



Fondations durables grâce au recyclage in situ à l'aide de la technique du bitume-mousse - FOAM

Dans un monde où la durabilité et l'économie circulaire gagnent en importance, le recyclage est un sujet d'actualité. La réutilisation de nos matériaux existants devient de plus en plus importante afin de réduire davantage notre empreinte écologique. Des projets antérieurs tels que Re-RACE, REjuveBIT, Aperofin et Aperrount ont déjà étudié de nombreuses possibilités de réutilisation. Un nouveau projet a été lancé en vue d'étudier la possibilité de réutiliser dans les fondations de nos routes les agrégats d'enrobés bitumineux stabilisés au bitume-mousse.

Ce projet est un projet Tetra VLAIO mené par l'UA, avec le CRR et Odyssee Hogeschool comme partenaires principaux. Il a débuté en novembre 2020 et s'étendra sur une période de deux ans.

L'objectif global du projet est d'évaluer la technique du bitume-mousse pour fondations sur les plans technique, économique et environnemental, afin que son utilisation innovante conduise à une couche de fondation plus durable.

Cette fondation en bitume-mousse pourrait être utilisée principalement en remplacement d'une fondation en empièchement traitée au ciment. Pour les routes à faible trafic, cela peut même inclure la sous-couche en enrobé.

Pour la mise en œuvre d'une telle fondation en bitume-mousse (*Bitumen Stabilised Material*, BMS), une ou plusieurs couches d'enrobé, éventuellement avec une partie de la fondation existante, sont fraisées, réduites et mélangées à du ciment et à un mélange bitume-eau. L'eau est injectée dans le matériau fraisé en même temps que du bitume chaud, ce qui provoque un effet moussant suite à l'évaporation soudaine de l'eau.



Figure 1 – Unité à mousse (Source: Wirtgen)

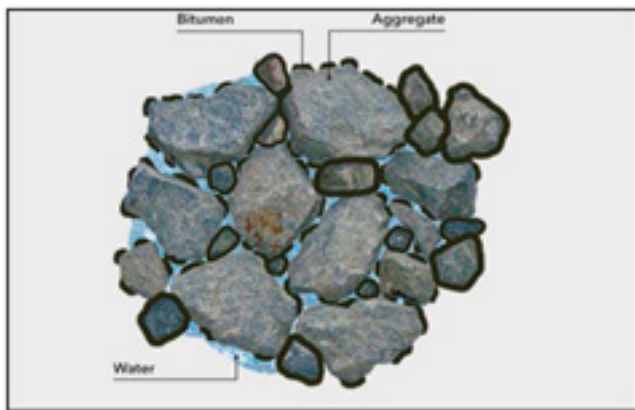


Figure 2 – Spotwelds de bitume entre les granulats (Source: Collings e.a., 2020)

Lorsque les bulles de mousse entrent en contact avec les granulats, elles éclatent et forment de petites boules de bitume (*spotwelds*) qui maintiennent les granulats ensemble.

Parallèlement, du ciment est ajouté, mais en moindre quantité que dans une fondation de type la, IIa: généralement environ 1 % (contre 2,5 à 4 %). Le ciment fournit suffisamment de fines particules de «poussière» et assure une réaction immédiate avec l'humidité présente dans la fondation existante (d'environ 6 %). Il permet donc d'obtenir un processus de durcissement rapide. Un total de 2,5 à 3 % de bitume est ajouté.

Il en résulte un matériau qui, en termes de rigidité, devrait se situer entre une fondation en gravillons de ciment et une fondation en empièchement non traitée. Ce matériau présente l'avantage de réduire fortement le risque de fissuration sous l'influence de variations de température dans la fondation et d'offrir une meilleure résistance à la fatigue.

En outre, les exigences relatives à la granulométrie des agrégats d'enrobés bitumineux à recycler ne sont pas aussi élevées que pour une utilisation dans une fondation en ciment la, IIa, ce qui constitue un avantage supplémentaire. En plus du revêtement bitumineux, une partie de la fondation existante peut également être fraisée et mélangée.

La moindre quantité de ciment et de bitume ajouté laisse espérer un effet positif sur les émissions totales de CO₂, ce qui constitue un gros avantage. Le matériau fraisé ne doit pas être évacué vu qu'il est traité sur place, ce qui permet une réduction supplémentaire du CO₂.

La réalisation d'une étude approfondie LCA et LCCA et la comparaison avec une fondation la, IIa sont des éléments essentiels de ce projet.

On appelle BSM (*Bitumen Stabilised Material*) ce mélange stabilisé au bitume-mousse. Le BSM peut être fabriqué au moyen de deux procédés:

- Par une méthode in situ: dans ce procédé, l'enrobé, éventuellement avec une partie de la fondation, est fraisé en un seul mouvement et mélangé au bitume-mousse. Le matériau est ensuite compacté.

- Via une centrale de malaxage mobile: elle est disposée sur le chantier ou dans l'environnement direct de celui-ci. Lorsqu'on utilise une centrale mobile, le revêtement bitumineux est d'abord fraisé, puis transporté vers un endroit situé sur le chantier ou à proximité de celui-ci. L'espace disponible doit être suffisant pour installer la centrale de malaxage mobile et stocker les agrégats d'enrobés bitumineux, qui sont ensuite mélangés au bitume-mousse dans la centrale de malaxage et transportés par camion jusqu'au chantier. C'est là que le BSM est à nouveau mis en œuvre et compacté au finisseur.

Le premier procédé semble donner des résultats nettement meilleurs en termes de LCA et LCAA, mais il est assez complexe et, pour être rentable, nécessite une route à réparer assez longue.

Le second procédé offre quant à lui plus de flexibilité dans sa mise en œuvre, car il n'y a pas d'obligation de réutiliser immédiatement le matériau expansé. Il peut facilement être stocké pendant quelques jours.

Un aspect important de l'ensemble du processus est que le BSM est un matériau granulaire et doit être traité en conséquence. Si une centrale mobile est utilisée, il convient de recourir à un finisseur pour la mise en œuvre. Cependant, le compactage doit être effectué avec le même matériau et de la même manière que pour une fondation en empierrement.



Figure 3 – Recycleur in situ (Source: Wirtgen)



Figure 4 – Coupe transversale rouleau de fraisage et unité de malaxage recycleur in situ (Source: Wirtgen)



Figure 5 – Centrale de production mobile KMA240

Déroulement du projet

L'étude dans laquelle le CRR est impliqué se concentre principalement sur la récolte d'expériences existantes à l'étranger et sur la mise en œuvre de trois planches d'essais pendant le projet. Une commission d'utilisateurs est impliquée dans chaque cas en vue de la formulation des mélanges, de la conception de la route (épaisseur des couches), de la logistique, du coût et de l'impact environnemental.

Les fournisseurs de la technique (entre autres Bomag, Wirtgen) apportent leur expérience pour la formulation du mélange et la procédure logistique (fraisage, élimination, stockage, mise en œuvre). A l'aide d'une application en Flandre, le groupe de recherche évalue et optimise les deux en concertation avec la commission d'utilisateurs.

- Etude préliminaire: prélèvement d'échantillons de la route existante pour la formulation des mélanges.
- Formulation des mélanges en concertation avec le fournisseur de la technique (bitume-mousse).
- Dans un premier temps, on opte pour un mélange avec du bitume-mousse.
- La formulation des mélanges n'est pour l'instant pas connue en Flandre, ce qui implique qu'en plus d'un programme de formulation, il convient aussi de prévoir un programme d'essais afin de définir la qualité ainsi que le contrôle avant, pendant et après la mise en œuvre.
- Une des planches d'essais sera réalisée avec la technique in situ et une autre en utilisant une centrale de malaxage mobile (KMA) à proximité du chantier.
- Pour une troisième planche d'essais, la technique in situ sera également appliquée, à la différence près que les matériaux seront liés par une émulsion et plus par du bitume-mousse (*cold bitumen emulsion*). Par rapport à du bitume-mousse, une émulsion nécessiterait moins d'énergie, ce qui réduirait l'impact environnemental.
- Pour chaque planche d'essais, une sous-commission sera mise sur pied dans laquelle tous les partenaires impliqués, si nécessaire avec des clauses de confidentialité appropriées, collaboreront en toute transparence et intensivement pour réaliser la planche d'essais, en faire la démonstration et rendre les résultats publics dans les délais du projet.
- Dans un premier temps, les possibilités de recyclage des mélanges sont étudiées théoriquement (au niveau de la réutilisation du produit ou en tant que composant d'un nouveau matériau de base). Des essais exploratoires ont ensuite lieu en laboratoire: le matériau produit est vieilli artificiellement et testé à nouveau. Le résultat de ces options est intégré dans l'étude LCA et LCCA.

Au CRR, seront réalisés des essais triaxiaux statiques afin d'optimiser le mélange et des essais triaxiaux cycliques jusqu'à un million de cycles ou plus en vue d'étudier la fatigue à long terme du matériau. Ceci est nécessaire pour le dimensionnement selon la méthode «belge».

Le résultat final de ce projet devrait consister en une vaste démonstration de cette technologie durable et innovante pour la construction routière en Flandre. À cette fin, une diffusion des connaissances acquises est également prévue.

Etat des lieux

Une vaste exploration des codes de bonne pratique existants pour la formulation des mélanges et la mise en œuvre des fondations en bitume-mousse et des méthodes de dimensionnement à l'étranger a déjà eu lieu, par exemple Collings e.a., 2020.

Les premiers mélanges en laboratoire ont été confectionnés et les premières études en laboratoire pour la formulation des mélanges en préparation de certaines planches d'essais ont commencé. A cet effet, les premiers essais triaxiaux ont déjà été effectués au CRR.

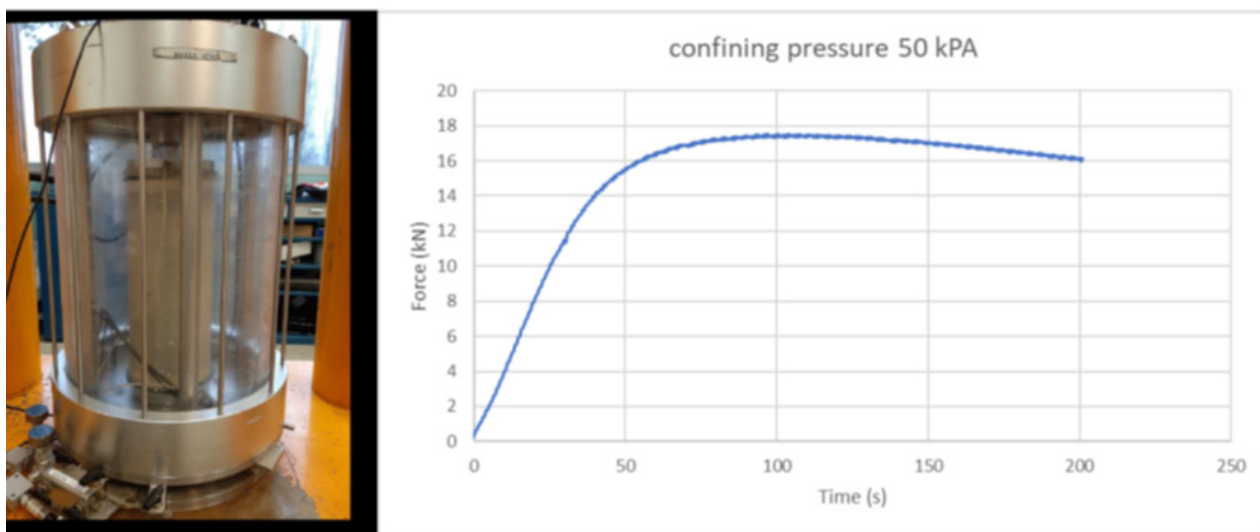
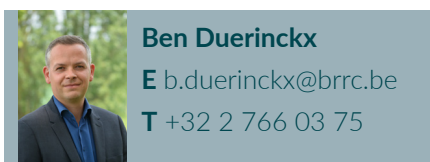
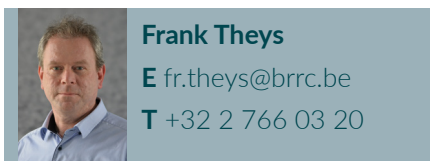


Figure 6 et 7 – Dispositif d'essai triaxial et résultat d'un essai de compression à 50 kPa pression de confinement latérale (échantillon d'un diamètre de 160 mm et d'une hauteur de 320 mm)

L'organisation des planches d'essais est compliquée car elle implique beaucoup de logistique. La mise en œuvre est prévue pour le second semestre de 2022.



Bibliographie

Collings, D., Hefer, A.W., Jenkins, K., Johns, F.M., Ferreira, A., Greyling, A., Grobler, J., Hughes, M., Jooste, F.J., Jordaan, G., Myburgh, P., Pearce, B., Rossmann, D., Steyn, W., Thompson, H. & van Niekerk, W. (2020). *Bitumen stabilised materials, A guideline for the design and construction of bitumen emulsion and foamed bitumen stabilized materials* (Sabita Technical Guideline No. TG 2, third edition). Southern African Bitumen Association (Sabita). <http://www.sabita.co.za/wp-content/uploads/2020/08/tg2-august-2020.pdf>