

# Développement durable dans les infrastructures de transport



**Dr Maissa Gharbi**

Collaboratrice scientifique, domaine de compétences infrastructures de transport, BFH



**Dr Nicolas Bueche**

Responsable du domaine de compétences Infrastructures de transport, BFH

Depuis la crise climatique des années 1970 et le protocole de Kyoto en 1997, et avec la prise de conscience croissante du changement climatique, les spécialistes des infrastructures de transport ont cherché à innover afin d'économiser les ressources naturelles et de réduire la consommation d'énergie et les émissions pour la construction des chaussées.

Les enrobés monocouches assurant à la fois la fonction de couche de base et de couche de roulement présentent une alternative intéressante aux structures multicouches, permettant notamment de réduire les coûts de construction et de maintenance, tout comme l'utilisation de matière première. Cependant, ces enrobés demeurent peu utilisés et leur domaine d'application est actuellement restreint aux chaussées sous faibles sollicitations.

Parallèlement à cela, le recours à de nouvelles technologies et à des matériaux souvent qualifiés d'écoresponsables dans la construction, de même que la réhabilitation des infrastructures routières, permet de renforcer notre contribution à une construction plus durable et écologique. Parmi ces nouvelles technologies, l'utilisation d'enrobé nécessitant des températures de fabrication plus basses, comme l'enrobé tiède (Warm Mix Asphalt – WMA), a fait l'objet d'une attention particulière<sup>1</sup>. Généralement, la technologie WMA permet de réduire la température de production et de compactage de 20 °C à 60 °C par rapport à l'enrobé à chaud conventionnel. Par exemple, la production WMA avec additifs chimiques permet de réduire de 24 à 30 % la pollution de l'air et de 18 % la consommation de combustibles fossiles<sup>2</sup>.

De plus, au cours des deux dernières décennies, on a observé un intérêt croissant à l'égard des agrégats d'enrobés recyclés (Reclaimed Asphalt Pavement – RAP) pour remplacer partiellement ou complètement les granulats naturels dans l'enrobé à chaud<sup>3,4</sup>. Les études liées au recours de RAP dans les WMA demeurent cependant encore relativement rares.

Les technologies d'enrobés tièdes peuvent être divisées en trois familles de procédés, soit l'utilisation de bitume mousse, les cires et additifs organiques et les additifs chimiques<sup>5,6</sup>. Parmi les additifs organiques, on trouvera les cires telles que Sasobit®, qui permettent de diminuer la viscosité du liant bitumineux au-dessus de son point de fusion, de sorte que la température réduite peut satisfaire la maniabilité du mélange pour la production et la construction<sup>5,7</sup>. Parmi les additifs

chimiques, mentionnons l'Evotherm<sup>®8</sup>, qui permet d'améliorer la capacité des liants bitumineux à enrober les particules d'agrégats à des températures plus basses. L'additif régulera et réduira les forces de glissement à l'interface entre le liant et les granulats, ce qui facilite le compactage<sup>9,10</sup>. Les techniques de moussage du bitume avec injection d'eau sont quant à elles largement appliquées en Suisse. Dans ce cas, l'expansion de la mousse (bitume moussé) réduit la viscosité et facilite le recouvrement des granulats à des températures plus basses<sup>11,12</sup>.

La majeure partie des travaux nationaux et internationaux consultés met notamment en évidence les avantages suivants de ces technologies: (a) émissions réduites<sup>13,6</sup>; (b) meilleures conditions de travail en raison de la réduction de gaz nocifs; (c) consommation d'énergie réduite dans la production du mélange bitumineux<sup>14</sup> et (d) ouverture plus rapide au trafic.

La normalisation suisse mentionne l'existence d'enrobés monocouches (Tragdeckschicht – TDS), mais n'indique aucune exigence ou directive spécifique, ceci tant pour la formulation que pour les performances mécaniques<sup>15,16</sup>.



Figure 1 : Essai de rigidité IT-CY, SN EN 12697-26.



Figure 2 : Construction d'une planche d'essai.

Le développement d'un enrobé bitumineux monocouche, fabriqué avec incorporation d'un taux élevé de matériaux recyclés (RAP) et à partir d'une technique permettant de réduire les températures de fabrication, contribue substantiellement au développement durable, tout en constituant une méthode de construction rapide et performante des chaussées routières. Cet aspect forme le cœur du projet mené au sein du domaine des infrastructures de transport de la BFH.

Dans ce contexte, le projet Innosuisse mis en place en collaboration avec l'entreprise JPF Construction SA (Bulle) a pour but de développer des enrobés bitumineux monocouches, à faibles impacts énergétiques et écologiques, et dont les performances mécaniques optimisées favoriseront leur emploi dans le cadre de projets de construction et d'entretien de chaussées routières cantonales et communales. L'innovation consiste donc en un enrobé bitumineux monocouche contenant au moins 80 % de RAP et produit à 130 °C (tiède) grâce à la technologie d'additif chimique. Le produit final doit par ailleurs présenter des performances mécaniques suffisamment élevées pour autoriser un large domaine d'applications; ce n'est pas le cas des produits existant actuellement qui s'appliquent aux surfaces à (très) faibles sollicitations et avec des performances énergétiques et écologiques limitées.

Afin d'atteindre les objectifs susmentionnés, l'équipe de recherche a effectué une large campagne expérimentale au sein du laboratoire BFH sur: (a) les matériaux de base; (b) les granulats recyclés (RAP); (c) les enrobés fabriqués selon la technique tiède en utilisant différents additifs chimiques; (d) les enrobés récupérés de la centrale de fabrication de JPF et enfin (e) les enrobés récupérés de différents sites de construction routiers suivis dans le cadre de ce projet. Ces essais en laboratoire ont amené l'équipe à sélectionner plusieurs recettes d'enrobés monocouches pour la construction des planches d'essais in situ. Des premiers résultats encourageants ont été obtenus.

En conclusion, l'innovation développée permettra d'exploiter durablement les ressources, de réduire la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre, et enfin d'élargir le domaine d'application des enrobés monocouches dans le secteur des infrastructures en Suisse.

- <sup>1</sup> B. Kheradmand, R. Muniandy, L. T. Hua, R. Bt. Yunus, et A. Solouki, « An overview of the emerging warm mix asphalt technology », *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 15, n° 1, p. 79-94, janv. 2014, doi: 10.1080/10298436.2013.839791.
- <sup>2</sup> M. E. Abdullah, M. R. Hainin, N. I. Md. Yusoff, K. A. Zamhari, et N. Hassan, «Laboratory evaluation on the characteristics and pollutant emissions of nanoclay and chemical warm mix asphalt modified binders», *Construction and Building Materials*, vol. 113, p. 488-497, juin 2016, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.03.068.
- <sup>3</sup> H. Wang, X. Liu, P. Apostolidis, et T. Scarpas, «Review of warm mix rubberized asphalt concrete: Towards a sustainable paving technology», *Journal of Cleaner Production*, vol. 177, p. 302-314, mars 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.12.245.
- <sup>4</sup> R. Vidal, E. Moliner, G. Martínez, et M. C. Rubio, «Life cycle assessment of hot mix asphalt and zeolite-based warm mix asphalt with reclaimed asphalt pavement», *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 74, p. 101-114, mai 2013, doi: 10.1016/j.resconrec.2013.02.018.
- <sup>5</sup> S. Yu, S. Shen, R. Steger, et X. Wang, «Effect of warm mix asphalt additive on the workability of asphalt mixture: From particle perspective», *Construction and Building Materials*, vol. 360, p. 129548, déc. 2022, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2022.129548.
- <sup>6</sup> M. C. Rubio, G. Martínez, L. Baena, et F. Moreno, «Warm mix asphalt: an overview», *Journal of Cleaner Production*, vol. 24, p. 76-84, mars 2012, doi: 10.1016/j.jclepro.2011.11.053.
- <sup>7</sup> J. D'Angelo et al., «Warm-mix asphalt: European practice », FHWA-PL-08-007, févr. 2008. Consulté le 6 avril 2023. [En ligne]. Disponible sur : <https://rosap.nhtl.gov/view/dot/772>
- <sup>8</sup> G. C. Hurley et B. D. Prowell, «Evaluation of evotherm® for use in warm mix asphalt», national center for asphalt technology, juin 2006.
- <sup>9</sup> X. Li, H. Wang, C. Zhang, A. Diab, et Z. You, «Characteristics of a Surfactant Produced Warm Mix Asphalt Binder and Workability of the Mixture», *Journal of Testing and Evaluation*, vol. 44, n° 6, p. 2219-2230, nov. 2015, doi: 10.1520/JTE20140447.
- <sup>10</sup> C. Oliviero Rossi, P. Caputo, N. Baldino, F. R. Lupi, D. Miriello, et R. Angelico, «Effects of adhesion promoters on the contact angle of bitumen-aggregate interface», *International Journal of Adhesion and Adhesives*, vol. 70, p. 297-303, oct. 2016, doi: 10.1016/j.ijadhadh.2016.07.013.
- <sup>11</sup> Z. Leng, I. L. Al-Qadi, et R. Cao, «Life-cycle economic and environmental assessment of warm stone mastic asphalt», *Transportmetrica A: Transport Science*, vol. 14, n° 7, p. 562-575, août 2018, doi: 10.1080/23249935.2017.1390707.
- <sup>12</sup> J.-F. Masson, L. Pelletier, et P. Collins, «Rapid FTIR method for quantification of styrene-butadiene type copolymers in bitumen», 2001.
- <sup>13</sup> O. Kristjansdottir, «Warm Mix Asphalt for Cold Weather Paving».
- <sup>14</sup> P. S. Kandhal, «Warm mix asphalt technologies: an overview», *Journal of the Indian Roads Congress*, vol. 71, n° 2, 2010.
- <sup>15</sup> VSS 40 430, «Enrobés bitumineux compactés, Conception, exécution et exigences relatives aux couches en place»
- <sup>16</sup> VSS 40 420, «Enrobés bitumineux, Norme de base»

#### Contact

– maissa.gharbi@bfh.ch  
– nicolas.bueche@bfh.ch

#### Infos

– Institut du développement urbain et de l'infrastructure ISI:  
[bfh.ch/fr/isi](http://bfh.ch/fr/isi)