

## MBDE : Matériaux bitumineux durables et Economiques

**Mots-clés** (6 maxi): Matériaux, infrastructure, économie circulaire, bitume, durabilité, multi-recyclabilité

Responsable IFSTTAR Vincent Gaudefroy, MAST, MIT  
Autre Responsable Virginie Mouillet (CEREMA DeterMed)  
Axe de rattachement: 2  
Durée: 4 ans (2013-2016)

**Enjeux et objectifs** (*problématique scientifique, enjeux sociétaux concernés, originalité du projet, articulation avec le COP, références bibliographiques*). Ce paragraphe reste inchangé sur toute la durée de vie de l'outil incitatif.

Les enjeux de la transition écologique et énergétique engagés ces dernières années tendent à favoriser les pratiques routières à faible empreinte écologique. Cela se traduit par un objectif de sobriété énergétique et plus généralement par une baisse des consommations en ressources naturelles non renouvelables, accompagnée d'une limitation de la production de déchets routiers et des risques environnementaux et sanitaires. Ces bouleversements font évoluer les composants et/ou les procédés de fabrication des matériaux routiers et posent la question de leur devenir dans le temps compte tenu du faible recul qu'il est possible d'avoir actuellement. Si les résultats des programmes de recherches au niveau national (OPTIMIRR, EPEES) ou européen (ReRoad, Direct Mat, Samaris) ont montré tout le potentiel des produits routiers à base de liants hydrocarbonés à répondre à ces objectifs, ils ont aussi mis en évidence les verrous scientifiques à lever garant de leur acceptabilité vis à vis de leur rôle fonctionnel à remplir au sein des structures de chaussée et de leur durabilité. Il est proposé à travers la collaboration de recherche MBDE, de s'attacher à lever ces verrous scientifiques afin d'offrir aux gestionnaires d'infrastructures les outils nécessaires à une évaluation des risques de modification des cycles de vie des matériaux de chaussées traités aux liants hydrocarbonés. Pour cela le projet s'articule autour de 4 axes de recherche complémentaires:

- Axe 1 : Comportement des matériaux bitumineux en laboratoire
- Axe 2 : Etude et modélisation des mécanismes de durabilité in situ
- Axe 3 : Impacts environnementaux des produits et des procédés
- Axe 4 : Analyse des cycles de vie globaux des infrastructures routières

Si les trois premiers axes ont pour objectifs communs de résoudre par des apports scientifiques fondamentaux ou opérationnels des besoins exprimés ci avant, Le quatrième axe à vocation à dégager des pistes de développement de matériaux routiers innovants basée sur l'analyse de gravité d'études de cycle de vie à l'échelle de l'infrastructure.

### Sujets traités et résultats majeurs visés

Avancées scientifiques attendues :

La collaboration structurante de recherche MBDE s'inscrit dans une volonté d'approche globale du cycle de vie des matériaux de chaussée en complétant les approches économiques et performantielles par une approche environnementale. Les produits routiers concernés sont les matériaux traités à base de liants hydrocarbonés utilisés sous forme anhydre, mis en émulsion et sous forme de mousse que ce soit pour les couches de surface que pour les couches structurales avec ou sans recyclés. La méthodologie de formulation en laboratoire des matériaux routiers est basée sur le concept « d'une prédiction, en fonction d'une liste de paramètres que l'on se sera donnée, des propriétés qui nous semblent importantes du comportement in situ ». De fait de la complexité des matériaux routiers l'approche opérationnelle est privilégiée accompagnée d'un approfondissement sur des points particuliers pour lesquels les besoins en connaissances fondamentales est incontournable. Sont concernés à titre d'exemple, le vieillissement des liants, leur miscibilité pour appréhender leur pluri-recyclabilité, l'adhésion des liants sur le substrat minéraux, les eaux de ruptures des matériaux traités à l'émulsion. A titre d'exemple et pour les techniques à l'émulsion de bitume ; ces thèmes sont

complétés par des travaux sur les évolutions au jeune âge des micro-structures et des matériaux ainsi que le comportement thermo-mécanique évolutif.

Différents vecteurs de communications sont envisagés pour porter à la connaissance des communautés impliquées les différents aspects traités : Publications scientifiques, rédaction de normes d'essais et de méthodes d'essais, guides et recommandations.

## Implication prévue

Temps prévus : IFSTTAR : 80 hm/an, et CEREMA - 100 hm/an

## Produits majeurs

Publications dans des revues internationales

- L. Ziyani, V. Gaudefroy, V. Ferber, F. Hammoum, A predictive and experimental method to assess bitumen emulsion wetting on mineral substrates, *Colloids and surfaces A: Physicochemical and engineering aspects*, 2016, 489, 322-335.  
DOI:10.1016/j.colsurfa.2015.11.002
- L. Wendling, V. Gaudefroy, J. Gaschet, S. Ollier, S. Gallier, Evaluation of the compactability of bituminous emulsion mixes: experimental device and methodology, *International Journal of Pavement Engineering*, 2016, 17, 1, 71-80. DOI:10.1080/10298436.2014.925553.
- S.C. Some, V. Gaudefroy, D. Delaunay, Effect of vegetable oil additives on binder and mix properties: laboratory and field investigation, *Materials and Structures*, 49,6, 2197-2208, 2016, DOI: 10.1617/s11527-015-0643-1.
- L. Boucard, V. Schmitt, F. Farcas, V. Gaudefroy, Bitumen emulsions formulation and destabilisation process relationship: influence of salts addition, *Road Materials and Pavement Design*, 2015, 16, 1, 330-348. DOI:10.1080/14680629.2015.1030910.
- L. Wendling, V. Gaudefroy, J. Gaschet, S. Ollier, S. Gallier, Evaluation of the compactability of bituminous emulsion mixes: experimental device and methodology, *International Journal of Pavement Engineering*, 2016, 17, 1, 71-80. DOI:10.1080/10298436.2014.925553.
- G. Tebaldi, E.V. Dave, P. Marsac, P. Muraya, M. Hugener, M. Pasetto, A. Graziani, A. Grilli, M. Bocci, A. Marradi, L. Wendling, V. Gaudefroy, K. Jenkins, A. Loizos, F. Canestrari, Synthesis of standards and procedures for specimen preparation and in-field evaluation of cold-recycled asphalt mixtures, *Road Materials and Pavement Design*, 2014, 15, 2, 272-299, DOI: 10.1080/14680629.2013.866707
- S.C. Some, V. Gaudefroy, D. Delaunay, A new laboratory method to evaluate the influence of aggregate temperature on the binder-aggregate bonding: first results, *Materials and Structures*, 2014, 47, 6, 963-976, DOI: 10.1617/s11527-013-0106-5.
- L. Ziyani, V. Gaudefroy, V. Ferber, D. Deneele, F. Hammoum, Chemical reactivity of mineral aggregates in aqueous solution – Relationship with bitumen emulsion breaking, *Journal of Materials Science*, 2014, 49, 6, 2465-2476, DOI: 10.1007/s10853-013-7938-9
- M. Lopes, T. Gabet, L. Bernucci, V. Mouillet, Durability of hot and warm asphalt mixtures, *Journal of Materials & Structure*, DOI 10.1617/s11527-014-0454-9
- V. Mouillet, F. Farcas, E. Chailleux, L. Sauger, Evolution of bituminous mix behaviour submitted to UV rays in laboratory compared to field exposure, *Journal of Materials & Structure*, 47, 8, 1287-1299, 2014.
- V. Mouillet, D. Séjourné, V. Delmotte, H.J. Ritter, D. Lesueur, Method of quantification of hydrated lime in asphalt mixtures, *Construction and building materials*, 68, 348-354, 2014

Congrès internationaux

- L. Boucard, V. Schmitt, E. Chailleux, F. Farcas, V. Gaudefroy, Bitumen-in-water emulsion: Destabilization by electrolyte solutions and rheological evaluation, *Proceedings of the Eurasphalt and Eurobitume 6th Congress*, Prague, Czech Republic, June 2016.
- M. Perez-Martinez, P. Marsac, T. Gabet, F. Hammoum, M. Lopes, S. Pouget Long term properties assessment of HMA and WMA with RAP, *Proceedings of the Eurasphalt and Eurobitume 6th Congress*, Prague, Czech Republic, June 2016.

- M. Perez-Martinez, P. Marsac, T. Gabet, F. Hammoum, Effects of ageing on Warm Mix Asphalts with High Rates of Reclaimed Asphalt Pavement, Proceedings of MCD Rilem International 8th conference, Nantes, France, June 2016.
- C. Somé A. Pavoine, L. De Marco, V. Gaudefroy, L. Andrieux, G. Di Stasio, A. Roberto, Assessment of the performances of foamed asphalt mix containing RA, Proceedings of the Eurasphalt and Eurobitume 6th Congress, Prague, Czech Republic, June 2016.
- A. Fabre, A. Dony, S. Faucon-Dumont, V. Gaudefroy, J.N. Roux, Evaluation of tools for measuring the workability of bituminous asphalts Proceedings of the Eurasphalt and Eurobitume 6th Congress, Prague, Czech Republic, June 2016.
- M. Perez-Martinez, P. Marsac, T. Gabet, F. Hammoum, M. Lopes, S. Pouget: Durability analysis of different warm mix asphalt containing reclaimed asphalt pavement, AIPCR Congress, Seoul, November 2015.
- M. Perez-Martinez, P. Marsac, T. Gabet, E. Chailleux, Prediction of the mechanical properties of aged asphalt mixes from FTIR measurements, 8th International RILEM SIB Symposium, Ancona, Italy, October 2015.
- C.W. Chen, V. Gaudefroy, M. Duc, Y. Descantes, F. Hammoum, J.P. Magnan, A mineralogical approach of the interactions between bitumen, clay and water in hot mix asphalt (HMA), 8th International RILEM SIB Symposium, Ancona, Italy, October 2015.
- L. Boucard, V. Schmitt, F. Farcas, V. Gaudefroy, Bitumen emulsions formulation and destabilization process relationship: influence of salts addition, 6th Conference of the European Asphalt Technology Association, Stockholm, Sweden, June, 2015.
- V. Shubina, L. Gaillet, T. Chaussadent, S. Ababou-Girard, H. Terrisse, V. Gaudefroy, J. Creus, Corrosion inhibition efficiency of rhamnolipids in simulated concrete pore solution, 11th International Symposium on Electrochemical Methods in Corrosion Research, Troia, Portugal, May 2015.
- L. Ziyani, V. Gaudefroy, V. Ferber, F. Hammoum, Rational and practical approaches for studying the bitumen emulsion/mineral substrate interface, International Conference on Innovations in Construction, Paris, France, May 2015.
- L. Boucard, V. Schmitt, E. Chailleux, F. Farcas, V. Gaudefroy, Rheological properties of bitumen-in-water emulsions during destabilization processes, 10th Annual European Rheology Conference, Nantes, France, April 2015.
- V. Gaudefroy, Bituminous emulsion and recycling: a french overview, Conference invitee, International Symposium in 90st Association of Asphalt Paving Technologists Annual Meeting, Portland, USA, March 2015.

#### Congrès nationaux

- C. Some, V. Gaudefroy, A. Pavoine, Viscoelastic behavior of fluxed asphalt binders and mixes, 22ème Congrès français de mécanique, Lyon, Aout 2015.
- A. Fabre, A. Dony, J.N. Roux, V. Gaudefroy, Maniabilité des enrobés bitumineux tièdes aux températures de mise en œuvre, 32èmes rencontres universitaires de l'AUGC, Orléans, Juin 2014.

#### Ouvrages

- Guide technique IDRRIM « Abaissement de température des mélanges bitumineux : Etat de l'art et recommandations », Edition CEREMA, Octobre 2015, 60p.
- Contribution à la rédaction (en cours) des Guides Techniques IDRRIM Enrobés à froid et Recyclage

#### Revue professionnelle

- Fabre des Essarts, A. Dony, J-N Roux, V. Gaudefroy, «Influence de la compacité des corps d'épreuves sur l'évaluation en laboratoire de la maniabilité des enrobés tièdes», Revue Générale des Routes et Aérodromes, 928, 56-59, Juin 2015

## Norme

- Rédaction de la norme française NF P 98-258-1 traitant de la détermination de la montée en cohésion des mélanges bitumineux : Partie 1 Méthode du maniabilimètre, 2014.

## Thèses

- Manuela Lopes, *Evaluation de la durabilité des enrobés chauds et tièdes contenant des agrégats d'enrobés*, (Coopération France-Brésil, CEREMA-IFSTTAR, 2011-2014)
- Angélique Fabre des Essarts, *Maniabilité des enrobés tièdes*, Thèse ESTP (2013-2016).
- Laure Boucard, *Evolution du comportement et de la microstructure d'enrobés économes en énergie en relation avec leur état hydrique*, Thèse IFSTTAR-Région PdL (2013-2016)
- Miguel Perez-Martinez, *Performances à long terme d'enrobés tièdes contenant des recyclés*, Thèse SUP&R ITN Marie Curie (2014-2017).
- Sabine Vassaux, *Miscibilité et remobilisation des liants et impact sur la durabilité des enrobés incorporant des recyclés*, Thèse ANR IMPROVMURE (2014-2017)
- Marion Lambert, *Mûrissement et comportement des enrobés bitumineux à l'émulsion de bitume et impact sur la réponse des chaussées sous trafic*, Thèse CIFRE USIRF (2015/2018)
- Marie Goavec, *Séchage des matériaux de chaussée traités à l'émulsion de bitume*, Thèse IFSTTAR (2015-2018)
- Justine Vinet, *Adhésion et durabilité de matériaux pour infrastructures de transport : Evaluation de l'impact de l'additivation*, Thèse CIFRE EUROVIA, (2016/2019).

## Partenariats et contrats

### Partenaires

- IFSTTAR, CEREMA, DGITM, IDRRIM
- Universités-Centres de Recherche: Univ Nantes, Centre de Recherche CNRS Paul Pascal Bordeaux, Univ Limoges, ENSC Rennes, ENTPE
- Collectivités : Conseils Généraux (31, 35, 43)
- Entreprises; USIRF, GPB, Eiffage, Eurovia, Charier, Malet, Colas,
- International : RILEM, ISAP

### Collaborations majeures :

- Projet '*Innovation en Matériaux et PROCédés pour la Valorisation du Multi-Recyclage des Enrobés*' (IMPROVMURE), ANR MATETPRO, Partenaires : EIFFAGE Travaux Publics (Pilote), IFSTTAR, ENTPE, CEREMA (2014-2017)
- Projet National '*Multi recyclage et enrobés tièdes*' (MURE), Pilotage IREX.
- Contrat de Collaboration USIRF IFSTTAR Chantier RD26 (2012-2014), Thèse USIRF Grave-Emulsion (2015-2018)
- Sustainable Pavements & Railways Initial Training Network (Financement européen, Marie curie Actions, 2013-2017)
- Convention de recherche-développement ANSES, *Produits routiers bitumineux : vers une nouvelle méthodologie d'évaluation des matériaux et de leurs émission* (2014-2016).

## Thèses

En cours :

- Financement IFSTTAR
  - Séchage des matériaux de chaussée traités à l'émulsion de bitume (IFSTTAR, 2015-2018)
- Financement hors IFSTTAR
  - Miscibilité et remobilisation des liants et impact sur la durabilité des enrobés incorporant des recyclés (ANR IMPROVMURE, IFSTTAR-CEREMA-EIFFAGE, 2014-2017)
  - Performances à long terme d'enrobés tièdes contenant des recyclés (ITN Marie Curie, 2014-2017)
  - Mûrissement et comportement des enrobés bitumineux à l'émulsion de bitume et impact sur la réponse des chaussées sous trafic, Thèse Cifre USIRF (2015/2018)
  - Adhésion et durabilité de matériaux pour infrastructures de transport : Evaluation de l'impact de l'additivation, Thèse Cifre EUROVIA, (2016/2019)

Soutenues

- Apport de la physico chimie pour une meilleure formulation et compréhension du comportement au jeune âge des matériaux retraités à l'émulsion de bitume (Layella ZIYANI, Cifre Charier - IFSTTAR, 2010-2013)
- Optimisation de la composition des enrobés bitumineux vis-à-vis de l'adhérence et de son maintien dans le temps (C Hervouet, ERA36-Angers, 2011-2014)
- Evaluation de la durabilité des enrobés chauds et tièdes contenant des agrégats d'enrobés (Manuela Lopes, Coopération France-Brésil, CEREMA-IFSTTAR, 2011-2014)
- Maniabilité des enrobés tièdes (Angélique Fabre des Essarts, ESTP, 2013-2016)
- Evaluation du comportement de mélanges à l'émulsion et de l'interface liant granulat en relation avec leur état hydrique (Laure Boucard, IFSTTAR-Région Pays de Loire, 2013-2016)

## Résultats obtenus

- Publication d'un Guide technique IDRRIM Enrobés tièdes
- Suivi des projets financés à l'échelle national (IMPROVMURE) et européen (ITN)
- Suivi du Projet National MURE et de collaborations académiques (CRPP-CNRS Bordeaux, Univ Limoges, ENSCR) et industrielles (USIRF)
- Rapport sur le suivi des chantiers IFSTTAR – USIRF de graves-émulsion
- 5 Rapports de thèse de Layella Ziyani (CIFRE CHARIER), Manuela Lopes (Coll France Brésil), Christelle Hervouet (CEREMA ERA36), Angélique Fabre des essarts (Coll ESTP) et Laure Boucard (IFSTTAR)
- Livable phare de l'Axe 2 : Méthode MLPC « fumées d'enrobés »
- Méthode MLPC : détection de HAP dans les enrobés (CEREMA DeTerMed)
- 11 Articles de revues scientifiques internationales et plus d'une quinzaine de communications en congrès

## **Programme pour 2017**

- Publications internationales et valorisation des travaux de thèse soutenues et en cours
- Ouvrages : Publications par l'IDRRIM des Guides Techniques IDRRIM « Enrobés à froid » et « Recyclage »
- Thèses : Soutenance des thèses de Miguel Perez-Martinez et de Sabine Vassaux, Avancement des travaux sur le comportement des matériaux à l'émulsion (séchage et comportement mécanique) et de la durabilité des matériaux routiers
- Projets de recherche et de R&D : Rapports sur l'avancement des projets IMPROVMURE et MURE (Axes 1 et 2) et CRD ANSES (Axe 3)
- Contrats : Bilan de l'expérimentation RD26 (IFSTTAR-USIRF-CEREMA) et Suivi du contrat de Recherche avec le CG35-ENSCR-CEREMA-IFSTTAR.

La collaboration structurante de recherche est active jusqu'à la fin de l'année 2016. L'année 2017 sera consacrée à la valorisation des résultats et au séminaire de clôture.

## **Valorisations proposées et perspectives**

- Journée de communication avec l'USIRF sur les avancées scientifiques et techniques des matériaux routiers à l'émulsion de bitume (programmation à organiser en 2017)
- Journée de clôture de collaboration structurante de recherche MBDE en 2017