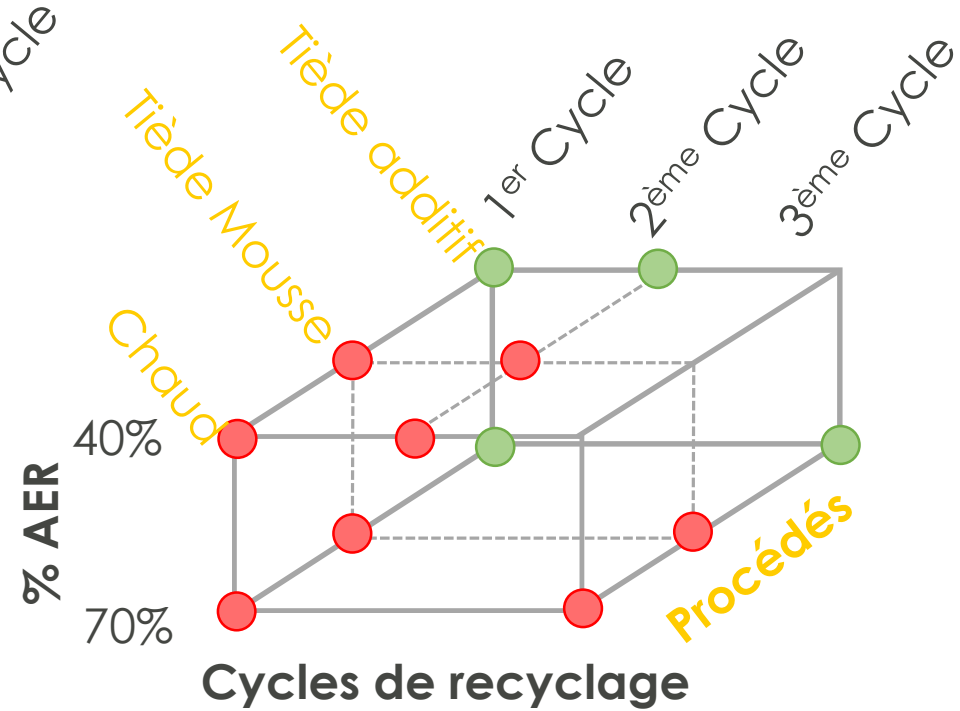
- ⇒ Loi de transition énergétique
Recyclage 70% des déchets de construction (2020)
Économie circulaire

Matériaux

LABORATOIRE



CHANTIERS PN MURE

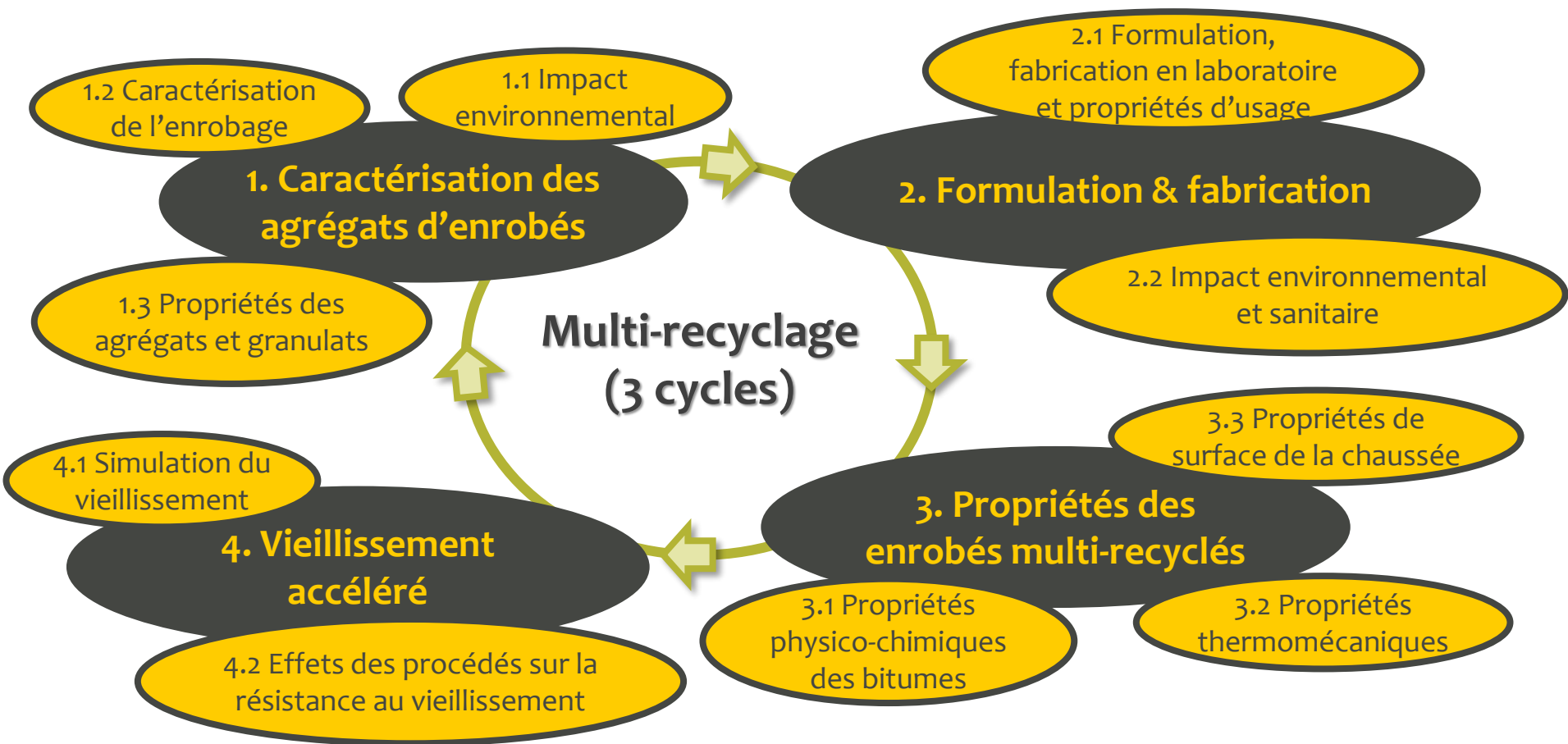


● Thermomécanique + Chimique Environnemental

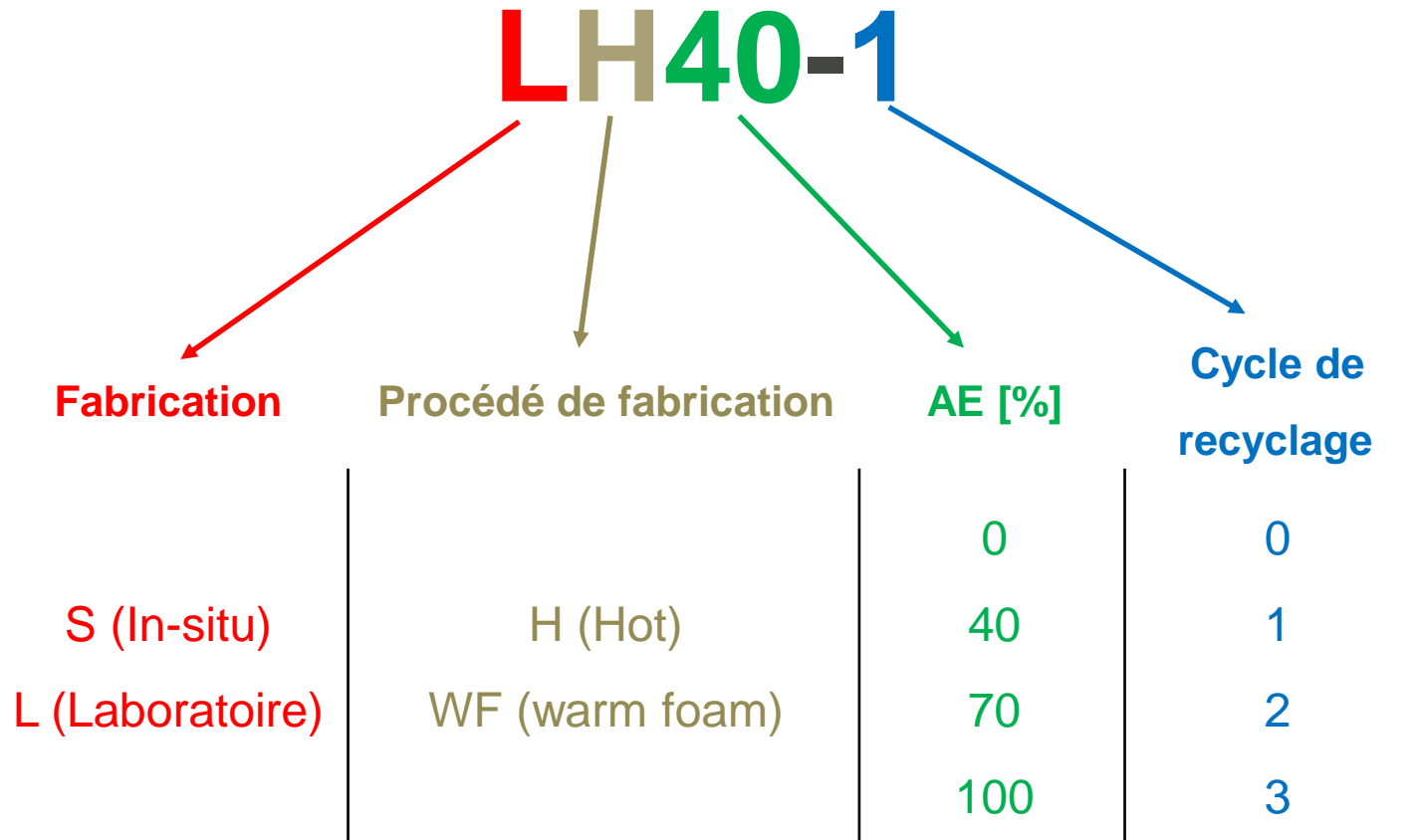
● Chimique Environnemental uniquement

Programme expérimental

2 thèses financées

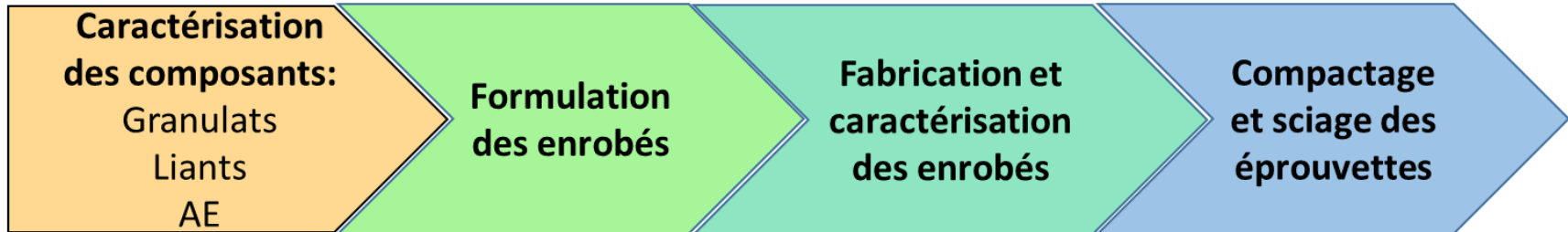


Nomenclature



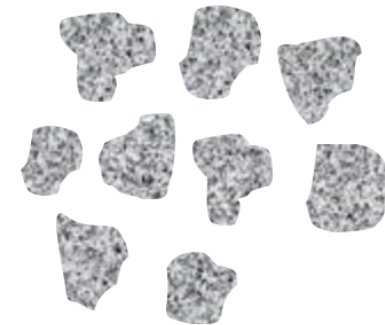
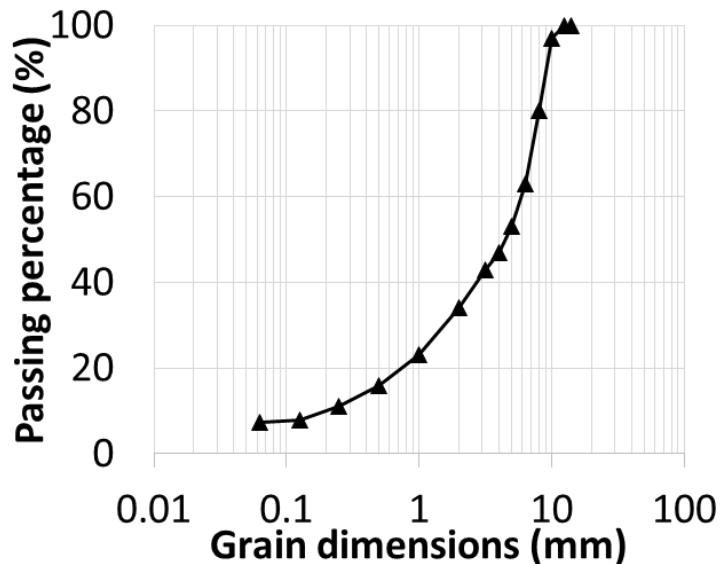
Hypothèses [1/2]

✓ Etapes de la fabrication



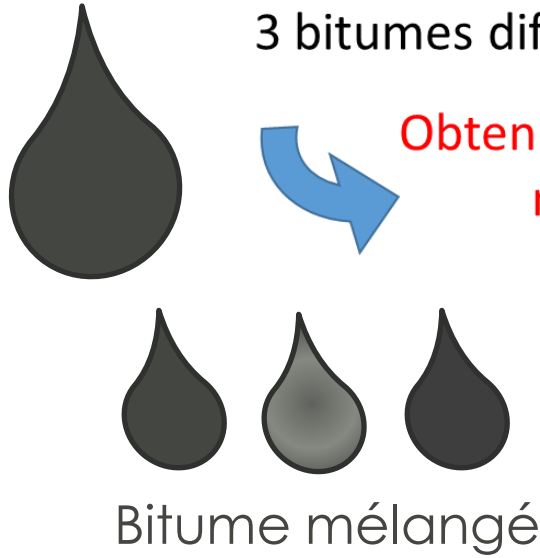
✓ Caractéristiques communes aux enrobés testés

- **Même granulométrie (sauf 100% AE)**
- **Même TL=5.4% (Global)**
- **Mêmes granulats d'apport**



→ BBSG 0/10 de classe 3

Hypothèses [2/2]



3 bitumes différents selon la teneur en AE dans l'enrobé

Obtenir une pénétrabilité identique en supposant un mélange parfait des bitumes (neuf et AE)

$$\log(\text{pen})_{mix} = a \log(\text{pen})_a + b \log(\text{pen})_b$$

Bitume d'apport

Bitume récupéré AE

a : % (masse) du bitume d'apport

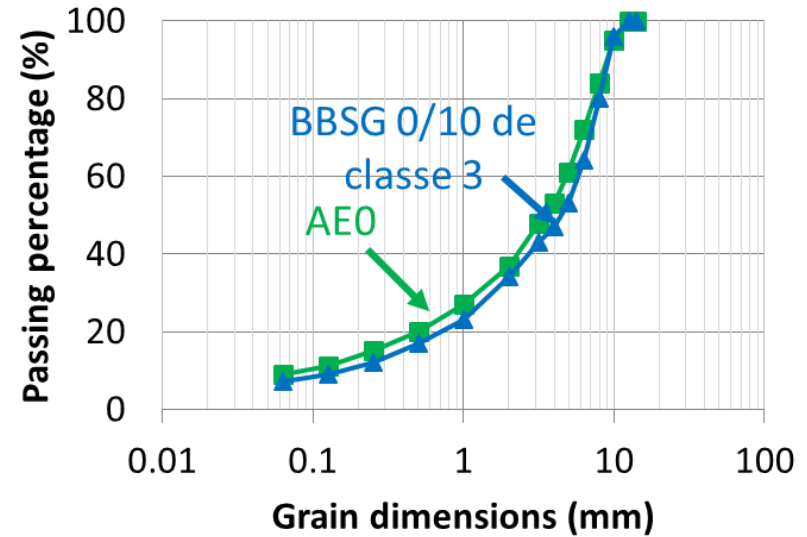
b : % (masse) du bitume des AE

AE (%)	Bitume d'apport	Pénétrabilité (1/10mm)	TBA (°C)
0	35/50	41	52.2
40	50/70	60	48.4
70	160/220	180	39.2

Formule 100% AE

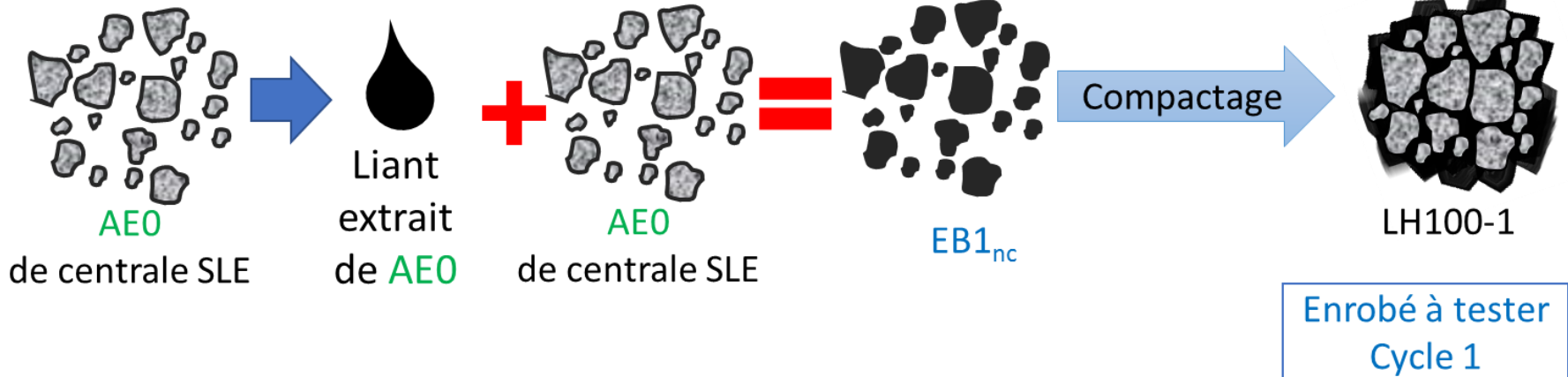
Caractéristiques communes aux enrobés :

- ~~Même granulométrie~~
- Même TL=5.4%
- [BBSG 3 0/10]

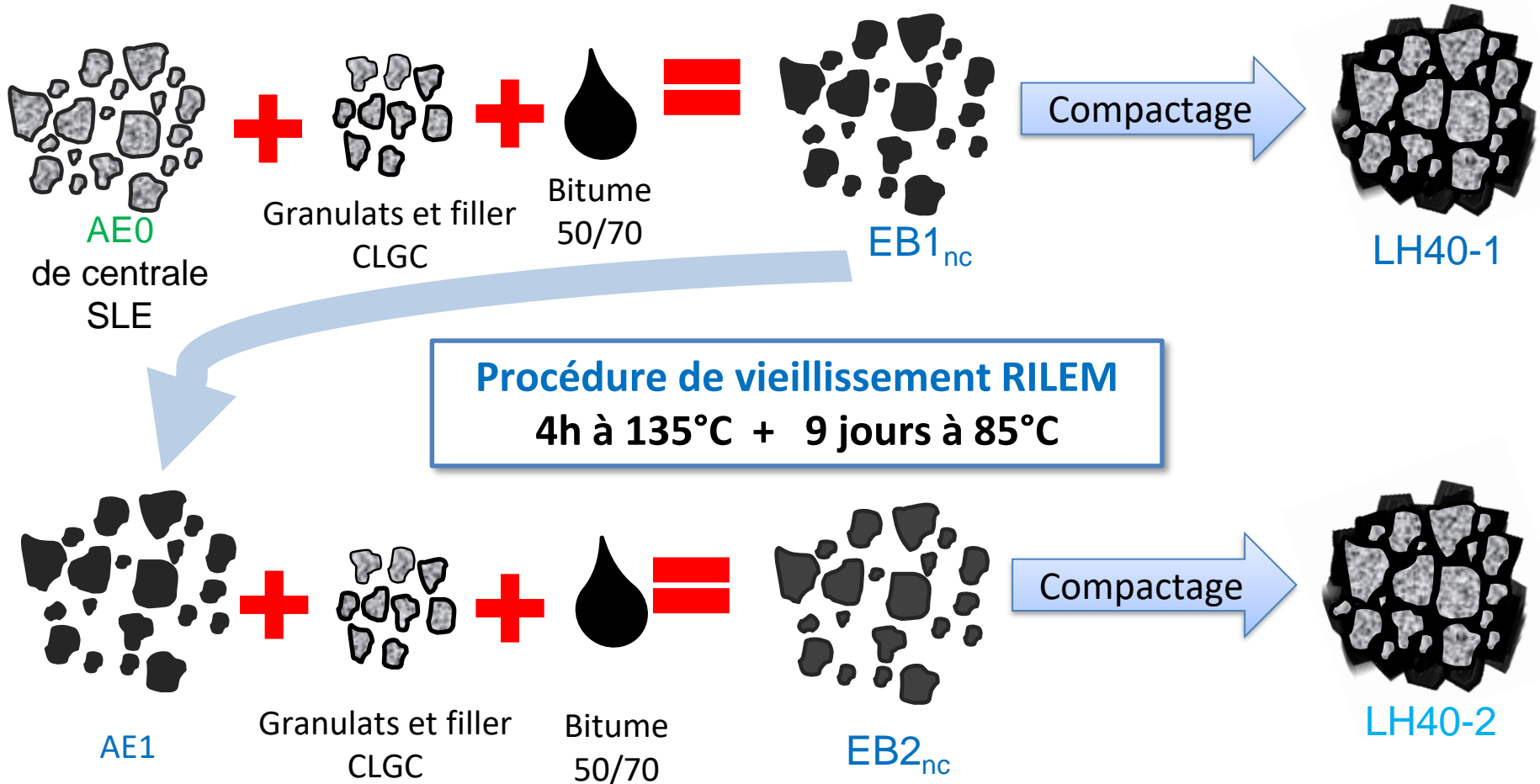


$TL_{\text{initiale}} = 4.16\%$

$TL_{\text{à compléter}} = 1.24\%$



Multirecyclage en laboratoire



17 livrables rédigés

Date de livraison	N°	Titre	Nature (rapport, logiciel, prototype, données, ...)	Partenaires (<u>souligner le responsable</u>)
12/05/15	1	Accord de consortium	Contrat	Tous (<u>EIFFAGE</u>)
10/08/15	2	Rapport intermédiaire à 18 mois	Rapport	Tous (<u>EIFFAGE</u>)
29/09/16	3	Rapport intermédiaire à 30 mois	Rapport	Tous (<u>EIFFAGE</u>)
28/09/18	4	Caractérisation des agrégats d'enrobés	Rapport	<u>CEREMA</u>
28/09/18	5	Méthode de caractérisation de l'enrobage de matériaux routiers bitumineux	Rapport	<u>IFSTTAR</u> , EIFFAGE, CEREMA
28/09/18	6	Propriétés des agrégats et granulats (Rhéologiques et Géométriques)	Rapport	<u>IFSTTAR</u>
28/09/18	7	Formulation, fabrication en laboratoire et propriétés d'usage des enrobés tièdes multi-recyclés	Rapport	<u>IFSTTAR</u>

28/09/18	8	Analyse comparative des émissions selon les procédés de fabrication	Rapport	<u>IFSTTAR</u>
28/09/18	9	Analyse de l'évolution des propriétés physico-chimiques des liants en fonction du multi-recyclage et du procédé de fabrication	Rapport	<u>CEREMA</u> , <u>EIFFAGE</u> , <u>IFSTTAR</u>
28/09/18	10	Propriétés thermomécaniques des enrobés multi-recyclés	Rapport	<u>ENTPE</u>
28/09/18	11	Propriétés d'adhérence des enrobés multi-recyclés	Rapport	<u>EIFFAGE</u>
28/09/18	12	Simulation du vieillissement en laboratoire	Rapport	<u>IFSTTAR</u>
28/09/18	13	Analyse comparative du vieillissement des liants en fonction des procédés de fabrication	Rapport	<u>EIFFAGE</u> , <u>IFSTTAR</u> , <u>CEREMA</u>
28/09/18	14	Actions de valorisation	Rapport	<u>IREX</u>
28/09/18	15	Rapport final	Rapport	Tous (<u>EIFFAGE</u>)
28/09/18	16	Thèse Sabine Vassaux	Rapport	<u>IFSTTAR</u> , <u>EIFFAGE</u> , <u>CEREMA</u>
28/09/18	17	Thèse Alvaro Pedraza	Rapport	<u>ENTPE</u> , <u>EIFFAGE</u>

Impact du projet

		Publications multipartenaires	Publications monopartenaires
International	Revue à comité de lecture	4	1
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage	1 (en projet)	
	Communications (conférence)	5	
France	Revue à comité de lecture		
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage		
	Communications (conférence)		
Actions de diffusion	Articles vulgarisation	3	
	Conférences vulgarisation	3	2
	Autres	2 thèses	

⇒ Autres valorisations

- 1 site internet (www.improvmure.fr)
- 3 journées d'information et d'échange
- 1 journée de restitution

Liste publications [1/3]

⇒ ARTICLE DE REVUE SCIENTIFIQUE (5)

- Carret J.C., Pedraza A., Di Benedetto H., Sauzeat C. "Comparison of the 3-Dim linear viscoelastic behavior of asphalt mixes determined with tension-compression and dynamic tests", *Construction & Building Materials*, Vol.174, pp.529-536, [doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.156]
- Vassaux S., Gaudefroy V., Boulangé L., Soro L.J., Pévère A., Michelet A., Barragan-Montero V., Mouillet V. "Study of remobilization phenomena at reclaimed asphalt binder/virgin binder interphases for recycled asphalt mixtures using novel microscopic methodologies", *Construction & Building Materials*, Vol.165 doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.01.055
- Vassaux S., Gaudefroy V., Boulangé L., Pévère A., Mouillet V., Barragan-Monterod V. "Towards a better understanding of wetting regimes at the interface asphalt/aggregate during warm-mix process of asphalt mixtures", *Construction & Building Materials*, Vol.133, pp.182-195, doi:10.1016/j.conbuildmat.2016.12.015
- Pedraza A., Di Benedetto H., Sauzéat S., Pouget S. "3D linear viscoelastic behaviour of bituminous mixtures containing high content of multi-recycled RAP", *Road Materials & Pavement Design*, (July 2018)
- Pedraza A., Sauzéat C., Di Benedetto H., Pouget S. "Fracture properties of multi-recycled asphalt mixes from four-point bending test using Digital Image Correlation and back calculation" *ASTM Journal of Testing and Evaluation*, (submitted - July 2018)

⇒ ARTICLE DE REVUE SPECIALISEE (3)

- Vassaux S., Gaudefroy V., Boulangé L., Pévère A., Mouillet V. « Projet IMPROVMURE: Chemomap : Une nouvelle méthode sans solvant, pour qualifier in situ l'homogénéité du liant total au sein d'enrobés à base de recyclés », *Revue Générale des Routes et de l'Aménagement*, soumis le 01/09/2018
- Di Benedetto H., Olard F., Pedraza A., Pouget S., Sauzéat C. « Comportement viscoélastique linéaire des enrobés multi-recyclés » *Revue Générale des Routes et de l'Aménagement* n° 949, pp. 35-39
- Boulangé L., Gaudefroy V., Mouillet V., Pévère A., Vassaux S. « Identification des paramètres affectant l'enrobage des granulats », *Revue Générale des Routes et de l'Aménagement* n° 949, pp. 40-45

Liste publications [2/3]

⇒ COMMUNICATION INTERNATIONALE (5)

- Vassaux S., Gaudefroy V., Boulangé L., Pévère A., Mouillet V. "Chemomap imaging infrared microscopy to in situ assess oxidative ageing in compacted asphalt mixtures", RILEM 252-CMB-Symposium, Braunschweig, September 2018
- Pedraza A., Di Benedetto H., Sauzéat C. and Pouget S. "3D linear viscoelastic behaviour of bituminous mixtures with high content of reclaimed asphalt pavement recycled 3 times", ISAP 4th Int. Symp. On Asphalt Pavements & Environment, Tokyo, Japan, November 2017
- Pedraza A., Di Benedetto H., Sauzéat C., Pouget S. "Linear viscoelastic behaviour of bituminous mixtures with multi-recycled asphalt pavement", 10th Int. Conf. Bearing Capacity of Roads Railways and Airfields (BCRRA), 8 p. Athens, Greece, June 2017
- Vassaux S., Gaudefroy V., Soro L.J., Pévère A., Mouillet V., Boulangé L., Barragan-Montero V. "Evaluation of bituminous binders miscibility for warm-mix recycling techniques", 10th International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields (BCRRA 2017), Athens, Greece, June 2017
- Vassaux S., Gaudefroy V., Boulangé L., Pévère A., Mouillet V. "Identification of factors impacting the mixing quality of asphalt mixtures incorporating reclaimed asphalts", Young Research Seminar, Berlin, May 2017

⇒ COMMUNICATION NATIONALE (4)

- Vassaux S., Gaudefroy V., Boulangé L., Pévère A., Mouillet V. « Identification des facteurs impactant le mouillage à l'interface liant/granat pour les applications routières », Matériaux 2018, Strasbourg, 11/2018
- Vassaux S., Gaudefroy V., Boulangé L., Pévère A., Mouillet V. « Mouillabilité et miscibilité des bitumes : application au multi-recyclage » Journées Techniques Routes 2017, Nantes, France, janvier 2017
- Pedraza A., Di Benedetto H., Sauzéat C., Pouget S. « Propriétés Thermomécaniques d'enrobés multi-recyclés » Journées Techniques Routes 2017, Nantes, France, janvier 2017
- Pouget, S. « IMPROVMURE : Introduction & état d'avancement », Journées Techniques Routes 2017, Nantes, France, janvier 2017

Liste publications [3/3]

⇒ POSTER (1)

- Vassaux S. « Recyclage des matériaux routiers », Colloque Spice, Avril 2017

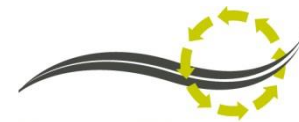
⇒ THESE (2)

- Pedraza A. « Propriétés thermomécaniques d'enrobés multi-recyclés », Université de Lyon / ENTPE, soutenue le 6 mars 2018
- Vassaux S. « Mouillabilité et miscibilité des bitumes : application au recyclage », Université de Montpellier, soutenue le 27 novembre 2017

⇒ CO-ORGANISATION DE 3 JOURNEES D'ECHANGES

- « Sensibilité à l'eau et adhésivité » le 12 octobre 2016 à Lyon
- « Apports des régénérants dans le recyclage des enrobés » le 15 mars 2017 à Paris
- « Recyclage à fort taux: du laboratoire au chantier » le 21 novembre 2017 à Lyon





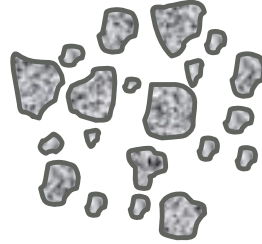
MERCI DE VOTRE ATTENTION

Validation procédure vieillissement



Bitume
extrait

AE0
de centrale SLE
AE1 et AE2
Procédure RILEM



Agrégat d'enrobé	Pour la fabrication d'enrobé	Pénétrabilité Bitume extrait (1/10mm)	TBA (°C)	ICO (%)
AE ₀	LH40-1; LWF40-1; LH70-1; LWF70-1; LH100-1	10	76.2	8.4
AE ₁	LH40-2	14	72.8	5.9
AE ₁	LWF40-2	15	70.0	6.8
AE ₂	LH70-3	18	67.8	10.2
AE ₂	LWF70-3	18	57.9	9.1



Validation loi des mélanges

$$\log(\text{pen})_{\text{mix}} = a \log(\text{pen})_a + b \log(\text{pen})_b$$

Bitume d'apport Bitume récupéré AE

a : % (masse) du bitume d'apport

b : % (masse) du bitume des AE

