



**CONGRÈS DE
L'IDRRIM**
Institut Des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité

MERCREDI 15 JUN 2016 / 09H00 – 10H30
SESSION N°7 : TECHNIQUES ROUTIERES A
FAIBLE IMPACT ENVIRONNEMENTAL


14 • 15 JUIN

PARIS • PORTE DE VERSAILLES
PAVILLON 1

➤ TECHNIQUES ROUTIERES A FAIBLE IMPACT ENVIRONNEMENTAL

- ✓ La valorisation des matériaux en place aux liants hydrauliques pour la construction et l'entretien des routes
- ✓ Bilan des actions de suivi des chantiers de matériaux à l'émulsion et premiers résultats de la thèse CIFRE-USIRF sur la modélisation de leurs comportements mécaniques
- ✓ Etat de l'art des techniques d'enrobage à faible impact environnemental et présentation des travaux du projet européen SUP&R ITN (chaussées et voies ferrées durables)





La valorisation des matériaux en place aux liants hydrauliques pour la construction et l'entretien des routes

Joseph Abdo, CIMbéton

Le contexte





Le réseau routier français un patrimoine considérable

Le réseau routier français totalise plus d'1 million de km. Il représente un patrimoine considérable.

Capital investi : 2 000 à 3 000 milliards d'euros



Le réseau routier français un patrimoine à préserver

- ❑ La construction du réseau routier doit être poursuivie, du fait de l'accroissement de la démographie et des besoins.

Budget annuel de construction : 3 à 5 mds €

- ❑ L'entretien du réseau routier doit être maintenu au rythme exigé par le vieillissement des routes (Âge; Trafic; Conditions climatiques) pour assurer un bon niveau de service et garantir la pérennité des routes.

Budget annuel d'entretien : 8 à 12 mds €



La route : une nécessité Mais pas sans mal

La route : une nécessité car c'est un moyen de communication nécessaire au développement.

Une nécessité mais pas sans mal : sa construction et son entretien nécessitent beaucoup de matériaux :

- Matériaux non liés comme la Grave Non Traitée (GNT),
- Matériaux traités au bitume comme les Graves-Bitumes (GB) et les Enrobés Bitumineux,
- Matériaux traités aux Ciments ou aux Liants Hydrauliques Routiers pour faire des Graves-Ciment (GC), des Graves-Liants Hydrauliques Routiers ou du Béton de ciment.



La route consommatrice de matériaux

Pour étendre et entretenir le réseau routier en France :

- 200 Millions de tonnes de Granulats sont puisées annuellement dans les ressources naturelles, soit un volume de 100 Millions de m³ ;
- 2,5 Millions de tonnes de bitume (sources GPB);
- 2 Millions de tonnes de liants hydrauliques (Ciment/LHR - sources SFIC);
- 0,5 million de tonnes de chaux.

Coût et impacts

Construction et Entretien de la route

- Les étapes :
 - Extraction/fabrication des constituants élémentaires (Granulats et liants),
 - Transport constituants élémentaires jusqu'aux Centrales de malaxage,
 - Fabrication des matériaux routiers (GB, BB, GC, GLHR, BC),
 - Transport des matériaux routiers de la Centrale au Chantier,
 - Mise en œuvre des matériaux pour la construction ou l'entretien de la Route.

- Conséquences :
 - Coût élevé
 - Impacts importants sur le milieu naturel :
 - Réduction des réserves en granulats, pénurie dans certaines régions.
 - Épuisement des ressources naturelles : énergie, eau,
 - Impacts sur le milieu naturel : Déchets, acidification, eutrophisation, écotoxicité,
 - Impacts sur l'environnement : Gaz à effet de serre, ozone.

Décomposition des coûts Techniques Construction et Entretien

Opérations	Décomposition du coût	
Extraction et fabrication des constituants de base	Granulats 15 à 20 %	30 à 40 %
	Liant 15 à 20 %	
Transport des constituants de base jusqu'à la centrale de malaxage	20 à 25 %	Total Transport 25 à 35 %
Transport des mélanges jusqu'au chantier	5 à 10 %	
Etudes, fabrication des mélanges, mise en œuvre et contrôles	30 à 40 %	30 à 40 %

Décomposition des impacts environnementaux Techniques Construction et Entretien

Opérations	Décomposition des Impacts	
Extraction et fabrication des constituants de base	Granulats 15 à 20 %	50 à 60 %
	Liant : 35 à 40 %	
Transport des constituants de base jusqu'au centrale de malaxage	25 à 30 %	Total impacts transport 30 à 40 %
Transport des mélanges jusqu'au chantier	5 à 10 %	
Etudes, Fabrication des mélanges, mise en œuvre et contrôles	8 à 12 %	8 à 12 %

Les solutions liants hydrauliques pour réduire les coûts et les impacts



La filière de la valorisation des matériaux en place aux liants hydrauliques

Aujourd'hui, il est possible d'atténuer ces impacts tout en réalisant des économies substantielles, en considérant les matériaux des sites à aménager ou à entretenir comme un gisement que l'on peut valoriser par un traitement approprié.

On distingue **deux grandes filières de valorisation** :

- Le **traitement** aux liants hydrauliques des matériaux naturels en place,
- Le **retraitement** en place à froid des anciennes chaussées aux liants hydrauliques.



Décomposition des coûts

Valorisation des matériaux en place aux liants hydrauliques

Opérations	Décomposition du coût
Fabrication et transport du liant	50 à 60 %
Etudes, mise en œuvre, enduit de protection et contrôles	40 à 50 %



Décomposition des impacts environnementaux Valorisation des matériaux en place aux liants hydrauliques

Opérations	Décomposition des impacts
Fabrication et transport du liant	90 à 95 %
Etudes, mise en œuvre, enduit de protection et contrôles	5 à 10 %

Le traitement des sols aux liants hydrauliques pour construire des routes à faible coût et faibles impacts





VALORISER LES MATÉRIAUX EN PLACE POUR CONSTRUIRE LES ROUTES

Le Traitement des sols à la chaux, au ciment ou aux liants hydrauliques routiers :

- Permet de valoriser des matériaux aux caractéristiques inadaptées et non utilisables à l'état naturel tels que limons, argiles, sables, marnes, matériaux évolutifs, etc. pour les utiliser en ouvrages de terrassements ainsi qu'en assises de chaussées,
- Consiste à incorporer un liant dans le sol, avec éventuellement un complément en eau, et à mélanger le tout plus ou moins intimement jusqu'à l'obtention d'un matériau suffisamment homogène pour lui conférer des propriétés nouvelles.



VALORISER LES MATÉRIAUX EN PLACE POUR CONSTRUIRE LES ROUTES

Épandeur de liant



Malaxeur



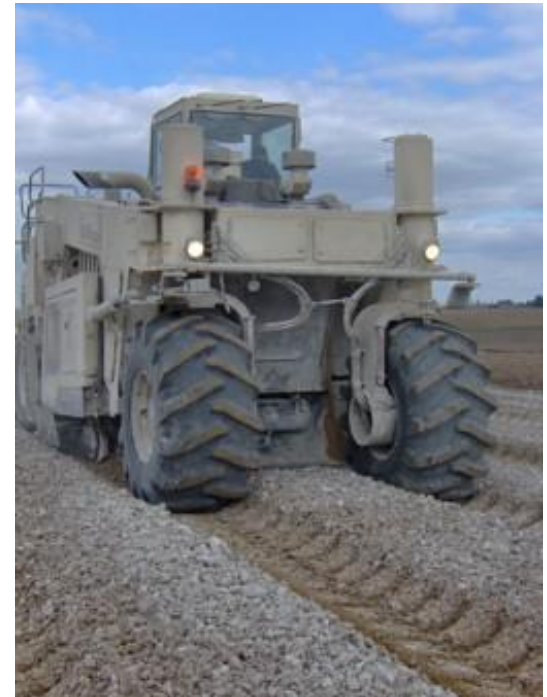


VALORISER LES MATÉRIAUX EN PLACE POUR CONSTRUIRE LES ROUTES

Sol avant traitement



Sol après traitement





VALORISER LES MATÉRIAUX EN PLACE POUR CONSTRUIRE LES ROUTES

- Domaines d'emploi
 - Remblai
 - Partie Supérieure des Terrassements PST
 - Couche de forme
 - Couches d'assises de chaussées.

> **Le traitement des sols : une technique a généraliser pour la construction des assises de chaussées**

- ❑ Cette technique a été surtout utilisée pour stabiliser les plates-formes routières à fort trafic. Les résultats sont très satisfaisants.
- ❑ Cette technique peut être étendue :
 - Pour la réalisation des plates-formes routières à moyen et faible trafics;
 - Pour la réalisation des couches d'assises de chaussée (fondation et base).



VALORISER LES MATÉRIAUX EN PLACE POUR CONSTRUIRE LES ROUTES

- Avantages de la technique
 - Préserve les ressources naturelles,
 - Réduit le transport des matériaux, entraîne une diminution des nuisances et augmente la sécurité des usagers et des riverains,
 - Permet l'obtention de plates-formes de grande qualité (jusqu'à PF4), ce qui engendre des réductions d'épaisseur des structures de chaussées,
 - Permet d'obtenir des matériaux à performances mécaniques élevées compatibles avec une utilisation en assises de chaussées,



VALORISER LES MATÉRIAUX EN PLACE POUR CONSTRUIRE LES ROUTES

- Avantages de la technique
 - Réduction des coûts: 25 à 35 % (transport) et 15 à 20 % (ressources granulaires),
 - Diminution des impacts environnementaux : 30 à 40 % (transport) et 15 à 20 % (Ressources granulaires).

Le retraitement des chaussées en place aux liants hydrauliques pour entretenir les routes à faible coût et à faibles impacts





VALORISER LES MATÉRIAUX EN PLACE POUR ENTRETENIR LES ROUTES

Quant aux chaussées anciennes, le retraitement des chaussées en place aux liants hydrauliques :

- Permet de retraiter les matériaux in situ plutôt que de les évacuer en décharge pour les remplacer par des matériaux neufs,
- Consiste à incorporer au matériau obtenu par fractionnement de l'ancienne chaussée, un liant hydraulique, et à les mélanger intimement, *in situ*, jusqu'à l'obtention d'un matériau homogène et performant.

On réalise ainsi, après réglage et compactage, une nouvelle assise de chaussée sur laquelle on applique :

- soit une couche de surface,
- soit d'autres couches de chaussée si la partie retraitée ne peut, à elle seule, supporter les sollicitations du trafic.



VALORISER LES MATÉRIAUX EN PLACE POUR ENTRETENIR LES ROUTES





VALORISER LES MATÉRIAUX EN PLACE POUR ENTREtenir LES ROUTES



Le réseau routier français

Un gisement facilement valorisable

Le réseau routier français se compose à :

- ❑ **80 % de chaussées souples** : grave non traitée et grave traitée au bitume;
- ❑ **15% de chaussées semi-rigides** : grave traitée aux liants hydrauliques;
- ❑ **5% de chaussées rigides** (béton de ciment) et **de pavages/dallages** de différentes natures (pavés et dalles béton, pavés et dalles en produits naturels).



Avantages de la technique de retraitement

- **Sur le plan environnemental :**
 - Réduction des Gaz à Effet de Serre (GES),
 - Economies d'énergie et de carburant,
 - Valorisation des matériaux et préservation des ressources non renouvelables,
 - Moindre gêne de l'utilisateur.
 - Réduction des nuisances liées aux approvisionnements du chantier,
 - Réduction des délais d'intervention,
 - *Travaux pouvant être réalisés sous circulation.*
 - Accès riverains maintenus
 - Sécurité accrue (pas de décaissement).



Avantages de la technique de retraitement

- **Sur le plan patrimonial :**
 - Durée de vie analogue aux solutions traditionnelles de construction de chaussée,
 - *Correction parfois possible de la tenue au gel / dégel,*
 - Conservation des seuils en traversée d'agglomération.
- Sur le plan environnemental et économique:
 - Pas d'évacuation= pas de déchets = pas de frais de décharge. Principe de servitude.



Avantages de la technique de retraitement

- **Sur le plan économique :**
 - Rapidité d'exécution / solution de reconstruction traditionnelle.
 - Rendement de 1 500 à 3 500 m²/jour.
 - Coûts : solution 10% à 30% plus économique qu'une solution traditionnelle.
 - Economies directes et indirectes (protection du réseau routier avoisinant).

> Avantages de la technique de retraitement

2 applications :

- Retraitement au liant composé
- Retraitement des chaussées polluées au HAP

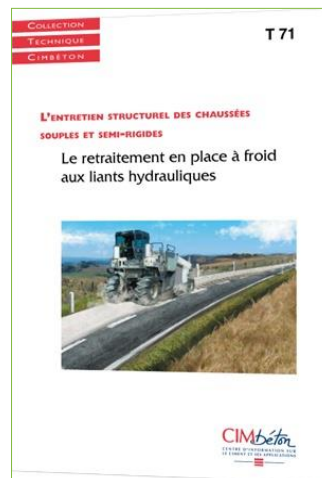
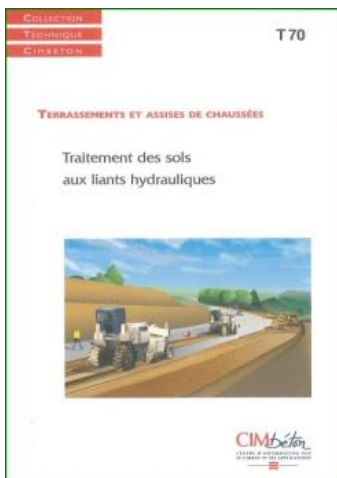
Bibliographie

- *Guide Technique Réalisations des remblais et des couches de forme - Fascicule I et Fascicule II* – SETRA / LCPC, 1992 (réédité en 2000).
- *Guide Technique Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques - Application en remblais et couches de forme* – SETRA / LCPC, 2000
- *Guide Technique Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques - Application en assises de chaussées* – SETRA / LCPC, 2007.
- *Guide Technique Retraitement en place des anciennes chaussées* – SETRA/LCPC - 2003



Bibliographie

- *Guide Terrassements et assises de chaussées - Traitement des sols aux liants hydrauliques* – Collection Technique CIMBETON, 2009.
- *L'entretien structural des chaussées souples et semi-rigides – Le retraitement en place à froid aux liants hydrauliques* – Collection technique CIMBETON, 2013.
- *Retraitement en place à froid des anciennes chaussées aux liants hydrauliques – CCTP-Type*, CIMBETON, 2008.
- www.infociments.fr et lhr.cimbeton.net



Site dédié **lhr.cimbeton.net**



CONSTRUCTION ET
ENTRETIEN DES ROUTES :
LA VALORISATION DES
MATÉRIAUX EN PLACE AUX
LIANTS HYDRAULIQUES

Recherche...

Accueil

La journée technique

Agenda des journées

La prochaine journée

Journée à la demande

Base Documentaire

Vidéo CIMbéton

A propos

Contacts

EN ROUTE VERS LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

MIEUX VIVRE
MIEUX CIRCULER
MIEUX PROTÉGER LA PLANÈTE

Depuis 2008, nous avons entamé un tour de France afin de promouvoir, dans le domaine routier, les techniques de valorisation des matériaux en place aux liants hydrauliques.

Ces journées sont organisées par CIMbéton en partenariat avec le CISMA (syndicat des équipements pour Construction, Infrastructures, Sidérurgie et MAntention), le STF (Syndicat des Terrassiers de France) et l'USIRF (Union des Syndicat de l'Industrie Routière de France).

Après plusieurs années d'enrichissement technique et organisationnel, et dans le but de pérenniser l'action de promotion, nous avons décidé de créer un site internet dédié aux techniques de valorisation des matériaux en place aux liants hydrauliques.

Nos objectifs :

- >> faire connaître ces techniques au plus grand nombre,
- >> faciliter l'organisation des conférences,
- >> mettre à disposition une base de données spécifiques,

INSCRIVEZ-VOUS A LA
PROCHAINE JOURNÉE
TECHNIQUE CIMBÉTON

BASE DOCUMENTAIRE

Guides techniques

Revue Routes

Chantier traitement de sol

Chantier de retraitement des
chaussées

LES OUTILS CIMBÉTON



CONGRÈS DE L'IDRIM

Institut Des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité



Merci de votre attention



Bilan des actions de suivi des chantiers de Grave-Emulsion (GE)

Premiers résultats de la thèse CIFRE-USIRF sur la modélisation du comportement mécanique de la GE

**François Chaignon, Colas
Vincent Gaudefroy, IFSTTAR**

Introduction



➤ Introduction

- La **Grave-Emulsion** est née dans les années 70
- Chaque année, près de **1.8 M t d'enrobés** à l'émulsion sont fabriquées et appliquées dont près de **60% de Grave Emulsion** (principalement en reprofilage)



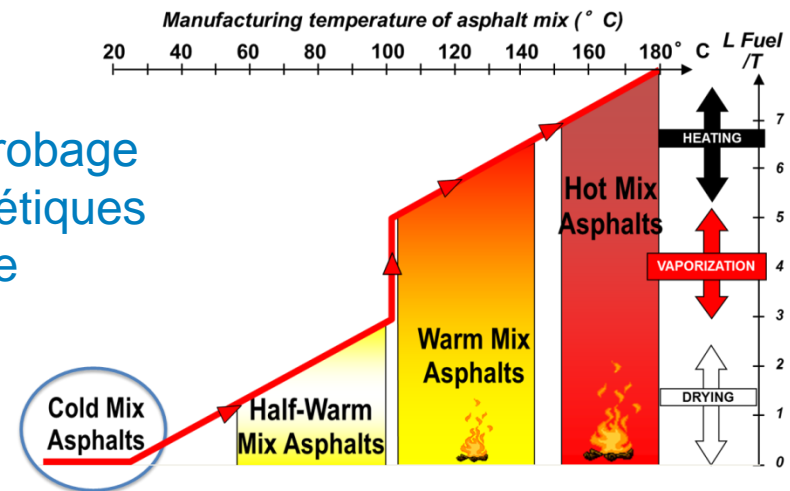
➤ Introduction

- Depuis toujours, il a été **peu simple de dimensionner rationnellement** ce produit pour l'apport structurel
- D'où les **différentes études** entreprises entre la **profession** et le **réseau Etat** (CEREMA ET IFSTTAR)



Introduction

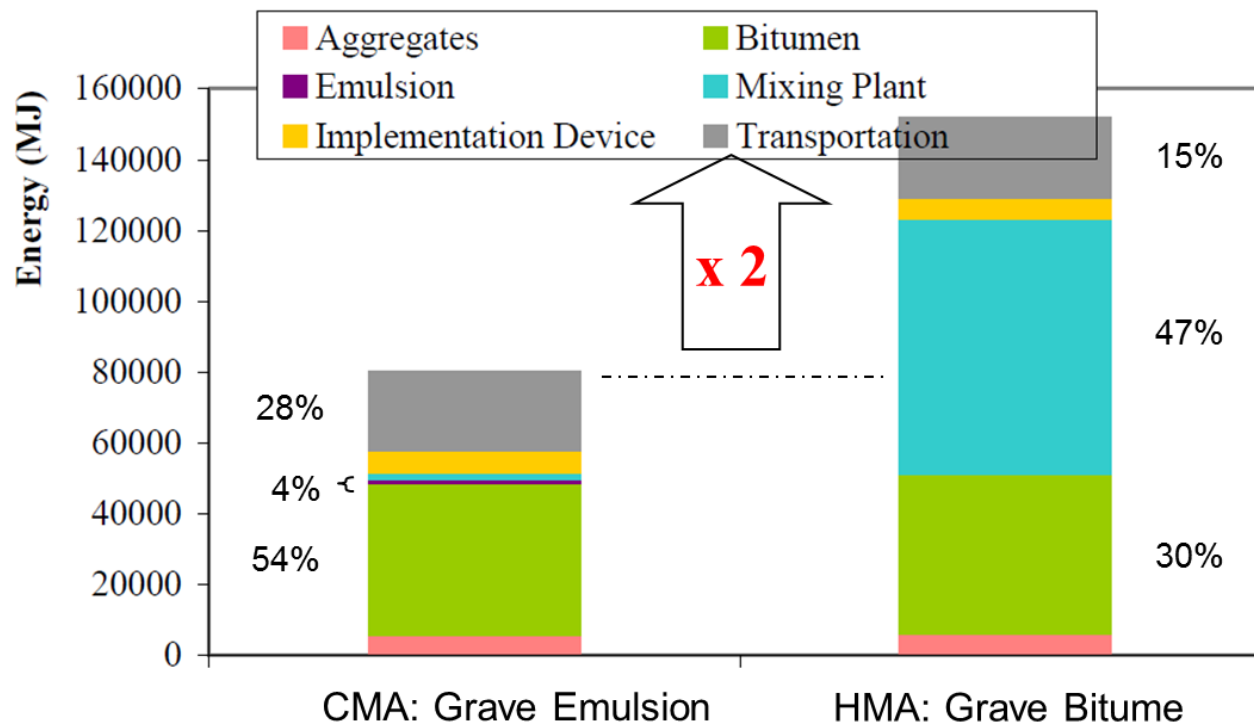
- **Faire évoluer les pratiques routières** dans un contexte changeant (Protocole de Kyoto 2005, Grenelle de l'environnement 2007, Convention d'engagement volontaire 2009, Transition énergétique pour une croissance verte 2014)
- Avec deux objectifs principaux :
 - **Abaissement des températures d'enrobage** pour réduire les consommations énergétiques et les émissions de Gaz à effet de serre
 - **Réduire l'utilisation des ressources non renouvelables** et développer le recyclage



[MEEDDAT, 2009] : Convention d'engagement volontaire des acteurs de conception, réalisation et maintenance des infrastructures routières, voirie et espace public urbain, MEEDDAT, FNTP, Terrassiers de France, USRIF, Syntec-Ingénierie, Assemblée des Départements de France. Lien internet : http://www.legrenelle-environnement.fr/IMG/pdf/Convention_1_urbanisme_cle721e59.pdf, Mars 2009.

Introduction

- Cas d'étude comparatif pour évaluer la consommation d'énergie entre enrobés à l'émulsion ou à chaud en couche de base (10 cm d'épaisseur) (logiciel LPC Ecorce®)



Toutes les hypothèses sont maintenues constantes.

Point de vue **énergétique** : l'enrobé à l'émulsion nécessite **2 fois moins** d'énergie

S. Goyer, M. Dauvergne, C. Ropert, L. Wendling, V. Gaudefroy, *Environmental data of cold mix using emulsified bitumen for a better selection of road materials*, 2nd International Symposium on Asphalt Pavement and Environment, Fortaleza, Brazil, October 2012.

Spécificités des matériaux à l'émulsion



Spécificités des matériaux à l'émulsion

- **Procédés d'enrobage**

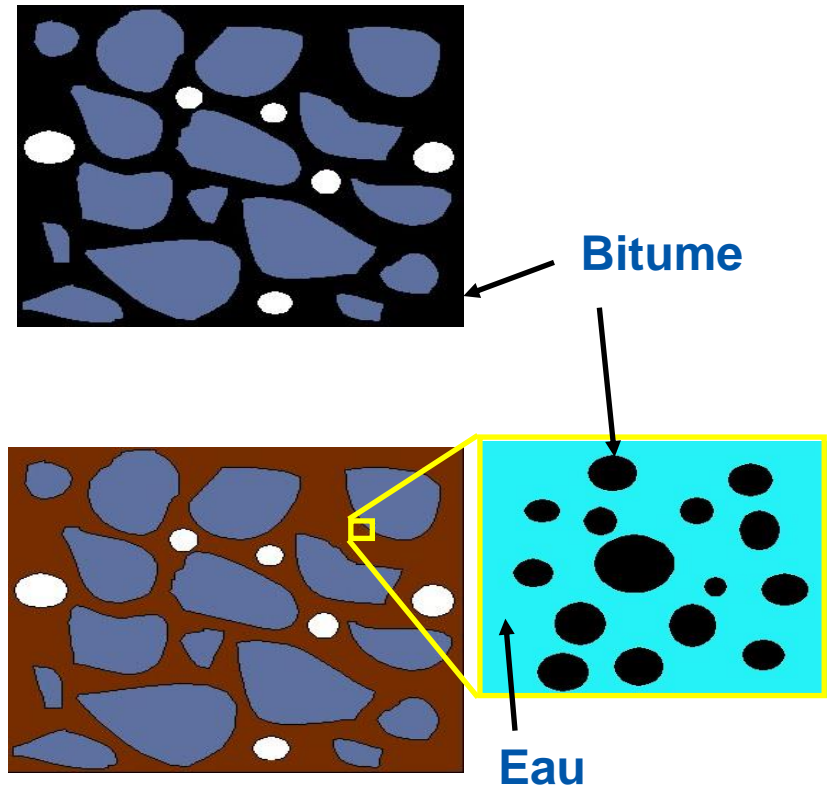
- 'A chaud'

- Chauffage à 160°C
 - Granulats, Bitume, Vides

- 'A froid' à l'émulsion

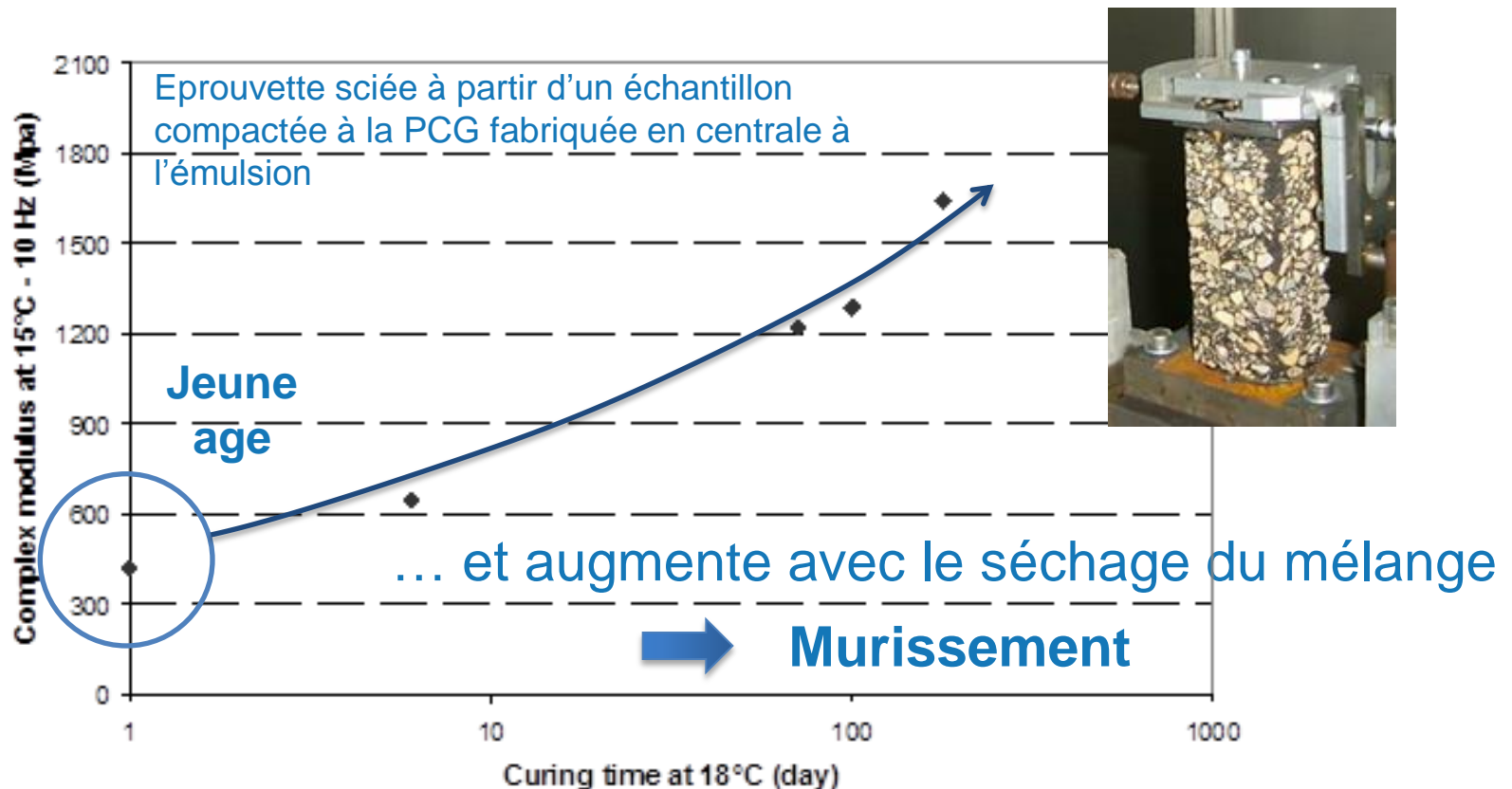
- Pas de chauffage
 - Granulats, Bitume, Vides

• Eau



Spécificités des matériaux à l'émulsion

- **Présence de l'eau**
 - Le module complexe est faible au jeune âge ...



Méthodologie



➤ Méthodologie



- **Approche technique** est nécessaire pour la formulation des mélanges et le dimensionnement des structures
 - **Sélection des matériaux et formulation** (émulsion et mélange) en fonction des granulats utilisés
 - **Comportement mécanique** au jeune âge puis en cours du murissement et la **durabilité** à long terme (en utilisant le module complexe et les critères de ruine)

- **Collaborations** depuis 2006 sur les Graves-Emulsion entre **l'USIRF, l'IFSTTAR et le CEREMA**

➤ Méthodologie

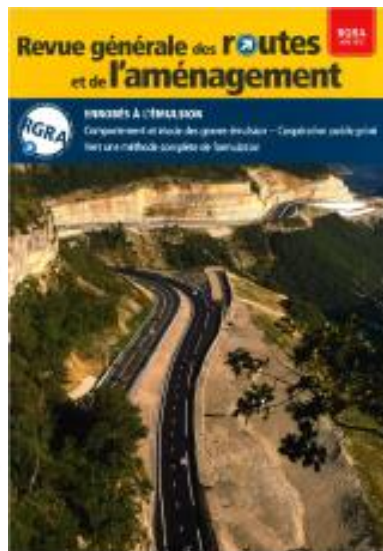
- La **formulation** du mélange est basé sur celle des chaud complété par des tests spécifiques

Etape 1 : formulation de l'émulsion et du mélange



Méthodes MLPC comme outils d'aide à la **formulation**

Etape 2 : Essais sur matériaux frais



Edition Spécial RGRA bilingue sur les expérimentations réelles

Etape 3 : Murissement



Etape 4 : Essais sur matériaux muris



Guide technique sur les mélanges à froid en cours



Normalisation française ... **afnor** NORMALISATION

Chantiers expérimentaux



Chantiers expérimentaux



- **4 sections** (renforcement avec couche de GE de 12 cm) réalisées (entre 2006 et 2012) et suivies avec différents paramètres (constituants, pratiques locales, conditions climatiques)

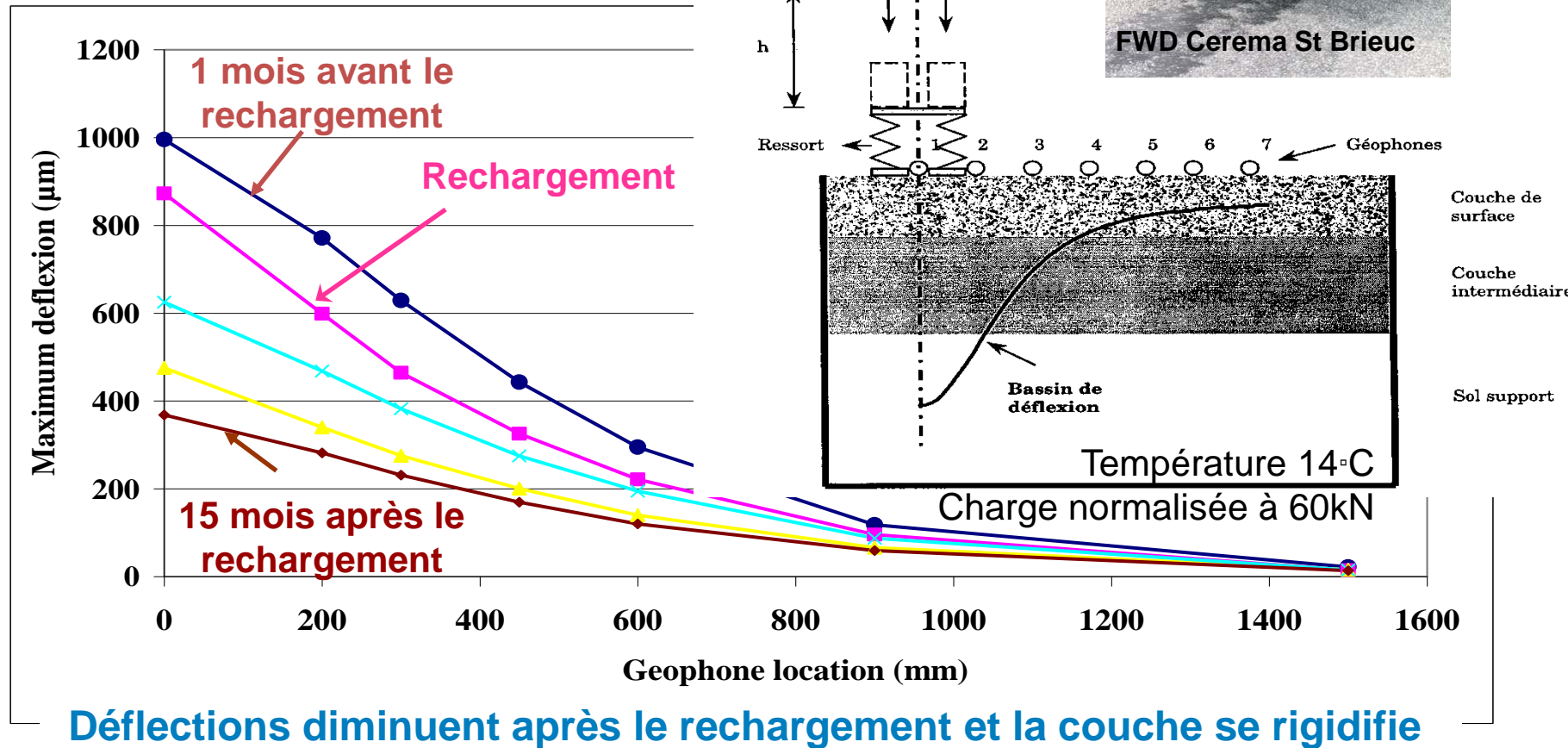
↳ Comportement mécanique des matériaux et des structures

- **Objectifs** de l'étude :
 - Evaluation de la couche de GE par FWD
 - Performances des matériaux (module, ...)
 - Acquisition des données issues des capteurs implantés dans la couche et autour du chantier



Chantiers expérimentaux

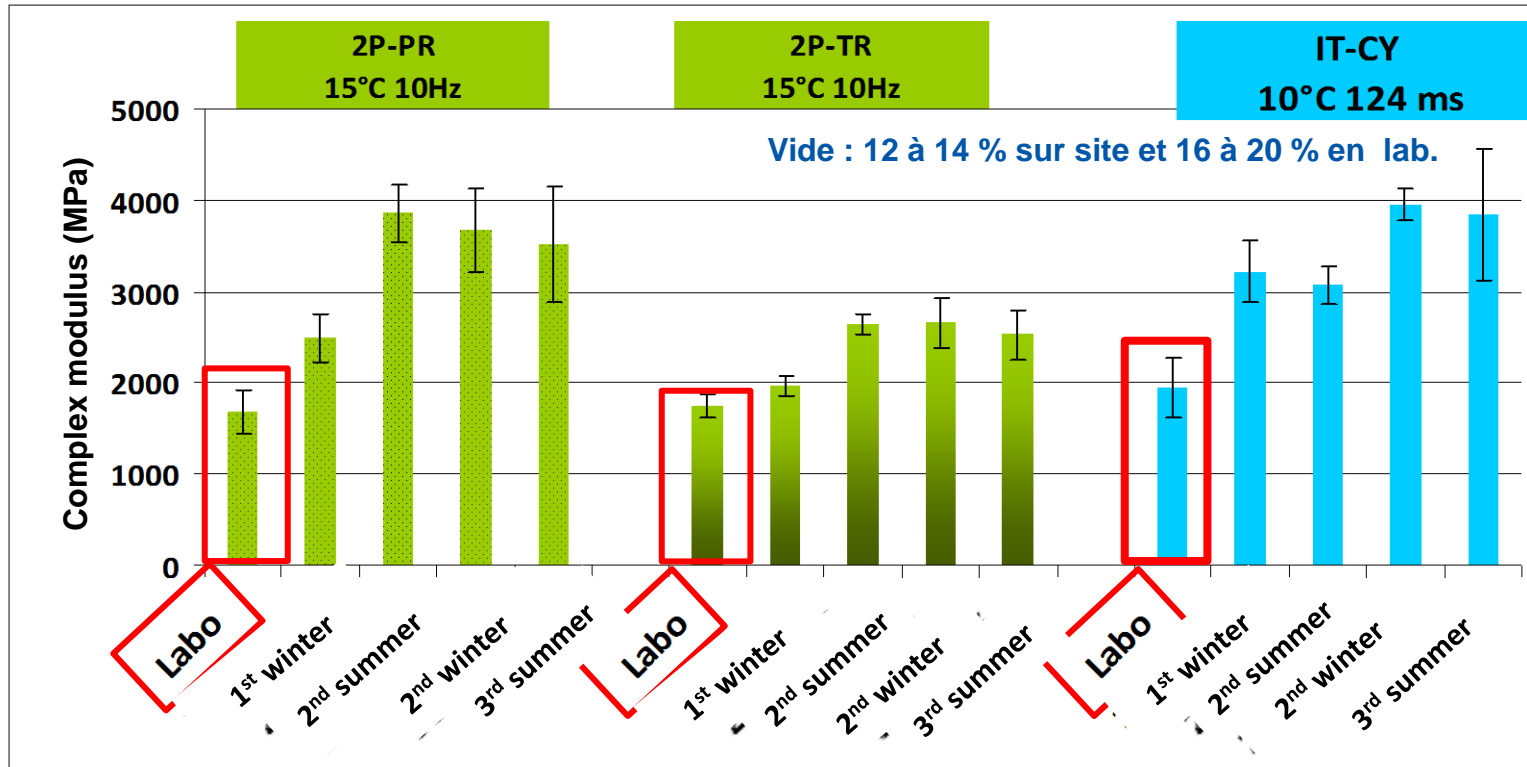
Mesures de déflexion par FWD



L. Wendling, V. Gaudetroy, C. de La Roche, L. Odie, J.C. Fabre, J.P. Serfass, A full-scale experimental to assess in situ cold bituminous mixtures behaviour, Proceedings of the 11th International Conference on Asphalt Pavements, Nagoya, Japon, August 2010.

Chantiers expérimentaux

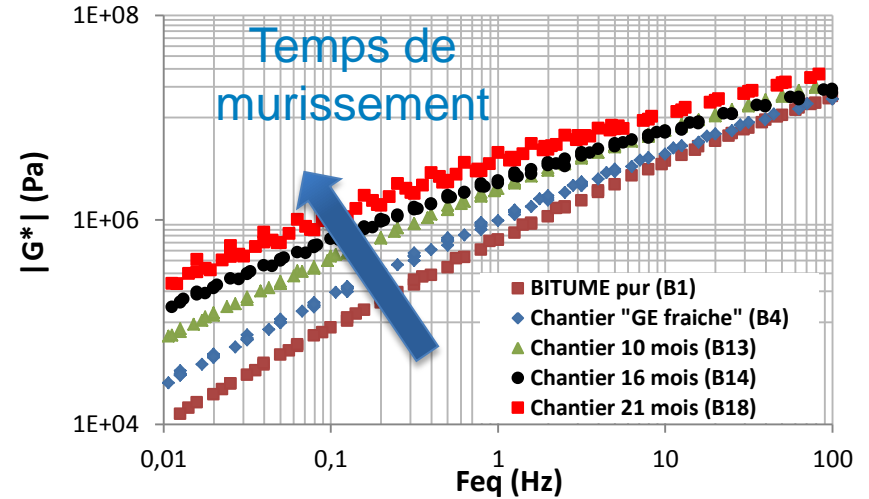
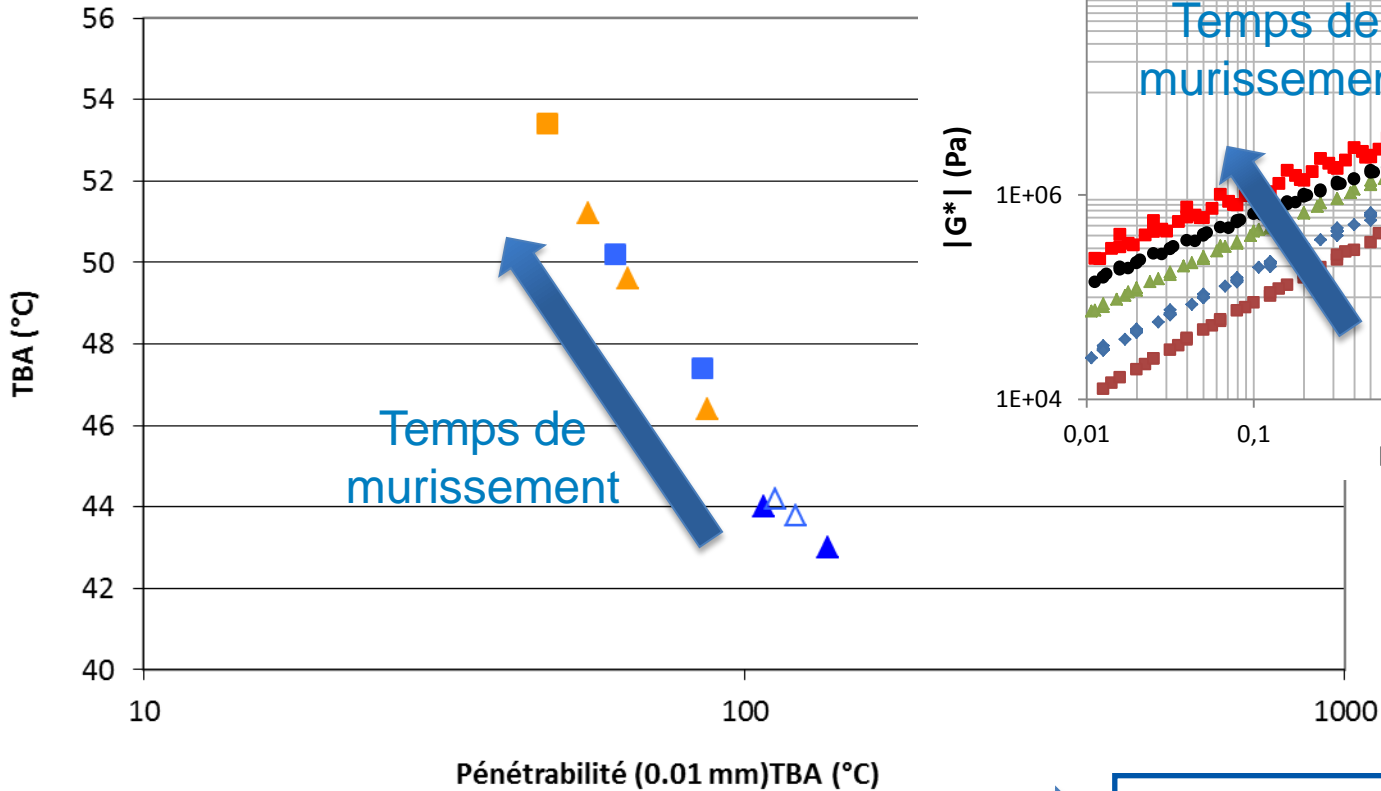
- Murissement sur site et en laboratoire



V. Gaudefroy, Bituminous emulsion and recycling: a french overview, International Symposium in 90st Association of Asphalt Paving Technologists Annual Meeting, Portland, USA, March 2015.

Chantiers expérimentaux

- Propriétés des liants extraits

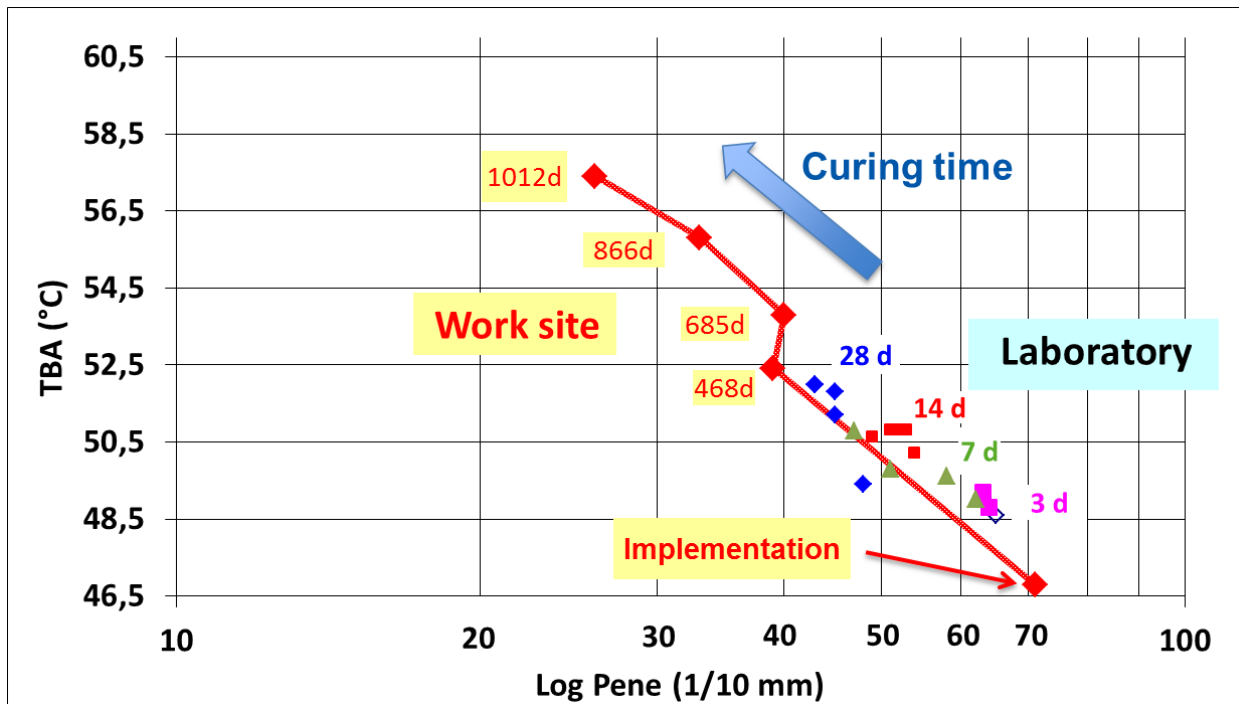


Rigidification du liant

Chantiers expérimentaux

- Propriétés des liants extraits

Comparaison avec murissement en laboratoire : 35°C 20%H



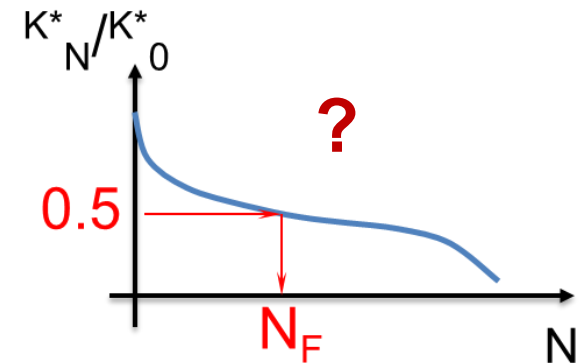
Relation linéaire :
 $TBA \sim f(\log pen)$

Après 28 jours en labo propriétés équivalentes avec 2 étés sur site

Les propriétés du liant changent mais pas le module de l'enrobé !

Chantiers expérimentaux

- **Durabilité – Dimensionnement**
 - Le **critère de fatigue** doit être **adapté** pour les mélanges à l'émulsion (éprouvettes, chargement, ...)
 - Le **suiti de chantiers** doit être poursuivi
 - **Besoin** de (re)définir des **mécanismes de ruine** des mélanges à l'émulsion
 - Actuellement, le seul critère utilisé est la déformation verticale du sol support



Thèse CIFRE-USIRF sur le comportement mécanique de la Grève-Emulsion



Thèse sur le comportement des GE

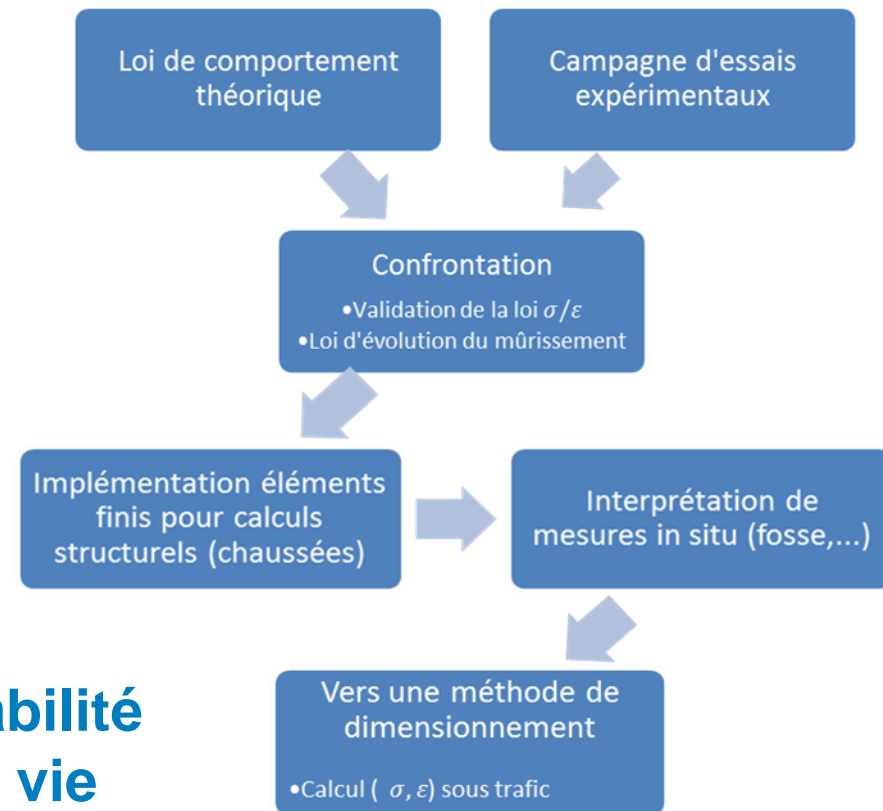
- Action de recherche de 3 ans (Thèse CIFRE)
- **Titre** : Mûrissement et comportement des enrobés bitumineux à l'émulsion de bitume et impact sur la réponse des chaussées sous trafic
- **Partenariat**
 - USIRF
 - IFSTTAR / Département MAST
 - Université de Limoges / Laboratoire GEMH
- Doctorante : Marion Lambert



Thèse sur le comportement des GE

- Objectifs de la thèse

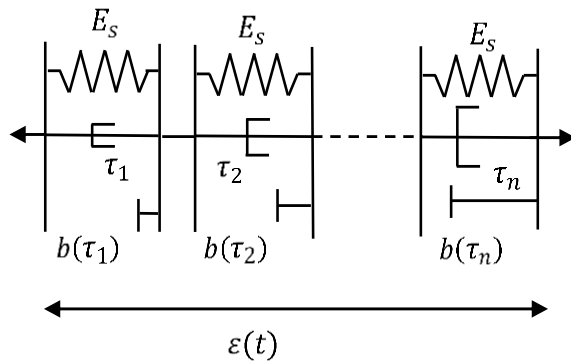
- Développer une **loi de comportement** des GE
- **L'intégrer** dans un **code de calcul** pour déterminer le **comportement globale** de chaussées avec la GE
- Dégager les **critères de durabilité** et les **mécanismes de fin de vie**



Thèse sur le comportement des GE

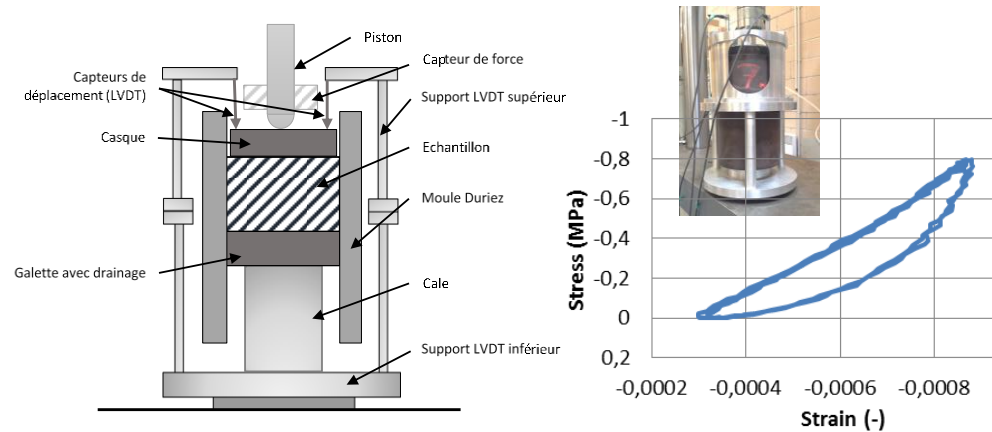
Approche théorique

- Matériau granulaire non lié (comportement élasticité non linéaire - Boyce)
- Matériau bitumineux lié (comportement thermo-viscoélastique - Huet)
- Variable de mûrissement

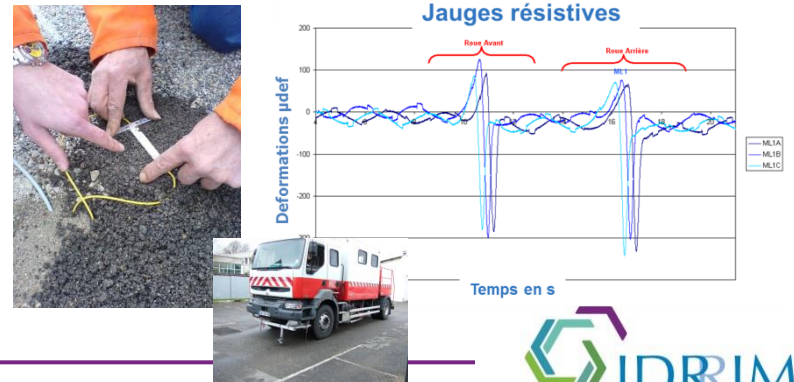


Approche expérimentale

- Laboratoire (essai œdométrique)



- Chantiers instrumentés




CONGRÈS DE L'IDRIM

Institut Des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité



Merci de votre attention



Etat de l'art des techniques d'enrobage à faible impact environnemental et présentation des travaux du projet européen SUP&R ITN

Paul MARSAC *IFSTTAR*



Type du projet

Action Marie Sklodowska Curie
Innovative Training Networks (ITN)



> Objectifs des projets européens ITN

Structurer les formations initiales et doctorales en Europe pour former une nouvelle génération de chercheurs

- 3 dimensions: internationale/Interdisciplinaire/Intersectorielle
 - Mobilité internationale
 - Partenariats : collaborations Universités/Instituts de recherche/Industriels
- 3 aspects: Formation/Innovation/Recherche
- Formation à travers des projets de recherche individuels intégrés dans un réseau

Budget de l'appel à projet 2016

- 370 millions d'EUR

Structure du projet

SUP&R ITN

Sustainable Pavement & Railway
Internal Training Network



> Objectifs

- Mettre en place un réseau multidisciplinaire et multisectoriel pour former une nouvelle génération d'ingénieurs dans le domaine des technologies durables
- Fournir des méthodes de conception et d'évaluation pour certifier la qualité environnementale des technologies étudiées dans le domaine des infrastructures de transport

Partenaires

10 partenaires principaux

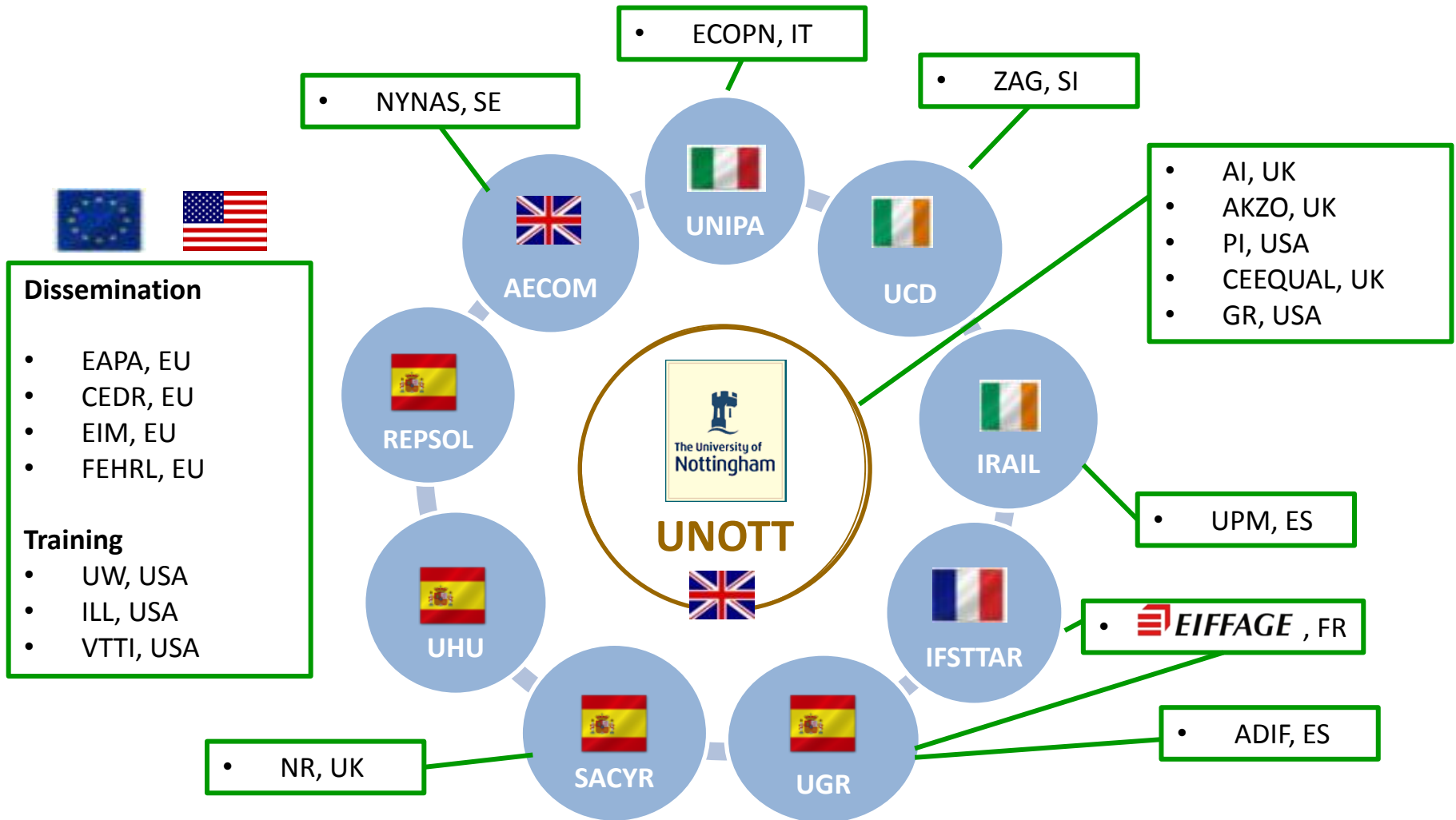


- 5 universités
- 1 organisme de recherche
- 4 entreprises

19 partenaires associés

- 4 universités (3 USA)
- 1 organisme de recherche
- 9 entreprises dont 2 PME (1 USA)
- 5 organisations internationales d'intérêt européen

Organisation



Structure

WP1
domaine routier



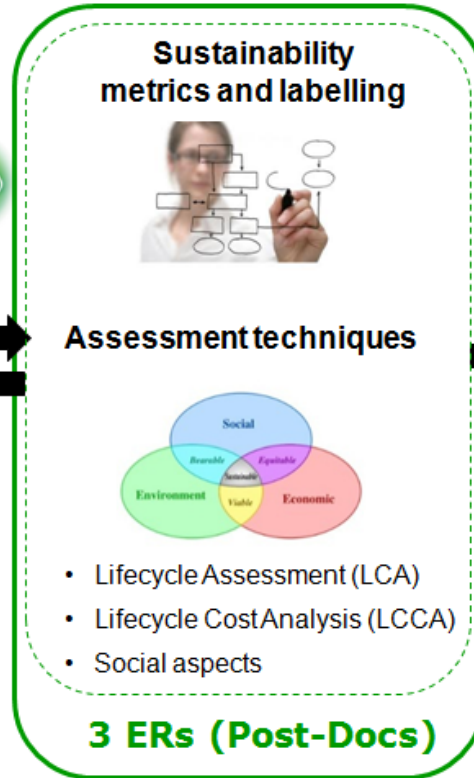
WP2
domaine ferroviaire



**Characterization and Design
of Sustainable Transport
Infrastructure Technologies**



WP3
**Sustainability
Assessment**



SUP&R ITN
methodology and software
for Sustainability assessment
of Pavement & Railways
infrastructure technologies

WP1: Routes durables



WP1 leader:
Paul MARSAC
paul.marsac@ifsttar.fr



Helena Lacalle
ESR1 – AECOM

Ana Jimenez del Barco
ESR2 – University of Nottingham

Miguel Perez
ESR3 – IFSTTAR

Simona Senise
ESR4 – REPSOL

Avido Yuliestyan
ESR5 – University of Huelva

Jose Manuel Lizarraga
ESR6 - SACYR

WP2: Voies ferrées durables



WP2 leader:
M.C. RUBIO
mcrubio@ugr.es



Giacomo D'Angelo
ESR7 – University of Nottingham

Fernando Martinez Soto
ESR8 – University of Palermo

Natalia Colinas
ESR9 – University of Palermo

Paraic Quirke
ESR10 – Irish Rail

Emina Balic
ESR11 – University College Dublin

Luca Pirozzolo
ESR12 – Universidad de Granada

WP3: Evaluation environnementale



WP3 leader:

Daide

LO PRESTI



daide.lopresti@nottingham.ac.uk

James Bryce

ER1a – University of Nottingham

Stefanie Brodie

ER1b – University of Nottingham

Sara Bressi

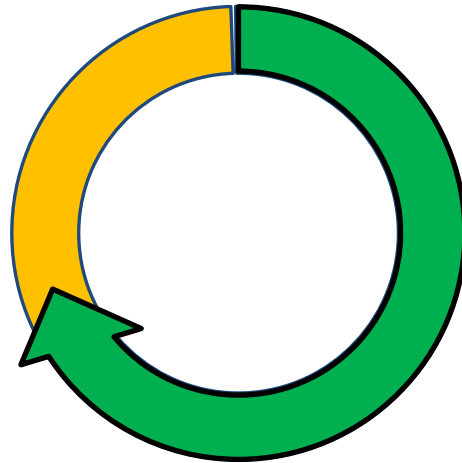
ER2 – University of Palermo, IT

Joao Oliveira Dos Santos

ER3 – IFSTTAR, FR

> Calendrier

- Lancement du projet: octobre 2013
- Durée : 4ans



État d'avancement actuel $\approx 2/3$ du projet

WP1

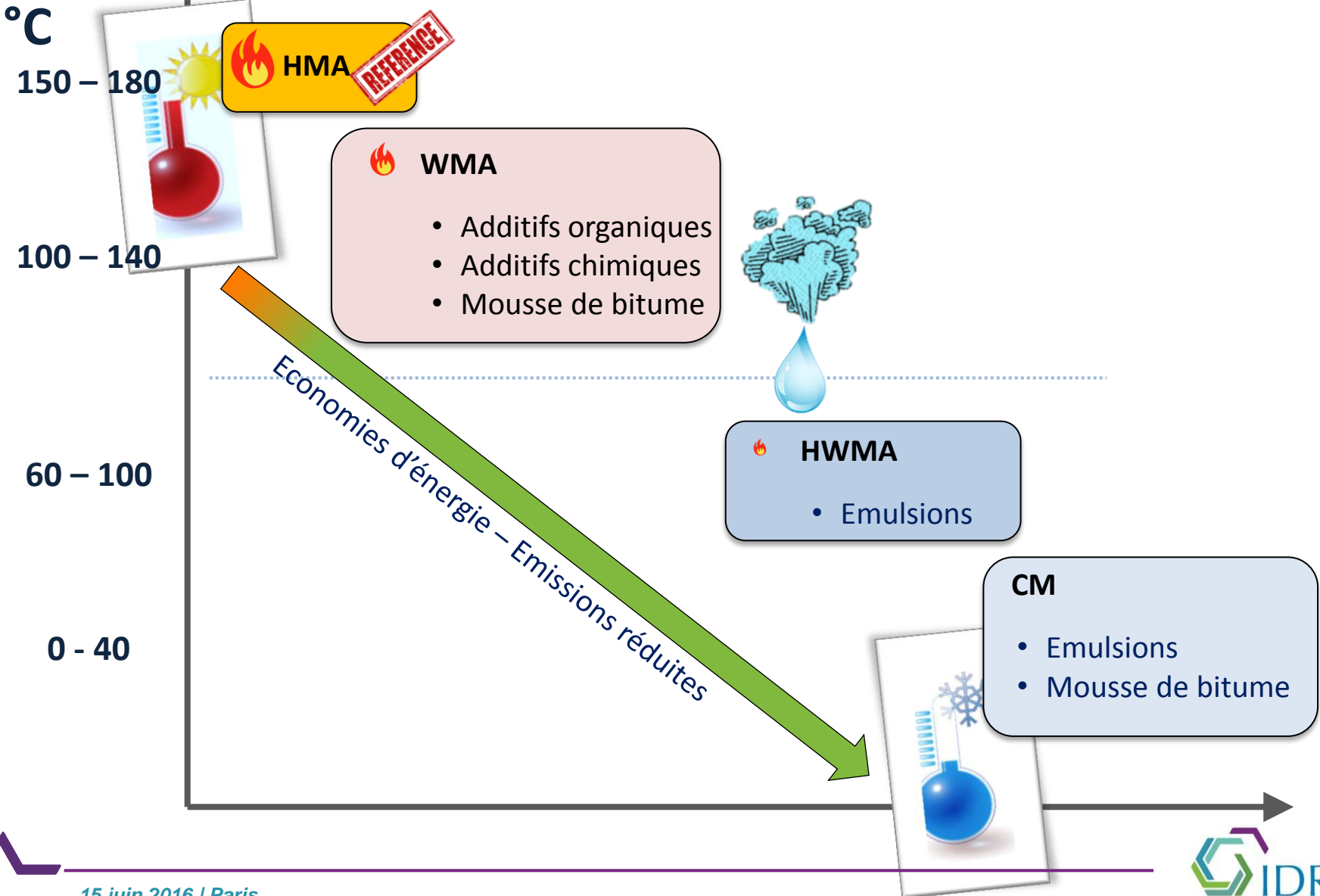
Routes durables: comment?



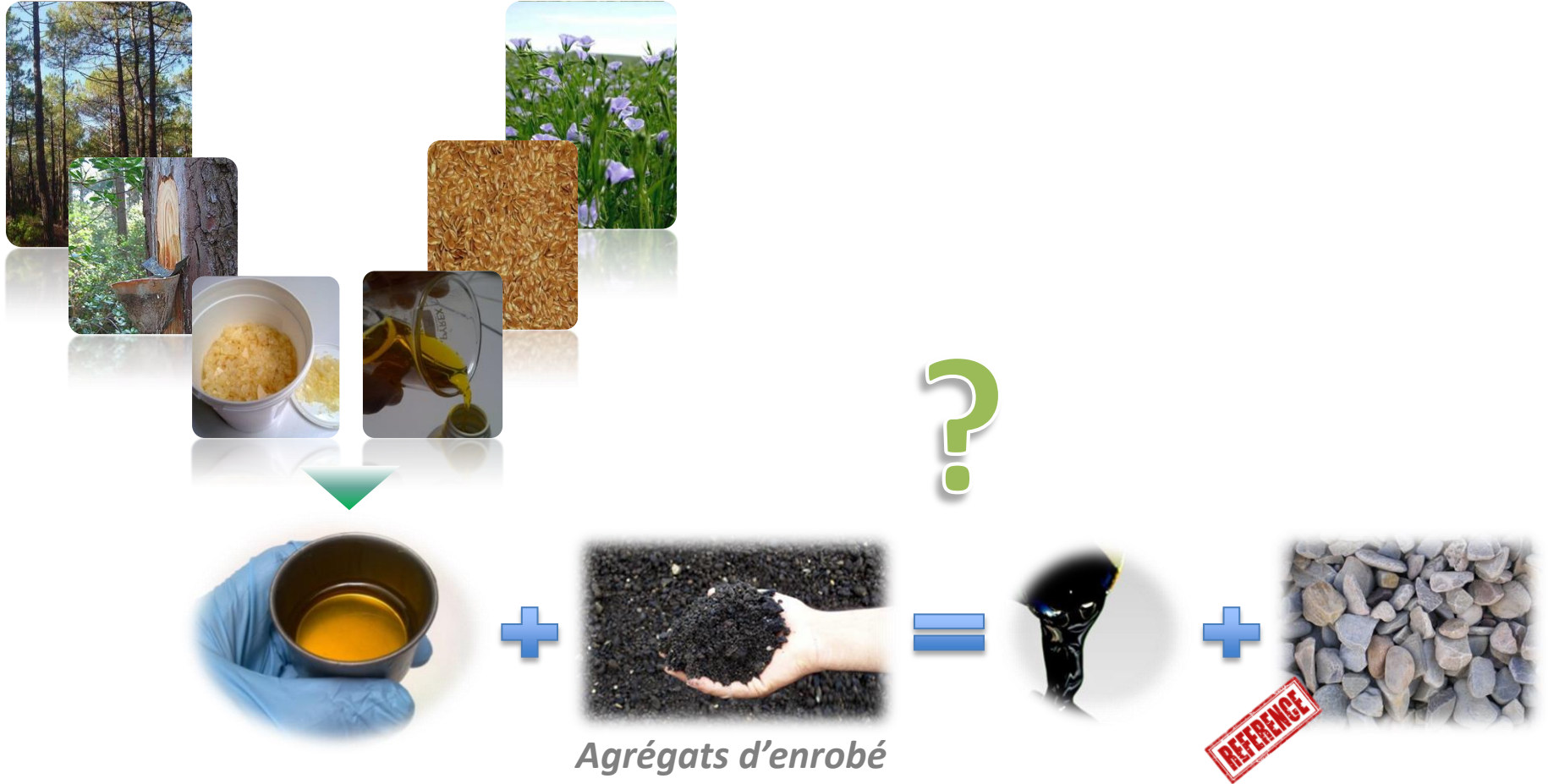
Recycler les matériaux



Diminuer la température de fabrication



Utiliser des matériaux biosourcés



Améliorer les liants

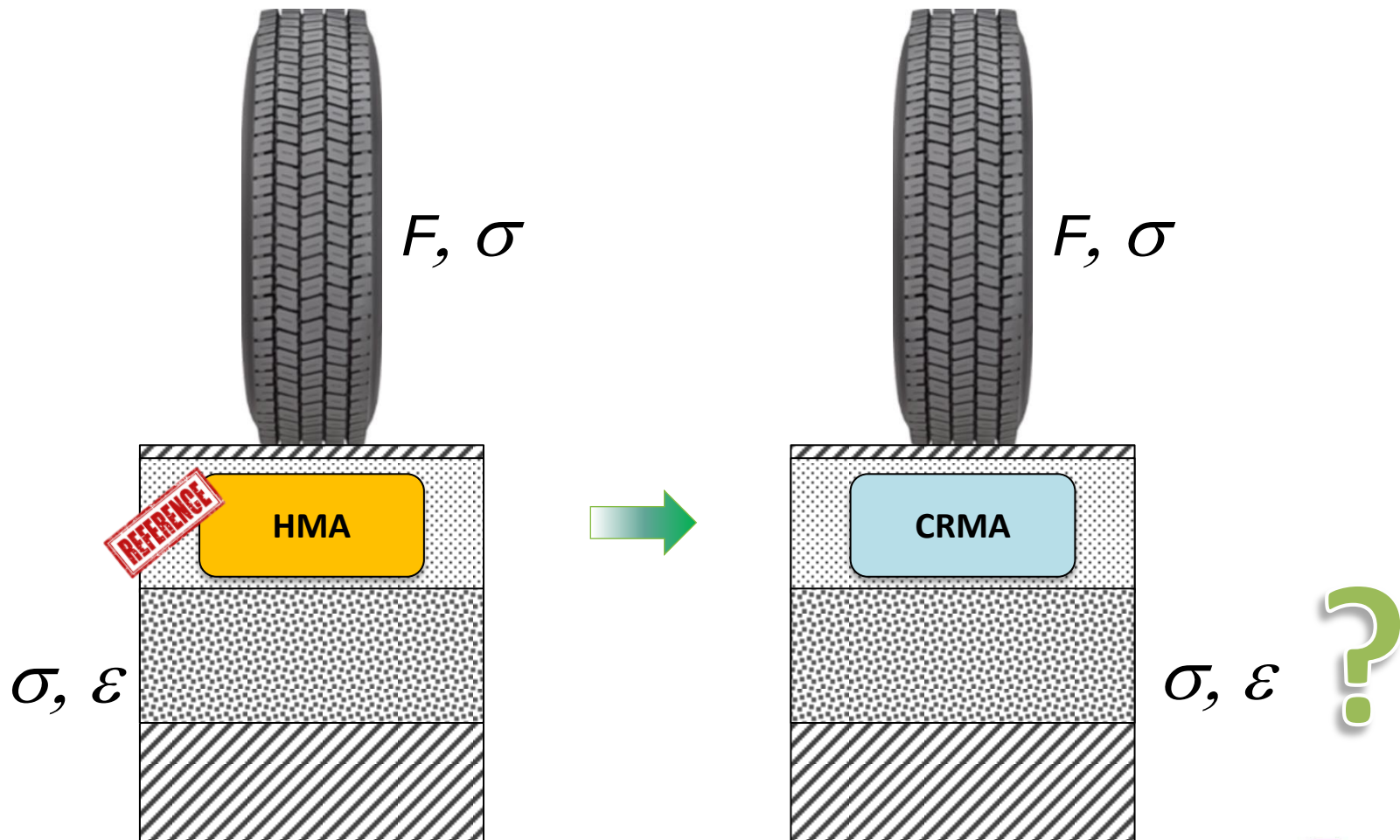


**Bitume modifié
caoutchouc polymères**



Emulsion de bitume modifié

Intégrer les nouveaux matériaux dans les modèles de dimensionnement



➤ Répartition des sujets du WP1 sur les thèmes

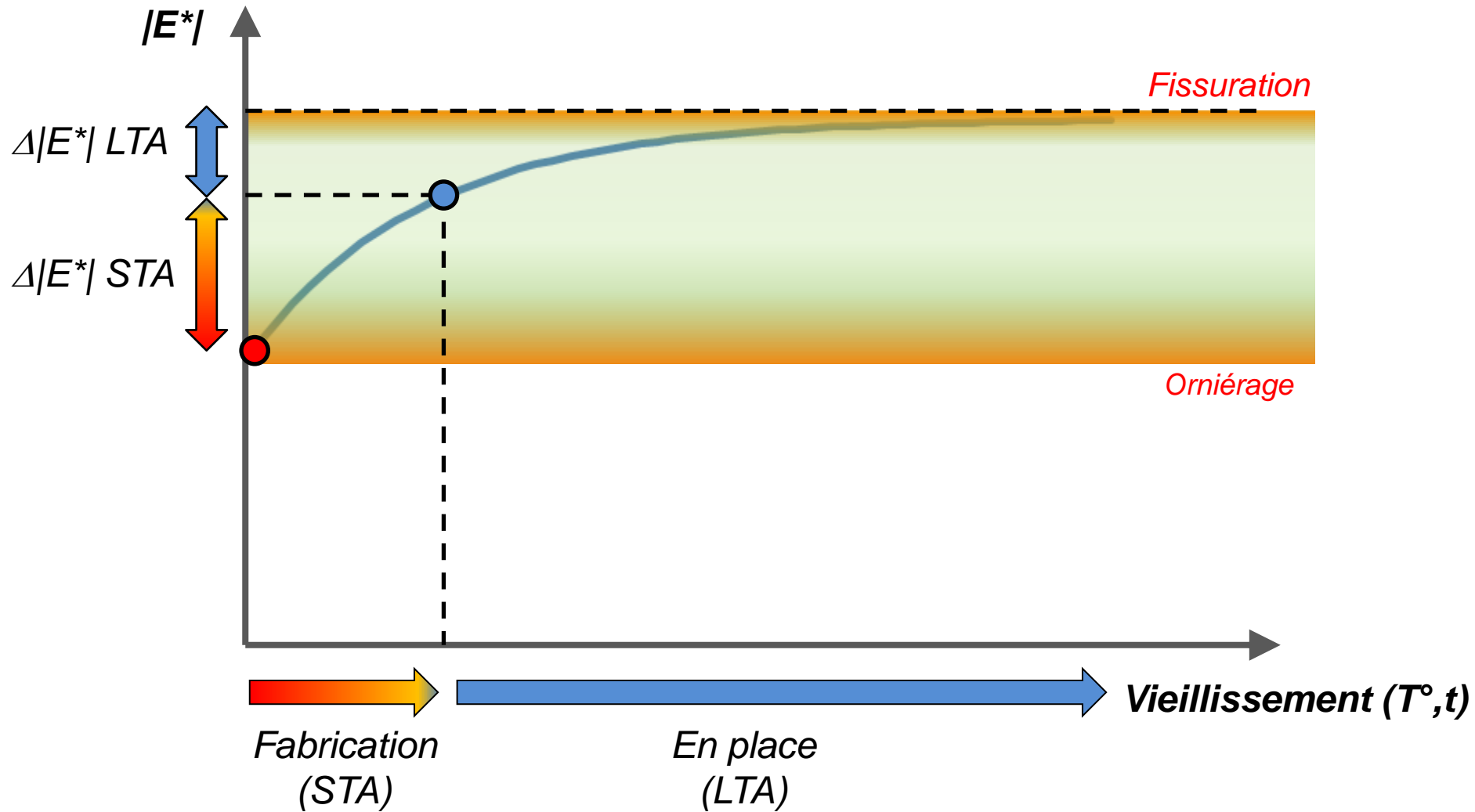
	ESR1 Helena	ESR2 Ana	ESR3 Miguel	ESR4 Simona	ESR5 Avido	ESR6 José
Recycler	X	X	X	X	X	X
Diminuer la température	X		X		X	X
Utiliser des matériaux biosourcés		X			X	
Améliorer les liants		X		X	X	
Intégrer dans le dimensionnement	X		X			

WP1

Exemples de premiers résultats

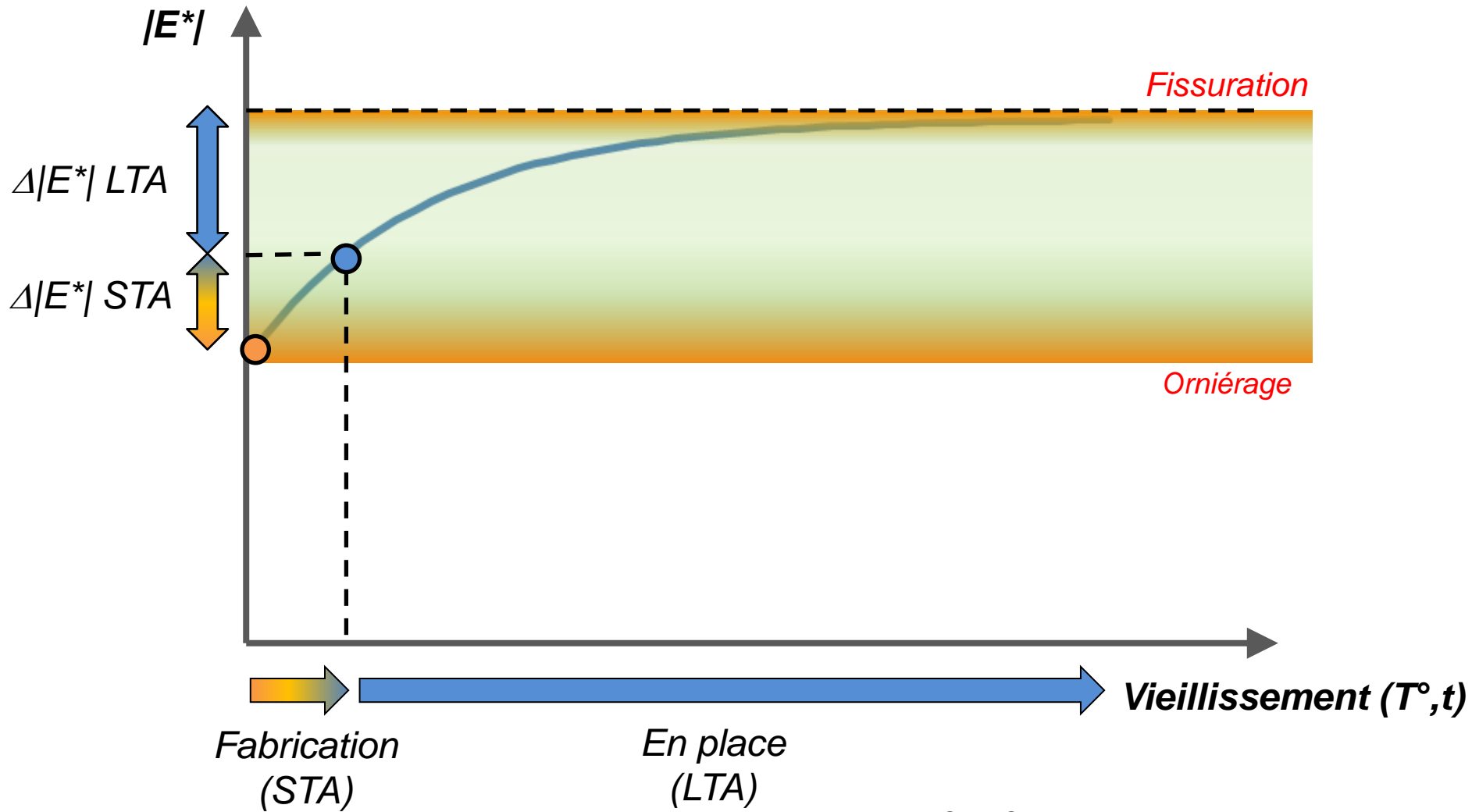


Ex1: Effet typique du vieillissement pour un HMA



STA=Short-Term Ageing
LTA= Long-Term Ageing

Ex1: Effet typique du vieillissement pour un WMA



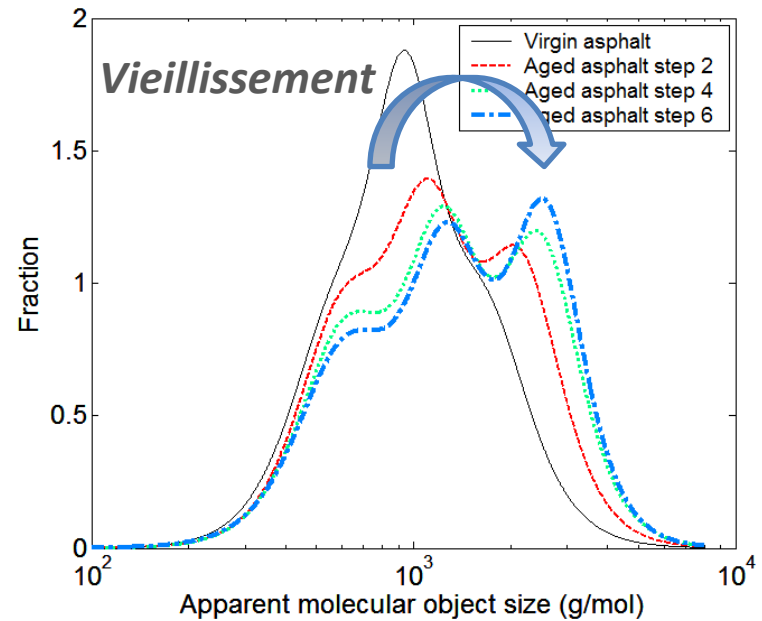
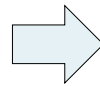
STA=Short-Term Ageing
LTA= Long-Term Ageing

Ex1: Conséquences sur l'utilisation des WMA

- Risque d'orniérage plus important aussitôt après la mise en œuvre
- Evolutions plus importantes des propriétés en service (LTA)
 - Module $|E^*|$
 - HMA: $\Delta|E^*|_{LTA} \approx +10\%$
 - WMA: $\Delta|E^*|_{LTA} \approx +20$ à 30%
 - Fatigue ε_6, ρ
 - HMA: $\Delta\varepsilon_6_{LTA} \approx +10\%$
 - WMA: $\Delta\varepsilon_6_{LTA} \approx +20\%$
- Evolutions à prendre en compte dans le dimensionnement ?

Ex2: Caractérisation du vieillissement des bitumes

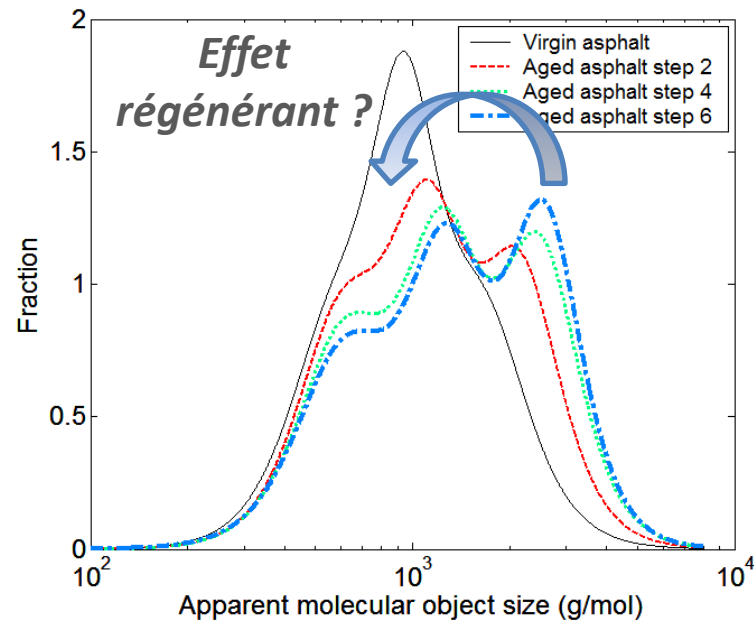
Evaluation d'une nouvelle méthode de caractérisation du vieillissement des bitumes en termes de masse moléculaire apparente à partir de mesures de module complexe (δ méthode*)



* A new method to quantify and evaluate ageing of asphalt from viscoelastic measurement – Themeli A. & al. – ISAP 2016

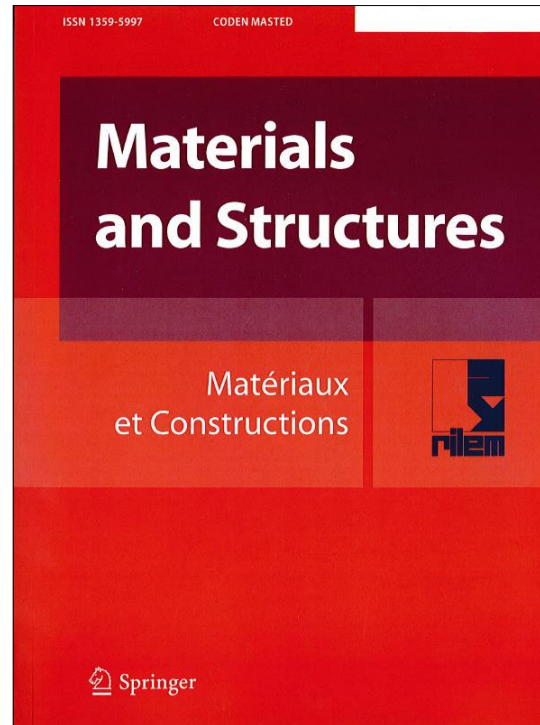
Ex2: Apport potentiel dans le cadre du recyclage

- Caractériser l'effet régénérant ?
 - des bitumes d'apport
 - des (bio)régénérants



> Diffusion

- Numéro Spécial Materials & Structures SUP&R ITN en préparation



ACKNOWLEDGMENTS

This project has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme for research, technological development and demonstration under grant agreement number 607524.



CONGRÈS DE L'IDRIM

Institut Des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité



Merci de votre attention