



Projet RECYWOBI (Recyclability and Workability of Bituminous Materials)

En mars 2020, la Commission européenne a présenté son plan climat, mieux connu sous le nom de Pacte vert ou *Green Deal* (Commission européenne [CE], s.d.). Ce plan a pour objectif de rendre l'UE neutre sur le plan climatique d'ici 2050. Cela signifie que l'Europe veut atteindre des émissions nettes de gaz à effet de serre nulles. Pour y parvenir, l'UE vise à mettre en œuvre le *Circular Economy Action Plan* (communication, 2020), en reconnaissant le secteur de la construction comme une priorité. Dans le secteur européen de la construction de chaussées asphaltiques, la réutilisation des agrégats d'enrobés bitumineux (AEB) à des pourcentages élevés et/ou la production d'enrobés bitumineux à basse température (EBT) sont considérées comme les principaux scénarios dans le cadre de la stratégie globale visant à façonner la transition vers un secteur des enrobés durable ou *sustainable*.

Avec le projet de recherche RECYWOBI, le CRR veut faire un nouveau pas en avant vers une réutilisation de qualité et sans risques des enrobés, même après plusieurs cycles de vie.

Motivation

La réutilisation des enrobés est appliquée avec succès depuis plus de quarante ans dans le secteur des enrobés en Belgique. Cela fait de notre pays l'un des précurseurs en Europe et, par extension, dans le monde. Dans les années 1970, la crise pétrolière a été le moteur économique pour commencer à réutiliser les AEB. Ces dernières années, les avantages écologiques sont devenus un moteur supplémentaire dans la transition vers la circularité au sein du secteur.

Pourtant, malgré la demande du secteur, l'utilisation d'agrégats d'enrobés bitumineux dans les couches de roulement dans notre pays, comme dans d'autres pays européens, reste à ce jour encore très limitée. Les principaux obstacles sont liés à la nature et à la constance de la qualité des AEB ainsi qu'à leur impact éventuel sur les performances des enrobés bitumineux avec un pourcentage élevé d'AEB. Dans ce contexte, la maniabilité/l'aptitude au compactage des enrobés bitumineux constituent des caractéristiques essentielles, en particulier pour les couches de roulement bitumineuses. En outre, leur importance augmente à mesure que le pourcentage d'AEB croît et/ou que la production d'enrobé se fait à des températures plus basses.

Pendant sa durée de vie, un liant bitumineux subit un processus de vieillissement qui entraîne une diminution des caractéristiques performantielles dans le temps. Cette diminution se manifeste par une augmentation de la rigidité et de la fragilité du matériau et une moindre capacité de régénération (healing). En outre, compte tenu du succès de l'application d'AEB dans notre pays, nous sommes de plus en plus confrontés au *multiple recycling* où une fraction du matériau a déjà traversé plusieurs cycles de vie. En conséquence, le liant contenu dans les AEB n'a cessé de vieillir et est devenu plus sensible à la fissuration. Actuellement, la caractérisation des AEB repose sur un nombre limité d'essais et un essai mécanique pour examiner les AEB et leur utilisabilité fait défaut. Un essai empirique est aussi couramment utilisé pour caractériser le liant vieilli (dans notre pays, la pénétrabilité à l'aiguille) et un essai significatif utilisant une empreinte (chimique) fait défaut.

Pour répondre à ces besoins, la demande de projet RECYWOBI (**Recyclability and Workability of Bituminous Materials**) a été introduite en février 2022 pour subventionnement auprès du NBN (sous la forme d'un projet de recherche prénormative). Ce projet de deux ans a depuis lors été approuvé et a démarré en avril 2022.

Objectifs du projet

Pour répondre aux questions ci-dessus et combler les *knowledge gaps* ou lacunes, le projet RECYWOBI se concentre sur quatre objectifs:

- Objectif 1: Développer une méthode d'essai pour déterminer la maniabilité des mélanges bitumineux en se basant sur la mesure du couple pendant le mélange.
- Objectif 2: Développer une méthode d'essai combinée pour déterminer la maniabilité et l'aptitude au compactage des mélanges bitumineux à l'aide du compacteur giratoire.
- Objectif 3: Développer une méthode de mesure pour déterminer la sensibilité à la fissuration des agrégats d'enrobés bitumineux (AEB).
- Objectif 4: Développer une méthode de mesure et d'analyse pour la caractérisation des liants bitumineux par spectroscopie infrarouge (FT-IR).

Ces quatre objectifs, dont le thème de recherche général est illustré à la Figure 1, sont expliqués plus en détail dans ce qui suit.

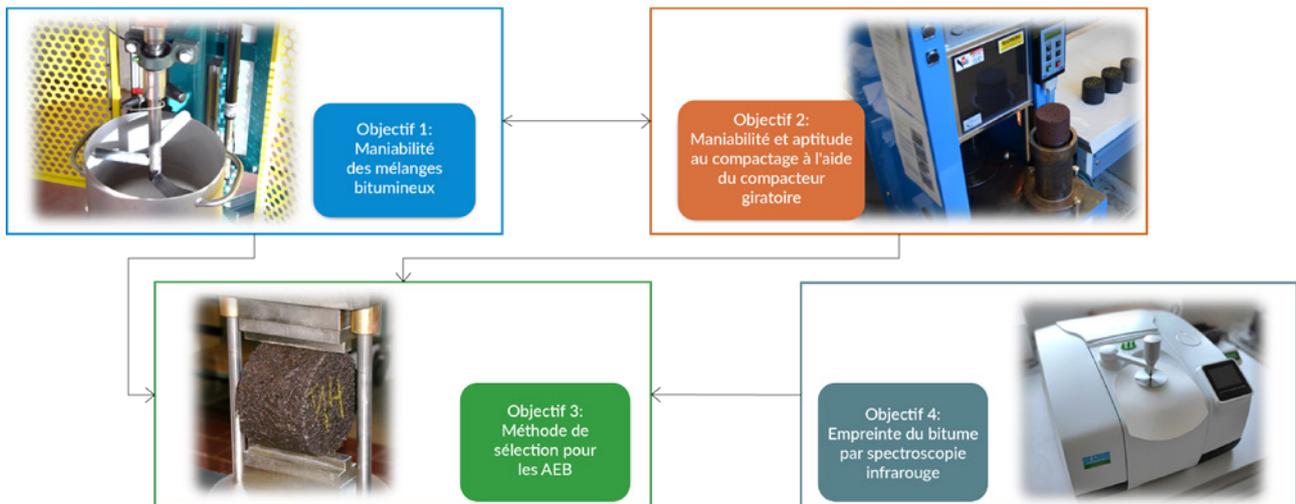


Figure 1 – Schéma général de recherche RECYWOBI

Programme de recherche

Développement d'une méthode d'essai pour déterminer la maniabilité sur la base du couple

Un premier objectif de ce projet est de développer une méthode d'essai pour déterminer la maniabilité des mélanges bitumineux. En effet, la maniabilité est une caractéristique cruciale, en particulier pendant la phase de mise en œuvre des enrobés bitumineux, en vue de garantir leur durabilité pendant toute leur durée de vie. Cette caractéristique est particulièrement importante pour les enrobés destinés aux couches de roulement, pour lesquels une maniabilité insuffisante peut rapidement entraîner des dommages, et surtout aux endroits où les enrobés doivent être mis en œuvre manuellement (par exemple, réseau routier local où l'on trouve toutes sortes d'obstacles ou dans des endroits inaccessibles au finisseur).



Figure 2 – Mise en œuvre manuelle d'un mélange bitumineux

Il est généralement admis que la réutilisation d'AEB dans ces couches de roulement peut avoir un impact non négligeable sur la maniabilité. Une étude de sensibilité réalisée à l'aide du logiciel PradoWeb (https://www.pradoweb.be/Pradoweb_Th/Login) pour la formulation théorique des mélanges bitumineux dans le cadre du groupe de pilotage CRR *Reclaimed Asphalt*, créé au cours du projet de recherche préalable Re-RACE (*Rejuvenation of Reclaimed Asphalt in a Circular Economy*, [Vansteenkiste, 2022]), a indiqué que les fluctuations des AEB peuvent avoir un impact majeur sur la maniabilité. Cet effet a été confirmé en laboratoire par la détermination des vides par compactage giratoire. Au niveau international aussi, l'utilisation durable d'AEB dans les couches de roulement est considérée comme un défi. Dans ce cadre, les restrictions imposées aux taux de réutilisation et/ou les exigences plus strictes dans les pays voisins constituent un exemple.

Le projet Re-RACE a permis l'acquisition d'un nouveau dispositif de détermination de la maniabilité basée sur la mesure du couple pendant le mélange en fonction de la température. Une méthode de mesure prénormative sera développée dans le cadre du nouveau projet. En effet, à l'heure actuelle, la série EN 12697 (Bureau de Normalisation [NBN], 2004-2023) ne prévoit pas d'essai performantiel pour déterminer la maniabilité des enrobés bitumineux. Les actions suivantes sont considérées comme des éléments clés pour atteindre cet objectif:

- optimisation des conditions d'essai;
- détermination de la reproductibilité et du protocole de post-traitement;
- détermination du caractère discriminant de la méthode d'essai;
- validation basée sur l'expérience pratique.

Les étapes de recherche ci-dessus sont liées au développement d'une méthode d'essai pour la détermination combinée de la maniabilité et de l'aptitude au compactage à l'aide du compacteur giratoire.

Développement d'une méthode combinée pour déterminer la maniabilité et l'aptitude au compactage à l'aide du compacteur giratoire

A l'heure actuelle, la série EN 12697 (NBN, 2004-2023) ne prévoit pas d'essai performantiel pour la détermination combinée de la maniabilité et de l'aptitude au compactage des enrobés bitumineux. Les résultats de la recherche dans ce deuxième volet seront donc utilisés pour établir une nouvelle méthode d'essai de formulation européenne.

Sur la base des résultats obtenus dans le cadre du projet Re-RACE précédent, on peut supposer que le compactage giratoire est conforme à la norme EN 12697-31 (NBN, 2019). Cet essai est couramment utilisé lors du compactage des enrobés et de l'évaluation de l'aptitude au compactage dans le cadre d'une étude préliminaire.

Les actions de recherche suivantes sont prévues:

- élaboration de la procédure d'essai;
- détermination des paramètres pertinents en vue d'évaluer la maniabilité et l'aptitude au compactage des mélanges bitumineux;
- évaluation de l'impact des matériaux et de la composition des mélanges;
- validation de la méthode d'essai avec des expériences pratiques.

Développement d'une méthode pour déterminer la sensibilité à la fissuration des agrégats d'enrobés bitumineux

Les caractéristiques des AEB sont énumérées dans la norme de produit EN 13108-8 (NBN, 2016), les prescriptions belges ou les documents COPRO en vigueur. Ici, l'ancien liant après récupération n'est caractérisé qu'au moyen d'un essai empirique, à savoir la pénétrabilité à l'aiguille selon la norme EN 1426 (NBN, 2015). A l'heure actuelle, des AEB qui comportent un liant dont la valeur de pénétrabilité est inférieure à $10 \times 0,1$ mm sont considérés comme fortement vieillis et, par conséquent, leur réutilisation dans les enrobés bitumineux n'est pas autorisée.

Toutefois, afin de permettre à l'avenir la réutilisation durable des AEB dans les couches de roulement bitumineuses et de répondre à l'éventuelle recyclabilité d'AEB dont le liant a fortement vieilli, il manque au niveau européen une évaluation des caractéristiques mécaniques des AEB au moyen d'un essai performantiel.

L'application de l'essai de traction indirecte selon la norme EN 12697-23 (NBN, 2017) offre des perspectives intéressantes, non seulement pour déterminer la résistance à la traction indirecte, mais aussi pour déduire toute une série de paramètres liés à la sensibilité à la fissuration à partir de la courbe force-déplacement. Comme point de départ, les conditions d'essai basées sur l'*Indirect Tensile Asphalt Cracking Test* ou essai IDEAL-CT seront appliquées (Zhou et al, 2017). Un troisième objectif de ce projet consiste donc à développer une méthode avancée basée sur ce principe, qui peut être utilisée pour examiner les AEB en fonction de leur sensibilité à la fissuration.

Les actions suivantes sont prédéfinies dans l'étude:

- collecter les matériaux AEB «extrêmes»;
- établir une procédure d'essai et optimiser les conditions d'essai;
- déterminer la relation entre les résultats de la nouvelle méthode pour examiner les AEB et d'autres caractéristiques des AEB;
- valider les résultats des essais à l'aide d'essais performantiels réalisés sur des enrobés bitumineux avec AEB.

Les étapes de recherche ci-dessus sont également liées aux objectifs précédents, qui permettent de valider les résultats en termes de maniabilité et/ou d'aptitude au compactage. Les résultats du dernier objectif sur la caractérisation des liants par spectroscopie infrarouge seront utilisés pour caractériser et examiner les matériaux AEB extrêmes en fonction du degré de vieillissement du liant.

Développement d'une méthode de mesure pour la caractérisation des liants bitumineux par spectroscopie infrarouge

Un dernier objectif de ce projet est de mettre au point une méthode de mesure et d'analyse normalisée pour la caractérisation des liants bitumineux par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier ou *Fourier Transform Infrared spectroscopy* (FT-IR).

Actuellement, les normes de produit pour les différents types de bitumes «frais», à savoir l'EN 12591 (NBN, 2009) pour le bitume routier, l'EN 14023 (NBN, 2010) pour le bitume modifié par des polymères et l'EN 13924 (NBN, 2014-2015) ne prévoient pas d'essai pour la réalisation d'une empreinte chimique. Dans ce contexte, la méthode FT-IR présente également l'avantage de pouvoir être utilisée indépendamment du fait que les liants soient «frais» ou récupérés à partir d'AEB. Dans ce dernier cas, l'état de vieillissement peut être déterminé quantitativement à partir d'absorptions caractéristiques. Cela permet d'identifier de manière fondamentale le liant vieilli dans les AEB, alors que selon la norme de produit actuelle EN 13108-8 (NBN, 2016) relative aux agrégats d'enrobés bitumineux, le liant n'est caractérisé que par des propriétés empiriques.

Les résultats de la recherche dans ce volet seront donc utilisés pour développer un nouveau concept européen pour une méthode de mesure et d'analyse, en donnant la priorité aux actions suivantes dans la recherche:

- préparation et «manipulation» des échantillons d'essai;
- établissement d'une méthode de mesure et d'analyse;
- utilisation dans l'empreinte des matériaux bitumineux.

Les étapes de recherche susmentionnées sont liées à l'objectif premier de l'étude, examiner les AEB en fonction de leur sensibilité à la fissuration étant primordial.



Stefan Vansteenkiste

E s.vansteenkiste@brrc.be

T +32 2 766 03 85

Bibliographie

- Bruxelles Mobilité. (2004-2023). (2016). CCT 2015: *Cahier des charges type relatif aux voiries en Région de Bruxelles-Capitale*. <https://mobilite-mobiliteit.brussels/fr/professionnels-de-la-mobilite/publications-techniques-analyses-et-etudes>
- Bureau de Normalisation (NBN). (2004-2023). *Mélanges bitumineux: Méthodes d'essai* (NBN EN 12697-[1-49]). <https://www.nbn.be/data/r/platform/frontend/all-standards?lang=fr>
- Bureau de Normalisation (NBN). (2009). *Bitumes et liants bitumineux: Spécifications des bitumes routiers* (NBN EN 12591). https://www.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail?p40_id=176844&p40_language_code=fr&p40_detail_id=57148&session=7453757978419
- Bureau de Normalisation (NBN). (2010). *Bitumes et liants bitumineux: Cadre de Spécifications des bitumes modifiés par des polymères* (NBN EN 14023). https://www.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail?p40_id=254989&p40_language_code=fr&p40_detail_id=60566&session=7453757978419
- Bureau de Normalisation (2014-2015). *Bitumes et liants bitumineux : Cadre de spécifications pour les bitumes routiers spéciaux* (NBN EN 13924-[1-2]). <https://www.nbn.be/data/r/platform/frontend/all-standards?lang=fr>
- Bureau de Normalisation (NBN). (2015). *Bitumes et liants bitumineux: Détermination de la pénétrabilité à l'aiguille* (NBN EN 1426). https://www.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail?p40_id=176299&p40_language_code=fr&p40_detail_id=76217&session=7453757978419
- Bureau de Normalisation (NBN). (2016). *Mélanges bitumineux: Spécifications pour le matériau. Partie 8: Agrégats d'enrobés* (NBN EN 13108-8). https://www.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail?p40_id=203898&p40_language_code=fr&p40_detail_id=78917&session=7453757978419
- Bureau de Normalisation (NBN). (2017). *Mélanges bitumineux: Méthodes d'essais. Partie 23: Détermination de la résistance à la traction indirecte des éprouvettes bitumineuses* (NBN EN 12697-23). https://www.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail?p40_id=225529&p40_language_code=fr&p40_detail_id=120755&session=7453757978419
- Bureau de Normalisation (NBN). (2019). *Mélanges bitumineux: Méthodes d'essai. Partie 31: Confection d'éprouvettes à la presse à compactage giratoire* (NBN EN 12697-31). https://www.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail?p40_id=223556&p40_language_code=fr&p40_detail_id=88494&session=7453757978419
- Communication COM(2020) 98 final. (2020, mars 11). *Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité Économique et Social européen et au Comité des Régions: Un nouveau plan d'action pour une économie circulaire: Pour une Europe plus propre et plus compétitive*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0098>
- Commission européenne (CE). (s.d.). *Un pacte vert pour l'Europe: Notre ambition: Être le premier continent neutre pour le climat*. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_fr
- Organisme Impartial de Contrôle de Produits pour la Construction (COPRO). (2021a). *Prescriptions techniques pour agrégats d'enrobés pour réutilisation dans les mélanges bitumineux* (Prescriptions Techniques [PTV] No 813, version 4.0). <https://www.copro.eu/fr/ptv-813>

Organisme Impartial de Contrôle de Produits pour la Construction (COPRO). (2021b). *Règlement d'application pour la certification de produits des agrégats d'enrobés pour réutilisation dans les mélanges bitumineux sous la marque COPRO* (Règlement d'application [TRA] No 13, version 7.0). <https://www.copro.eu/fr/tra-13>

Service Public de Wallonie (SPW), Mobilité & Infrastructures. (2021). *CCT qualiroutes: Cahier des charges-type* (Version 2021 consolidée [et ses adaptations ultérieures]). http://qc.spw.wallonie.be/fr/qualiroutes/frame.jsp?index_cctquali.html

Vansteenkiste, S. (2022). Re-RACE (Rejuvenation of Reclaimed Asphalt in Circular Economy): Résultats de quatre années de recherche. *Newsletter CRR*, (05). <https://brrc.be/fr/expertise/expertise-apercu/re-race-rejuvenation-reclaimed-asphalt-circular-economy>

Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer (AWV). (2021). *Standaardbestek 250 voor de wegenbouw* (Version 4.1a). https://wegenenverkeer.be/zakelijk/documenten?search_api_fulltext_1=%22standaardbestek%20250%20versie%204.1a%22&documents%5B0%5D=type_document%3AStandaardbestek

Zhou, F., Im, S., Sun, L., Scullion, T. (2017). Development of an IDEAL cracking test for asphalt mix design and QC/QA. *Road materials and pavement design*, 18(Supplement 4), 405-427. <https://doi.org/10.1080/14680629.2017.1389082>