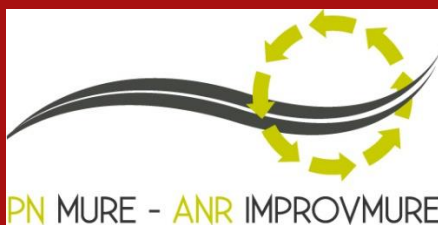


Projet National de recherche et développement

RAPPORT DE RECHERCHE

Suivi des chantiers MURE : analyse de liants extraits de carottes



Auteur(s) / Organisme(s) :

Dony Anne (ESTP)

Virginie MOUILLET (CEREMA Méditerranée)

Adso ARGHYRIS (CEREMA AUTUN)

Faucon Dumont Stéphane (Labotech)

Thème de rattachement :

Thème 3

DVDC/R/044

N° lettre de commande LC/22/DVDC/144A
LC/22/DVDC/144B
LC/22/DVDC/144C
LC/22/DVDC/144D

Site internet : www.dvdc.fr

Plateforme collaborative : www.omnispace.fr/dvdc

Président : Dominique JAUMARD

Directeurs : Christine LEROY et Simon POUGET

Gestion administrative et financière : IREX (www.irex.asso.fr), 9 rue de Berri 75008 PARIS, contact@irex.asso.fr

JUN 2023

1 Table des matières

Résumé	3
1 Introduction	3
2 Méthodologie de travail	4
2.1 Plan de carottage.....	4
2.2 Organisation et procédures des essais.....	5
2.3 Synthèse.....	6
3 Analyse des résultats.....	7
3.1 Aire Passy- Le Fayet	7
3.2 Parking Abbé Rolland.....	8
4 CONCLUSION.....	8
5 ANNEXE.....	9
5.1 Annexe 1	9
5.2 Annexe 2	9
5.3 Annexe 3	9
5.4 Annexe 4	9
5.5 Annexe 5	9
5.6 Annexe 6	9
5.7 Annexe 7	9

Résumé

Français

Le Projet National MURE (Multi Recyclages des Enrobés Recyclés) a donné lieu à plusieurs chantiers expérimentaux avec des taux de recyclage allant de 0 à 70% et l'application de procédés à chaud ou tiède. De 2016 à 2020, ont été réalisés deux chantiers, sur des aires d'ATMB, avec du recyclage à fort taux (tiède R0 et R70). Suite à l'apparition de fissures sur des zones, il a été décidé de faire une opération de carottage sur les deux chantiers R70. L'objectif est de caractériser le liant extrait de carottes pour comparer aux analyses initiales. Quatre laboratoires ont participé à cette opération pour réaliser les tâches suivantes : carottage/ extraction et récupération du liant/ caractérisation conventionnelle et rhéologique du liant/ indice de vieillissement (Ico). Les analyses ne mettent en évidence aucune différence notable entre les zones saines et les zones fissurées. Les analyses conventionnelles et rhéologiques sont cohérentes par rapport aux analyses initiales. Les indices de vieillissement montrent quelques incohérences, non liées à la technique en soi mais s'expliquant potentiellement par l'hétérogénéité des zones de prélèvements avec des enrobés à très fort taux, tièdes et/ou multi recyclés.

Anglais

The MURE (Multi Recyclages des Enrobés Recyclés) national project has led to several experimental construction sites with recycling rates from 0 to 70% and the application of hot or warm processes. From 2016 to 2020, two projects were carried out on ATMB areas using high recycling rates (warm R0 and R70). Following the initiation of cracks in some areas, a core sampling operation was led on the two R70 sites. The aim was to characterize the binder extracted from the cores for comparison with the initial analyses. Four laboratories took part in this operation: coring/ extraction and recovery of the binder/ conventional and rheological characterization of the binder/ ageing index (Ico). The analyses revealed no significant difference between the areas with and without cracks. The conventional and rheological analyses are consistent with the initial analyses. The ageing indices show a few inconsistencies, not related to the technique per se, but more likely to be explained by the heterogeneity of the sampling zones with very high rate, warm and/or multi-recycled asphalt mixes.

1 Introduction

Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet national DVDC (Durée de Vie des Chaussées), administré par l'IREX et soutenu par la DGITM et l'ANR, projet de recherche et de développement collaboratif qui mobilise des organismes publics et privés concernés par la conception, la construction et la gestion des infrastructures routières.

Elle est adossée et dans le prolongement d'un autre projet national, le PN MURE (MUltirecyclage des Enrobés Recyclés), clôturé fin 2021.

Elle s'inscrit dans le thème 3 du projet DVDC sur l'évaluation de la durée de vie résiduelle des chaussées, et plus précisément elle vise à caractériser des liants bitumineux extraits de carottes d'enrobé du chantier d'ATMB pour comparer aux analyses initiales.

Sur plus de quatre années, le Projet National MURE a permis de réaliser différents chantiers en testant différents procédés (combinant tièdes et recyclage) dans différents contextes géographiques sur le territoire français. En appliquant une méthodologie in situ de vieillissement accéléré, une simulation de multi recyclage a pu être réalisée permettant

d'anticiper l'état de ces enrobés après plusieurs cycles de vie. En particulier le chantier ATMB a fait l'objet de plusieurs planches d'essais avec des enrobés fabriqués à chaud et tiède (procédé mousse) avec des taux de recyclés allant de 0% à 70%. Suite à l'apparition de fissures dans certaines zones du chantier, des prélèvements ont été réalisés. Des analyses ont été menées par différents laboratoires précisés dans ce rapport pour les phases de carottage, extraction/récupération, analyse conventionnelle et rhéologique des liants bitumineux et caractérisation chimique.

Le présent rapport est structuré en trois parties

Dans une première partie, il s'agira de présenter le chantier et le plan de carottage effectué, ainsi que la méthodologie des essais.

Dans une deuxième partie, les résultats seront explicités et comparés à ceux initialement trouvés lors de la phase de réalisation du chantier.

Enfin un bilan de cette analyse avec des conclusions sera proposé.

2 Méthodologie de travail

2.1 Plan de carottage

Selon le rapport R/17/MURE/035B du CEREMA (ATMB-Suivi de chantier et point zéro), le chantier ATMB a été réalisé sur la commune de St Gervais les Bains et a consisté à tester un enrobé tiède mousse avec un taux d'agrégat d'enrobés (AE) de 70% (site de la station AVIA-Aire de Passy- Le Fayet) comparativement à un enrobé à chaud avec le même taux d'AE (site du parking Abbé Rolland).

La mise en œuvre a été assurée par Eurovia dans le cas des enrobés tièdes sur l'aire de Passy-Le Fayet et par Colas dans le cas du parking de l'Abbé Rolland.

Quatre planches expérimentales de moins de 100m de long ont été constituées qui ont subi trois phases :

- Phase 1 : Enrobé sans AE (référence) et enrobé avec 70% d'AE.
- Phase 2 : Rabotage de l'enrobé avec 70% d'AE sur 6 cm et vieillissement accéléré industriel des enrobés rabotés et mise en œuvre (uniquement pour le chantier du parking Abbé Rolland).
- Phase 3 : Rabotage sur 6 cm des enrobés de la phase 2 et vieillissement accéléré industriel des enrobés rabotés et mise en œuvre (uniquement pour le chantier du parking Abbé Rolland).

La phase 1 a été réalisée en octobre 2016.

La phase 2 (premier rabotage et vieillissement artificiel) a été réalisée en octobre 2017.

La phase 3 (deuxième rabotage et vieillissement artificiel) a été réalisée en octobre 2017.

Un suivi de ces chantiers a été organisé suite à l'apparition de fissures, des carottages pour analyse sur liant ont été effectués par EUROVIA en septembre 2021.

Tous les rapports de carottages sont fournis en annexe.

Tableau 1 Récapitulatif des carottages en septembre 2021

Zones	Pathologies zone de prélèvement	Procédé	Nombre de carottes	Codes
aire Passy- Le Fayet	fissures/fragmentation	mousse R0	2	E1C2 +E1C3
aire Passy- Le Fayet	sain	mousse R0	2	E1C1 +E1C4
aire Passy- Le Fayet	fissures/fragmentation	mousse R70	1	E2C1
aire Passy- Le Fayet	sain	mousse R70	3	E2C2 +E2C3+E2C4
parking ABBE ROLAND E1	sain	chaud R0	6	E1
parking ABBE ROLAND E2 cycle 1	sain	chaud R70	4	E2
parking ABBE ROLAND E3 cycle 1	sain	chaud R70	4	E3
parking ABBE ROLAND E4 cycle 2	sain	chaud R70	4	E4
parking ABBE ROLAND E5 cycle 3	sain	parking ABBE ROLAND E5 cycle 3	5	E5

Pour la zone du parking Abbé Rolland :

Planche E1 : BBSG 0/10 chaud

Planche E2 et Planche E3 : BBSG 0/10 chaud avec 70% d'AE

Planche E4 : BBSG 0/10 chaud avec 70% d'AE ayant subi 1 cycle de vieillissement

Planche E5 : BBSG 0/10 chaud avec 70% d'AE ayant subi 2 cycles de vieillissement

2.2 Organisation et procédures des essais

Sur la période fin 2022 et début 2023, Les essais sur carottes ont été réalisés par différents laboratoires à savoir :

- **Laboratoire CEREMA d'AUTUN** pour les extractions et récupérations de liants ; il est à noter que dans le cadre du PN les extractions et récupérations ont été réalisées par le laboratoire Epsilon. Le laboratoire d'AUTUN réalise l'extraction au perchloréthylène avec une récupération avec évaporateur rotatif en deux étapes (une première à 110°C et 150mbar de dépression et une seconde à 150°C et 40 mbar de dépression. Cette fois-ci pendant 20min).

- **Laboratoire CEREMA d'Aix en Provence** pour la caractérisation conventionnelle des liants récupérés : pénétrabilité à 25°C (notée Péné), point de ramollissement bille et anneau (noté TBA), température de fragilité FRAASS (noté FRAASS) et rhéologique (module complexe G^* à 15°/10Hz, noté G^*). Il est à noter que, initialement lors de la réalisation du chantier, la caractérisation conventionnelle a été réalisée par le laboratoire Spie Batignolles-Mallet et la rhéologique par ce même laboratoire CEREMA.
- **Laboratoire matériaux de chaussées de l'ESTP** pour la caractérisation physico-chimique du liant récupéré, et plus spécifiquement la détermination des indices carbonyles noté Ico ; il est à noter que ce même laboratoire avait effectué ces mêmes analyses lors de la réalisation du chantier avec la même procédure à savoir la procédure harmonisée (R/16/MURE/015) ; le spectrophotomètre utilisé est un Perkin Elmer.

2.3 Synthèse

Un tableau synthétique des résultats d'essais (tableau 2) a été réalisé comprenant les résultats obtenus sur les carottes prélevées en 2021 comparativement aux analyses initiales réalisées lors des chantiers.

Les données relatives au comportement initial sont issues des rapports R/18MURE/041, R/19/MURE/050, R/21/MURE/058 et R/21/MURE/058B.

Tableau 2 Synthèse des analyses sur liants récupérés de carottes prélevées en 2021, comparativement aux liants extraits d'enrobés lors de la mise en œuvre sur chantier

Zones	Codes	pathologies zone de prélèvement	Essais/liant				
			péné (1/10 mm)	TBA (°C)	FRAASS (°C)	G* (MPa)	Ico
aire Passy/fayet mousse R0		Initial	22	61,6		3,13E+07	0,8
	E1C2 E1C3	fissures/fragmentation	21	61,6	0	5,89E+07	1,64
	E1C1 E1C4	sain	18	62,2	-1	6,43E+07	1,22
aire Passy/fayet mousse R70		Initial	25	63,2		2,23E+07	2,5
	E2C1	sain	32	59	-5	2,80E+07	1,8
	E2C2 E2C3 E2C4	fissures/fragmentation	37	58	-6	2,63E+07	1,5
parking ABBE ROLAND E1 chaud R0		Initial	26	58,7		2,40E+07	0,8
	E1	sain	17	62,4	0	5,79E+07	1,61
parking ABBE ROLAND cycle 1 chaud R70		Initial	24	63,9		2,23E+07	2,9
	E2	sain	16	70,2	-1	5,75E+07	1,89
	E3	sain	18	68,8	-1	4,76E+07	2,86
parking ABBE ROLAND cycle 2 chaud R70		Initial	24	64,5	-6	3,34E+07	4,4
	E4	sain	15	69,8	-3	5,47E+07	2,44
parking ABBE ROLAND cycle 3 chaud R70		Initial	25	64,6	-7	2,61E+07	3,9
	E5	sain	20	68,6	-4	3,97E+07	1,93

Il est à noter que les essais de spectroscopie infra-rouge ont été doublés par le même laboratoire de l'ESTP pour les échantillons du parking Abbé Rolland cycle 2 et 3 d'une part sur les liants des enrobés initiaux (sur échantillons conservatoires) et d'autre part sur les échantillons E4 et E5 (une série d'essais en décembre 2022 et une série d'essais en mars 2023). Les résultats trouvés sont totalement identiques.

3 Analyse des résultats

3.1 Aire Passy- Le Fayet

Cette zone a fait l'objet d'expérimentation d'enrobés tièdes à fort taux de recyclé (70%) avec un procédé mousse comparativement à un enrobé tiède sans AE. Par contre il n'a pas fait l'objet de vieillissement accéléré.

Sur les deux planches, il a été constaté des zones saines mais aussi des zones fissurées. Initialement les liants extraits des enrobés fabriqués présentaient des caractéristiques conventionnelles comparables (péné~20/25 1/10 mm et TBA~62°C).

Selon le rapport R/17/MURE/035B, l'enrobé à 0% d'AE a été fabriqué avec un bitume 35/50 et celui avec 70% d'AE et un bitume d'apport 160/220.

Le tableau 2 montre sur l'enrobé tiède mousse à 0% d'AE, des propriétés conventionnelles, rhéologiques et physico-chimiques comparables avec peu d'évolution en péné et TBA par rapport aux caractéristiques initiales, par contre un module complexe plus élevé couplé avec un indice CO plus élevé également. Ces résultats caractérisent un léger durcissement et une oxydation du liant en 5 ans. Par ailleurs, aucune différence notable n'est à signaler entre la zone saine et la zone fissurée.

Pour l'enrobé tiède à 70%, on note également aucune différence entre la zone saine et la zone fissurée. En revanche, contrairement à toute attente, le liant après 5 ans se révèle plus mou que le liant initial avec un module sans évolution et un Ico légèrement plus faible. Ce résultat surprenant peut s'expliquer par, une hétérogénéité de l'enrobé tiède à 70% (avec un liant d'apport mou), des zones de prélèvements différentes.

3.2 Parking Abbé Rolland

Ce chantier ne traite que des enrobés à chaud avec du multirecyclage. Aucune zone fissurée n'a été observée.

En ce qui concerne les caractéristiques conventionnelles et rhéologiques, on note une bonne logique avec pour chacune des planches, un léger durcissement du liant : diminution de la péné, augmentation de la TBA et du module complexe. Les résultats relatifs à l'Ico sont plus complexes à analyser : on note une diminution systématique, plus ou moins importante, de cet indice, allant à l'encontre du phénomène de vieillissement. Les analyses ont été doublées tant sur des échantillons de 2018 que les échantillons de 2021, par le même laboratoire d'analyse et avec la même méthode d'essai et d'analyse, confirmant ces résultats.

Il est important de considérer différents facteurs sur ces chantiers : un taux de recyclage élevé, des prélèvements sur des zones différentes, par des laboratoires différents et des méthodes de traitement de l'enrobé certainement variables.

4 CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif de définir le rôle potentiel du liant dans les désordres observés sur des chantiers à forts taux de recyclés, avec des procédés tièdes ou chaud et/ou du multi recyclage.

Les essais réalisés ont nécessité de passer par des étapes de carottages, d'extraction / récupération suivi d'essais définis préalablement dans le PN MURE.

Les analyses réalisées n'ont montré aucune différence entre des zones saines et des zones fissurées.

Cependant, on a pu noter quelques incohérences de résultats pour lesquels il convient de rester prudent pour l'interprétation. Les essais sélectionnés ne doivent pas être remis en cause car pertinents. La diversité des zones de carottages, des pratiques de traitement des échantillons différentes peuvent être une piste d'explication, d'autres hypothèses sont aussi avancées ... Un suivi à plus long terme de ces chantiers devrait peut-être permettre d'amener des éléments de réponse plus précis et en cohérence avec le comportement à venir des couches de roulement concernées.

5 ANNEXE

5.1 Annexe 1

5.2 Annexe 2

5.3 Annexe 3

5.4 Annexe 4

5.5 Annexe 5

5.6 Annexe 6

5.7 Annexe 7