

Proposition de sujet de Thèse

Structure de recherche : Université Gustave Eiffel, Campus de Nantes
Allée des Ponts et Chaussées, 44344 BOUGUENAIS

Contacts :
Mathieu Galiana – Tel : 02 40 84 59 28 – mathieu.galiana@univ-eiffel.fr
Justine Cantot – Tel : 02 40 84 57 37 – justine.cantot@univ-eiffel.fr
Vincent Gaudefroy – Tel : 02 40 84 56 72 – vincent.gaudefroy@univ-eiffel.fr

Titre de la thèse	Compréhension du vieillissement des liants routiers incorporant des matériaux recyclés pour l'établissement de corrélations entre le laboratoire et le terrain
Mots clés	Matériaux, liants bitumineux, recyclage, vieillissement, caractérisation chimique, rhéologie
Ecole doctorale	SIS ED 602
Etablissement d'inscription	Université Gustave Eiffel

Contexte et problématique

Pour répondre aux enjeux de décarbonation de la construction routière, de plus en plus de matériaux recyclés et de matériaux alternatifs sont intégrés dans les chaussées. L'évaluation de la durabilité est nécessaire pour la conception des ouvrages. Cependant, elle se base sur des méthodes de vieillissement accéléré en laboratoire développées pour des matériaux conventionnels, différents de ceux qu'on peut trouver à l'heure actuelle. Ainsi, les critères utilisés hier ne sont plus pertinents aujourd'hui.

Au cours de la dernière décennie, une augmentation significative de matériaux recyclés dans les nouvelles formules a été observée. Cela est bénéfique car le recyclage est l'un des principaux leviers pour réduire la consommation de ressources naturelles ainsi que les émissions de gaz à effet de serre dans le domaine de la construction des routes. Celles-ci sont majoritairement constituées d'enrobés bitumineux et le recyclage se traduit par l'incorporation d'agrégats d'enrobés (AE), qui sont des matériaux provenant d'anciennes routes. En France, le taux moyen d'incorporation d'AE est de l'ordre de 25% en 2024 [Routes de France, bilan environnemental, 2024]. En lien avec ces techniques de recyclage, des projets visent à intégrer des matériaux alternatifs, notamment issus de la biomasse.

Pour déterminer les propriétés attendues des enrobés bitumineux lors de leur mise en œuvre, la profession s'appuie sur des essais de laboratoire normalisés et une doctrine technique [Guide recyclage IDRRIM, Cerema, 2021]. En revanche, pour connaître les évolutions des propriétés de ces matériaux au cours de leur vie sur la chaussée et avoir des informations sur la durabilité des matériaux, il n'existe pas encore d'essais normalisés même si des protocoles de vieillissement existent [méthode XP CEN/TS 12697-52]. Les corrélations avec le vieillissement des matériaux in situ ont été établies il y a plusieurs années, mais pour des enrobés bitumineux fabriqués avec des taux de recyclage beaucoup plus faibles qu'aujourd'hui et avec l'utilisation de liant bitumineux conventionnel mais pas biosourcé.

Les protocoles sont développés pour étudier le vieillissement des enrobés et des liants (bitume ou matériau alternatif). Les principaux paramètres retenus pour ces méthodes de laboratoire sont la température et le temps. D'autres paramètres environnementaux (UV, humidité) commencent à être pris en compte mais ne font pas encore l'objet de méthodes partagées et acceptées par l'ensemble de la communauté routière [A. Delaboissière et T. Lebarbé, « Evaluation du vieillissement long-terme des liants bitumineux : limites et perspectives », RGRA, décembre 2025].

L'objectif de cette étude est d'évaluer et de modéliser en laboratoire les effets des paramètres environnementaux sur la cinétique de vieillissement de liants incorporant des forts taux d'AE et/ou des matériaux alternatifs.

Description des travaux à réaliser

Les travaux planifiés dans le cadre de la thèse viseront à découpler les effets des paramètres environnementaux (température, humidité, atmosphère, UV) à l'aide d'essais de laboratoire afin d'évaluer leur degré d'influence sur la cinétique de vieillissement des liants.

Les matériaux étudiés seront prioritairement des mélanges constitués de liant neuf (bitume ou matériau alternatif) et de bitume extrait d'AE à des taux variables.

Le premier volet de la thèse sera consacré à l'influence de la température (y compris en prenant en compte les effets du changement climatique) sur la cinétique de vieillissement chimique et la rhéologique du liant. Des protocoles de vieillissement existants et adaptés pour l'étude seront appliqués aux différents mélanges de liants. En complément, des caractérisations chimiques (infrarouge, chromatographie...) ; rhéologiques et de l'état de surface (microscopie) des liants seront effectuées. Les résultats seront comparés à des critères de fin de vie connus et l'effet temps/température sera modélisé.

Le deuxième volet de la thèse sera consacré au rôle d'autres paramètres environnementaux (atmosphère, UV, humidité) sur la cinétique de vieillissement chimique et rhéologique des liants selon une méthodologie similaire à celle décrite dans le premier volet de la thèse. Cela permettra de mieux prendre en compte la réalité des conditions climatiques imposées aux mélanges routiers.

Finalement, le troisième volet de la thèse aura vocation à établir des corrélations entre des liants vieillis en laboratoire et des liants vieillis in situ (récupérés de planches expérimentales). Les caractéristiques de couches de surface de matériaux vieillis sur le site du campus de Nantes seront étudiées.

Les **retombées** de ces travaux permettront d'identifier les types de **protocoles de vieillissement et les indicateurs de vieillissement les plus pertinents pour établir des corrélations fiables entre le vieillissement laboratoire et in-situ de liants issus d'enrobés à fort taux d'agrégats d'enrobés.**

Les résultats de la thèse permettront d'une part de mieux connaître et prévoir le vieillissement de matériaux contenant des AE et d'autre part de proposer des outils de laboratoire pour évaluer la durabilité des matériaux. Ce sujet important trouve sa place au niveau international et sera conduit en synergie avec un groupe technique de la RILEM (International Union of Laboratories and Experts in construction, materials, systems and structures), qui débutera en 2026.

Profil : Le(la) candidat(e) doit être titulaire ou en voie d'obtention en 2025-2026 d'un **Master ou d'un diplôme d'Ingénieur en science des matériaux**. Une expérience dans le domaine expérimental est la bienvenue.

Financement : contrat doctoral de l'Université Gustave Eiffel

Pour candidater (avant le 08/04/2026) : fourniture d'un CV, lettre de motivation faisant apparaître le projet professionnel, relevés de notes de Bac+3 à Bac+5 ou équivalents

PhD fully funded position

Organisation : Université Gustave Eiffel, Campus de Nantes
Allée des Ponts et Chaussées, 44344 BOUGUENAIS
<https://www.univ-gustave-eiffel.fr/>

Contacts : Mathieu Galiana – Tel : 02 40 84 59 28 – mathieu.galiana@univ-eiffel.fr
Justine Cantot – Tel : 02 40 84 57 37 – justine.cantot@univ-eiffel.fr
Vincent Gaudefroy – Tel : 02 40 84 56 72 – vincent.gaudefroy@univ-eiffel.fr

Subject	Better understanding of road binders ageing containing recycling materials to establish correlations between laboratory and field
Keywords	Materials, bituminous binders, recycling, ageing, experimental characterization, rheology
Graduate school	SIS ED 602
Registration institute	Université Gustave Eiffel

Background and issues

To address the decarbonization challenges in road construction, an increasing number of recycled and alternative materials are being incorporated into pavements. Assessing durability is essential for the design of those structures. However, current methods rely on accelerated ageing tests developed in laboratories for conventional materials, which differ from those used today. Thus, yesterday's criteria are no longer relevant today.

During the last decade, a significant increase in recycled materials in new formulas has been observed. This is beneficial because recycling is one of the main solutions for reducing the consumption of natural resources and greenhouse gas emissions in road construction. Roads are mainly composed of asphalt concrete (AC), and recycling involves the incorporation of reclaimed asphalt pavement (RAP), namely AC coming from old roads into a new material. In France, the average incorporation rate of RAP (i.e., the average recycling rate) was around 25% in 2024 [source: Routes de France, Environmental Report, 2024]. Alongside these recycling techniques, projects are also aiming to integrate alternative materials, particularly those coming from biomass.

To determine expected properties of AC during their implementation, profession uses standard laboratory tests and technical guidelines [Guide recyclage IDRRIM, Cerema, 2021]. However, there is no standard tests to know evolution of properties of AC during their lifetime and to get information on their durability. Some ageing protocols can be used [XP CEN/TS 12697-52 method]. Correlations with the ageing of field materials were established several years ago, but for AC manufactured with lower RAP content than today and with conventional bituminous binders but not bio-based.

The laboratory protocols are developed to study the ageing of AC and binders (bitumen and alternative materials). The main parameters considered for these laboratory methods are temperature and time. Other environmental parameters (UV, humidity) are beginning to be considered but have not yet been incorporated into shared and validated methods within the road engineering community [A. Delaboissière et T. Lebarbé, « Evaluation du vieillissement long-terme des liants bitumineux : limites et perspectives », RGRA, décembre 2025].

The objective is to evaluate and to model in laboratory the effects of environmental parameters on the ageing kinetics of binders composed with high RAP rate and/or alternative materials.

Experimental description

The project aimed at decoupling the influence of environmental parameters (temperature, humidity, atmosphere,

UV) by means of lab tests in order to evaluate their influence on the ageing kinetic of binders.

Materials studied will be blends made with virgin binder (bitumen and alternative materials) and bitumen extracted from RAP. RAP content will be variable.

Firstly, the influence of temperature (including taking into account the effects of climate change) on the chemical and rheological ageing kinetics of binder will be studied. Existing and adapted ageing protocols will be applied on several binders. In addition, chemical characterizations (infrared spectroscopy, chromatography, etc.), rheological analyses, and surface state evaluations (microscopy) of the binders will be carried out. The results will be compared to established end-of-life criteria, and the time/temperature effect will be modelled.

Secondly, the influence of other environmental parameters (atmosphere, UV, humidity) on the on the chemical and rheological ageing kinetics of binder will be studied. The same method as previously described will be used. This will allow for a better consideration of the real climatic conditions imposed on road mixtures.

Finally, correlations will be established between the ageing of binders in laboratory and in situ (coming from experimental works). Characteristics of surface layers ageing on the campus of Nantes will be studied.

The **outcomes** of this research will help to identify the most relevant **ageing protocols and ageing indicators, enabling the establishment of the most reliable correlations between laboratory and field ageing of binders extracted from AC with high RAP rate.**

On one hand, the thesis results will enable to better understand and predict the ageing of materials containing RAP and on the other hand, it will propose laboratory tools to assess the durability of materials.

This internationally significant topic will be conducted in synergy with a technical working group of RILEM (International Union of Laboratories and Experts in construction, materials, systems and structures), which will start in 2026.

Profile: The candidate must hold, or be in the process of obtaining during the 2025-2026 academic year, a Master's degree or an Engineering degree in Materials Science. Experience in experimental work is welcome.

Funding: The position is funded by a doctoral contract from University Gustave Eiffel.

Application (deadline: April 8, 2026): Applicants should submit a CV, a cover letter outlining their career goals, and academic transcripts from Bachelor's (Year 3) to Master's (Year 5) or equivalent.