

PROJET LIFE: COOL & LOW NOISE ASPHALT À PARIS

E. GODARD

Campus Scientifique et Technique, COLAS, France

eric.godard@colas.com

O. CHRETIEN

Agence d'écologie urbaine, Ville de paris, France

olivier.chretien@paris.fr

J. LEFEBVRE

Laboratoire de l'espace public, Ville de paris, France

Jerome.lefebvre@paris.fr

M. SINEAU

Bruitparif, France

matthieu.sineau@bruitparif.fr

L. GRIN

Eurovia, France

lionel.grin@eurovia.com

C. RIBEIRO

Bruitparif, France

carlos.ribeiro@bruitparif.fr

REMERCIEMENTS : Ce travail est financé en partie par le programme LIFE16 de la commission européenne - projet N° LIFE16/ENV/FR/000384



RÉSUMÉ

L'Agence européenne pour l'environnement indique que 37 millions de citoyens européens sont exposés au bruit lié au transport à des niveaux considérés comme dangereux pour leur santé [1]. A Paris, environ 22% de la population est touchée par la pollution sonore, principalement due au bruit de la circulation routière. D'autre part, le changement climatique est également une préoccupation majeure pour les villes européennes. Des études ont montré que depuis 30 ans, les vagues de chaleur sont de plus en plus intenses et plus longues en Europe, le pic de chaleur en 2003 à Paris et son impact sanitaire important sont un exemple pertinent. Le groupe d'experts internationaux sur le climat estime que cette tendance va s'aggraver dans les années à venir sous l'effet du changement climatique.

Le projet LIFE Cool & Low Noise Asphalt, initié en 2017 pour 5 ans, est mené par la ville de Paris, et les entreprises routières Colas et Eurovia ainsi que l'association Bruitparif. Son objectif est de relever ces deux défis environnementaux en développant des formes innovantes de mélanges bitumineux. L'objectif principal est de concevoir ces revêtements présentant à la fois des propriétés phoniques et thermiques et une durabilité acceptable, afin de créer des outils pratiques pour améliorer directement la qualité de vie des citoyens. Le projet vise à affiner les propriétés de trois types d'asphalte répandus en Europe (deux enrobés compactés et un enrobé coulé à chaud) permettant non seulement la reproductibilité dans tout Paris, mais également en France et en Europe.

Cet article présente les objectifs du projet et ses progrès à ce jour. La conception des mélanges a été réalisée avec succès, y compris une évaluation de la durabilité. Les sites pilotes ont été mis en œuvre et les premiers résultats concernant les mesures du bruit et le comportement thermique des chaussées seront disponibles fin 2019. En cas de bons résultats, le suivi des sites pilotes sera mené pendant quatre années supplémentaires.

1. INTRODUCTION

Dans le cadre de sa politique environnementale, la Ville de Paris a souhaité inscrire au programme LIFE de la commission européenne un projet ambitieux de mise au point de revêtements bitumineux urbains permettant de limiter deux nuisances auxquelles elle est confrontée : le bruit et la chaleur excessive lors des canicules. Pour cela elle a proposé à Bruitparif, organisme associatif indépendant, de l'accompagner pour l'évaluation et les mesures du bruit. Les entreprises Colas et Eurovia ont été sollicitées compte tenu de leur capacité d'étude et d'innovation, de leur bonne connaissance du contexte parisien et de l'opportunité de marchés d'entretiens d'enrobés en cours avec la ville. Enfin la partie thermique est gérée par le laboratoire de l'espace public (LEM) et le service technique de l'eau et assainissement (STEA) avec la contribution du laboratoire interdisciplinaire des énergies de demain (LIED) de l'université Paris Diderot qui encadre une thèse sur le rôle des revêtements urbains et nouveaux usages de l'eau pour l'adaptation au changement climatique des villes : le rafraîchissement urbain évaporatif et son impact sur le climat urbain. L'équipe ainsi formée a proposé le projet « Cool & Low Noise Asphalt » au programme Life. Ce projet a été retenu et a démarré officiellement le 1^{er} juillet 2017 pour une durée de cinq ans [2].

Le projet a pour objectif principal de contribuer à deux grands défis environnementaux ayant un impact sanitaire majeur, que sont la pollution sonore et l'adaptation au changement climatique. Il vise à développer une innovation commune contribuant à la lutte contre ces 2 enjeux en améliorant les formulations actuelles d'enrobés de revêtement de chaussée afin de révéler des performances qui leurs sont manquantes : la diminution du bruit de la circulation et la diminution de la température en milieu urbain, avec un critère de durabilité et une contrainte économique.

Le projet dont le coût est évalué à 2,4 millions d'Euros bénéficie d'une subvention de 1,4 millions d'Euros du programme Life de la commission européenne.

2. LA PROBLEMATIQUE ENVIRONNEMENTALE URBAINE

La ville de Paris est très sensible à la protection de l'environnement et met en œuvre une politique volontariste pour améliorer les conditions de vie des habitants et lutter contre les effets du réchauffement climatique. Ces actions se déclinent dans le cadre du plan de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE) et du plan climat air énergie, pilotés par la direction des espaces verts et de l'environnement (DEVE) de la ville de Paris et notamment de l'agence d'écologie urbaine (AEU).

Le bruit est un sujet de préoccupation important pour les citoyens et un enjeu de santé publique, au même titre que la qualité de l'air. Il est à l'origine d'effets sanitaires extra-auditifs néfastes reconnus : gêne, troubles du sommeil et de l'apprentissage, stress, problèmes cardiovasculaires [3]. Le Bureau régional de l'Organisation Mondiale de la Santé pour l'Europe a d'ailleurs renforcé en octobre 2018 ses lignes directrices concernant les niveaux d'exposition au bruit. Le PPBE de Paris a pour objectif de réduire le bruit routier en ville en agissant sur différents leviers : l'évolution des modes de déplacements, les motorisations, les vitesses, les comportements et également les revêtements routiers. D'importantes campagnes d'application d'enrobé phonique ont été mises en œuvre depuis 2014 sur le boulevard périphérique, rocade autoroutière entourant Paris et le PPBE porte l'objectif d'une expérimentation de ce type de revêtement en voirie urbaine.

De même, le phénomène d'îlot de chaleur urbain apparaît de plus en plus fréquemment dans les villes en raison du réchauffement climatique. Il se matérialise par des écarts de

température de plusieurs degrés entre le cœur urbain et sa périphérie rurale ou forestière, notamment la nuit, lors des périodes de canicule. A l'origine : la nature des matériaux minéraux utilisés en ville pour la voirie et pour les bâtiments qui emmagasinent la chaleur en journée et la restituent la nuit, empêchant la baisse de température nocturne et privant ainsi les habitants d'une période de récupération cruciale pour la santé. Ce problème sanitaire est bien identifié par la Ville de Paris, qui entend agir sur ce phénomène par une politique de végétalisation de la ville, incluant la création d'espace vert mais également de murs et terrasses végétalisés, et par l'usage de matériaux plus clairs qui emmagasinent moins la chaleur durant la journée. Le plan climat air énergie territorial 2018 prévoit également de repérer ou créer des îlots et parcours de fraîcheur accessibles chaque été à Paris et de communiquer envers le grand public, afin d'offrir aux personnes les plus fragiles, comme les personnes âgées, plusieurs heures de fraîcheur les jours de canicule. Ce sujet est également abordé par la capitale dans sa stratégie d'adaptation de 2015, via l'objectif "Rafraîchir la ville lors des pics de chaleur". Enfin sa stratégie de résilience 2017, à travers l'action "Mobiliser la logique intégrée, l'innovation, et développer la nature en ville pour faire de l'espace public un vecteur d'inclusion sociale et de bien-être" prévoit le développement d'un référentiel de voirie résiliente traitant notamment des matériaux adaptés aux différents risques, tels que les revêtements réducteurs de bruit et adaptés à la lutte contre l'effet d'îlot de chaleur.

3. LES GRANDES LIGNES DU PROJET

Les différentes étapes du projet consistent à : formuler trois matériaux innovants, identifier trois sites propices à l'expérimentation, instrumenter et établir les points zéro sur ces sites, réaliser les planches expérimentales et réaliser le suivi de celles-ci dans le temps. Enfin communiquer autour du projet et disséminer les résultats. Du point de vue scientifique, un comité scientifique regroupant des spécialistes académiques associatifs et professionnels a été constitué, il est tenu informé régulièrement de l'avancement du projet.

3.1. La formulation des matériaux innovants

Le principe de la formulation des matériaux bitumineux innovants pour couches de surface est basé sur quatre exigences de base : diminuer le niveau du bruit du trafic par rapport à un revêtement traditionnel, diminuer la température en cas de forte chaleur, rester à un coût économique similaire à la solution traditionnelle, dans la limite d'un surcoût de 10 % et enfin être répliquable dans d'autres villes de France et d'Europe.

La diminution du bruit s'entend pour les riverains immédiats de la chaussée. Une diminution de l'émission du bruit de roulement est donc recherchée ainsi qu'une absorption du bruit de moteur et de roulement.

La diminution de la température visée concerne les usagers de la chaussée et les riverains. Il s'agit d'abaisser la température de quelques degrés en augmentant l'Albédo du revêtement d'une part, et d'autre part en cas de vague de chaleur importante en arrosant celle-ci. L'effet d'évaporation de l'eau induisant une diminution de la température. Une certaine capacité de rétention d'eau par le revêtement est donc recherchée.

3.2. Le choix des sites

Le choix des sites a été réalisé sur la base de plusieurs critères imposés par les contraintes de l'expérimentation. En premier lieu ces sites devaient être des voies circulées à une vitesse maximale de 50 km/h sans être limitées à 30 km/h, cette typologie étant la cible des voies du point de vue du critère bruit. Elles devaient présenter un niveau d'exposition sonore élevé ainsi qu'une orientation la plus proche de l'axe Est-Ouest sans présence importante d'arbres d'alignement afin de maximiser son ensoleillement direct du point de vue du critère

thermique. Pour cela la ville de Paris dispose de cartes tenues à jour sur ces grandeurs. Aussi, pour des raisons budgétaires ces voies devaient être inscrites à un programme de travaux de réfection de la couche de roulement pour l'année 2018. Enfin, l'expérimentation sur chaque site nécessitait un linéaire d'environ 400 mètres pour permettre la pose du revêtement expérimental sur 200 mètres et du revêtement de référence sur 200 mètres également. Malgré un linéaire de 1600 km de voirie, il n'a pas été facile de satisfaire à ce cahier des charges. Trois sites ont été finalement retenus : La rue Lecourbe (15^{ème} arrondissement) pour un produit de type asphalté coulé, les rues Frémicourt (15^{ème} arr.) et de Courcelles (8^{ème} arr.) pour les enrobés bitumineux classiques.

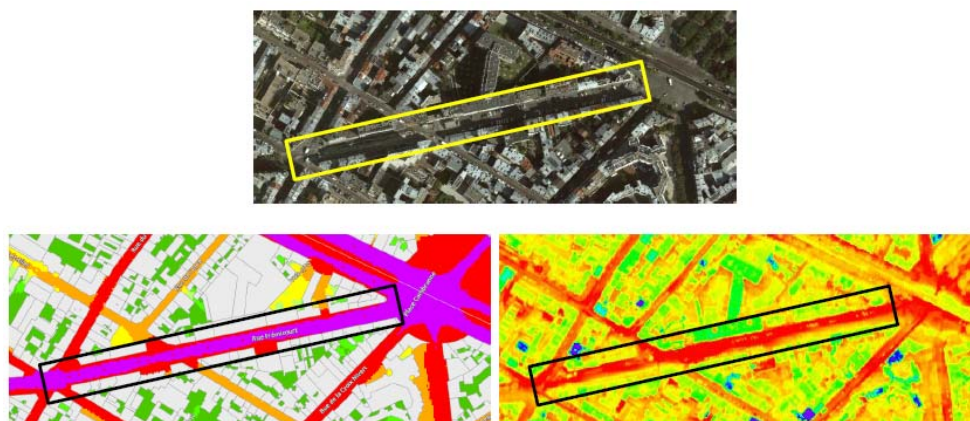


Figure 1 - Carte de bruit et de température utilisée pour le choix des sites. Exemple de la rue Frémicourt, Paris 15^{ème}

3.3. L'instrumentation des sites

3.3.1. Instrumentation pour la mesure du bruit

Six stations de mesure permanentes ont été installées (photo 1) afin d'évaluer les performances acoustiques des revêtements innovants et de les comparer à celles des solutions standards. Les stations sont positionnées entre la chaussée et la façade des bâtiments. Pour chaque site expérimental, une station de mesure permanente du bruit a été implantée à proximité d'une façade d'habitations à une hauteur de 4 mètres (équivalent d'un 1^{er} étage) pour chaque planche réalisée : une station d'évaluation du revêtement de chaussée de référence et une station d'évaluation du revêtement de chaussée innovant.

Ces mesures sont effectuées au moyen de stations équipées de sonomètres de classe 1 (précision maximale), faisant l'objet d'étalonnages et de vérifications régulières. Les niveaux LAeq1s ainsi que les niveaux par bandes de fréquences de tiers d'octave sont enregistrés toutes les secondes. Le transfert des données vers les serveurs informatiques de Bruitparif est réalisé en temps réel via le réseau cellulaire. Les niveaux sonores LAeq1s sont publiés sur la plateforme internet de consultation des données du réseau de mesure de Bruitparif (<https://rumeur.bruitparif.fr/>).

Les stations de mesure ont été installées en amont des travaux pour disposer d'un état initial avant travaux, correspondant aux performances acoustiques du revêtement présent. En complément, des enregistrements numériques audioconformes sont réalisés au droit de chaque planche avant et après travaux au niveau de l'emplacement de chaque station permanente à environ 1,70 m du sol. Ces enregistrements pourront être ré-écoutés en laboratoire. Ils permettent une restitution haute qualité des environnements sonores et l'immersion de l'auditeur en conditions réelles (restitution à l'identique de l'intensité et de la provenance des sons).

Des mesures de bruit en continu CPX (Close ProXimity), consistant à mesurer le bruit émis à proximité d'un pneumatique d'essais en roulement, complètent le dispositif d'évaluation acoustique (photo 2).



Photo 1 - Installation de microphone pour mesure de bruit rue Frémicourt



Photo 2 - Dispositif de mesure en continu (CPX) ; moyens de mesure de la Ville de Paris

3.3.2. *Instrumentation pour l'évaluation des objectifs thermiques du projet*

Le volet thermique du projet prévoit un suivi des indicateurs de performance selon une évaluation de l'effet Albédo et une évaluation de l'effet arrosage des revêtements innovants. Pour cela, un suivi est fait selon une double référence: d'une part, une comparaison des indicateurs relevés sur la planche innovante par rapport au revêtement existant avant la pose, et d'autre part une comparaison des indicateurs relevés entre la planche innovante et la planche de référence toutes deux arrosées et mises en œuvre à la même période.

Chaque portion de rue comporte en leur centre une station météo (photo 3) qui mesure les paramètres nécessaires à l'estimation des indicateurs (figure 2).

- A 1,5 mètre: température et humidité relative de l'air, température de globe noir;
- A 4 mètres: température et humidité relative de l'air, vitesse du vent et rayonnement net.



Photo 3 - station météo de référence rue Lecourbe

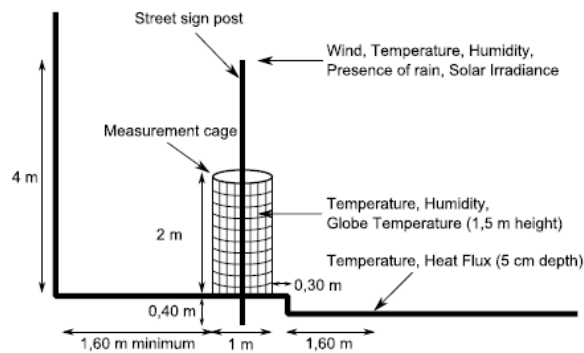


Figure 2 - Schéma d'une station météo

Le confort thermique est estimé à l'aide de l'indicateur UTCI (Universal Thermal Climate Index) qui prend en compte ces différents paramètres ainsi que des hypothèses faites sur l'habillement, le métabolisme, etc. afin de calculer une température de l'air équivalente pour des conditions de référence.

Ces paramètres sont mesurés en continu et exploités en cas de vague de chaleur avérée à Paris, c'est à dire:

- en moyenne sur trois jours la température maximale dépasse 25°C avec une température minimale excédant les 16°C ;
- la vitesse du vent ne dépasse pas les 3 m/s en moyenne;
- la couverture nuageuse est inférieure à 3 octas (bel ensoleillement, ciel dégagé).

Afin de caractériser au mieux le comportement thermique des revêtements innovants, des capteurs de température (photo 4) et de flux thermique ont été installés directement sous les revêtements.



Photo 4 - Pose d'un capteur de flux thermique

Le rafraîchissement des rues parisiennes peut être obtenu également par arrosage des chaussées, qui peut être mis en œuvre grâce à son réseau d'eau non potable (ENP), eau filtrée et sans traitement chimique particulier. Aujourd'hui, il n'existe pas d'infrastructure dédiée à l'arrosage des chaussées, l'arrosage sera mis en œuvre à l'aide d'engins de nettoyage (laveuses). La ville de Paris possède déjà un premier retour d'expérience avec l'expérimentation menée rue du Louvre depuis 2013.

3.4. La réalisation des planches expérimentales

Avant leur application sur les sites pilotes, les formules innovantes ont fait l'objet d'épreuves de convenance, c'est à dire la vérification de leur conformité en production et en mise en œuvre sur un dépôt de la Ville de Paris (CMA à Bonneuil sur Marne).

Pour les sites pilotes, l'état structurel de la chaussée a été vérifié en amont du chantier et si nécessaire, des purges ont été réalisées afin de garantir un support acceptable pour l'évaluation de la durabilité des produits. Chaque site a fait l'objet d'un plan de contrôle qualité qui n'a pas montré de non-conformité remettant en cause la poursuite de l'expérimentation et l'évaluation des produits.

3.5. Le suivi des planches expérimentales

Le suivi des planches expérimentales est défini à l'aide d'un plan d'instrumentation et d'exploitation des indicateurs pertinents qui ont été définis lors de l'établissement du projet. Ces indicateurs permettront l'évaluation des revêtements innovants dans les trois axes d'étude: phonique, thermique et durabilité.

L'évaluation se base sur des mesures réalisées avant les travaux (état initial), juste après la pose des produits (état zéro) puis un suivi annuel durant 5 années dans le cadre du projet puis 5 années complémentaires si les résultats sont concluants.

3.6. Communication et dissémination

Les résultats du projet ont vocation à être communiqués et à être répliqués en France et en Europe. Le projet inclut donc un programme de communication et de dissémination des résultats. Ce programme inclut des publications dans les médias grands publics, dans des revues spécialisées et dans des congrès nationaux et internationaux. Dans cet esprit, la ville de Paris a organisé une inauguration des sites pilotes le 15 octobre 2018, en présence des médias. Bien entendu une campagne de communication auprès des riverains a également été déployée par la ville de Paris. Du point de vue scientifique les premières communications ont eu lieu au 14^{ème} congrès français de l'acoustique [4], à Euronoise [5]. Au niveau professionnel le projet a été présenté dans la RGRA (3).

De plus, un comité de parties prenantes a été constitué, il regroupe des représentants d'agglomération européennes, des associations et autres entités intéressées par le projet. Ce comité sera réuni régulièrement pour être informé de l'avancement du projet. Une première réunion a été organisée le 18 octobre 2018, après l'installation des sites pilotes. Enfin, le projet dispose d'un site internet dédié : <https://www.life-asphalt.eu/>

4. LA FORMULATION DES PRODUITS BITUMINEUX

4.1. Enrobés compactés

Concernant les enrobés compactés la référence était constituée par un enrobé de type Béton Bitumineux Mince de type A (BBM A) de granularité 0/10 discontinue à liant modifié par des polymères. Ce produit est la référence en entretien de couche de roulement pour la ville de Paris, son épaisseur d'application est de 4 cm et est susceptible de variation compte tenu de l'hétérogénéité des supports et de leurs défauts de planéité selon les configurations.

Sa durabilité moyenne est estimée à 15 à 17 ans dans la ville de Paris. Les produits innovants devaient être utilisables en lieu et place de ce produit, avec la même épaisseur, la même durabilité et un faible surcoût (+10 % maximum). Pour satisfaire à ces impératifs et amener les caractéristiques phoniques recherchées, deux options ont été envisagées et poursuivies. La première était de partir d'un revêtement de type Stone Mastic Asphalt (SMA) 0/10, réputé pour sa grande durabilité et d'en améliorer les propriétés phoniques en augmentant sa teneur en vide et en réduisant sa granularité. La seconde était de partir d'une formule de type Béton Bitumineux Très Mince (BBTM) 0/6 réputée pour sa faible émission de bruit de roulement mais souffrant d'une résistance médiocre en milieu urbain, et d'en améliorer la durabilité en pénalisant le moins possible ses propriétés phoniques. Pour ces deux démarches, la partie thermique est amenée par l'emploi de granulats clairs dans le mélange et la préservation d'une macrotecture propre à assurer une rétention d'eau superficielle suffisante lors des opérations d'aspersion. Pour les formules innovantes, les critères de clarté retenus sont $L^* \geq 54$; a^* : 0,5 à 2; b^* : 4 à 8 selon NF X 08-000 45/0 utilisant un illuminant D65 sous un angle de θ de 10° . Les granulats retenus, satisfaisant à ces critères proviennent de la carrière de Montebourg, dans la Manche.

4.2. Formulation du SMAphon

La formule dérivée d'un enrobé SMA 0/10 a été baptisée SMAphon (pour SMA phonique). La formule de référence SMA a été établie sur la base de SMA déjà appliqués en France avec les coupures granulaires normalement disponibles en Ile-de-France. Cette formulation continue à forte teneur en mastic contient un bitume modifié Colflex N (BMP 25/55-50) et des fibres de celluloses à raison de 0,3 %. La formulation est précisée dans le tableau 1. Les caractéristiques de tenue à l'eau et à l'orniérage sont satisfaisantes. De plus, afin d'évaluer la résistance aux agressions mécaniques superficielles des essais d'usure Cantabro modifié et de plumage avec le Darmstadt Scuffing Device (DSD) en mode sévéré ont été réalisés. L'essai Cantabro modifié par Colas consiste à mesurer la perte de masse d'une éprouvette de type Duriez (80 mm de diamètre et 1000 g) après un conditionnement à -10°C et un passage dans le tambour Los Angeles pendant 500 tours. L'essai de plumage au DSD est conduit selon les travaux du CRR [6] mais avec des conditions plus sévères à savoir une pression sur le pneu de 2000 N au lieu de 1000 N et un nombre de cycles porté à 50 au lieu de 10. Ces essais plus sévères permettent de prendre en compte l'agressivité du trafic en milieu urbain dense. Après l'étude de plusieurs variantes possibles, la formulation finale du SMAphon contenant les gravillons de Montebourg retenue satisfait à maintenir les caractéristiques initiales du SMA de référence avec une granularité diminuée et une teneur en vide fortement augmentée. Ceci a été rendu possible en utilisant un bitume plus performant, le COLFLEX S de type BMP 25/55-65 et en maintenant un fort taux de mastic et les fibres de cellulose. Le tableau 1 présente l'ensemble des caractéristiques mesurées pour la formule innovante en regard de celles des SMA et BBM A de référence.

BBM A référence		SMA 0/10 référence		SMAphon	
6/10 La Noubleau	62.0 %	6/10 La Noubleau	22.0 %	6/10 Montebourg	15.0 %
0/2 La Noubleau	31.3 %	4/6 La Noubleau	35.0 %	4/6 Montebourg	17.3 %
Filler calcaire	1.5 %	2/4 La Noubleau	10.7 %	2/4 Montebourg	36.7 %
COLFLEX N	5.2 %	0/2 la Noubleau	18.3 %	0/2 la Noubleau	20.2 %
		Filler calcaire	7 %	Filler calcaire	3.7 %
		Fibres Viatop	0.3 %	Fibres Viatop	0.3 %
		COLFLEX S	6.7 %	COLFLEX S	6.8 %

Tableau 1

On constate le maintien de la résistance à l'usure par l'essai Cantabro modifié et au plumage DSD (tableau 2 et figure 3).

	RUGOFLEX	SMA	SMaphon
Vides PCG V 40	10.4 %	10.8 %	15,3 %
Tenue à l'eau Duriez (I/C)	100	100	90
Orniérage 30 000 cycles 60°C	4.6 %	7.3 %	3.9 %
Cantabro modifié	30 %	17 %	16 %
Plumage DSD sévère	126 g/m ²	137 g/m ²	282 g/m ²
Absorption acoustique maximale (40 mm)	0.19	0.22	0.19

Tableau 2 – caractéristiques mesurées sur les enrobés de référence et le SMaphon

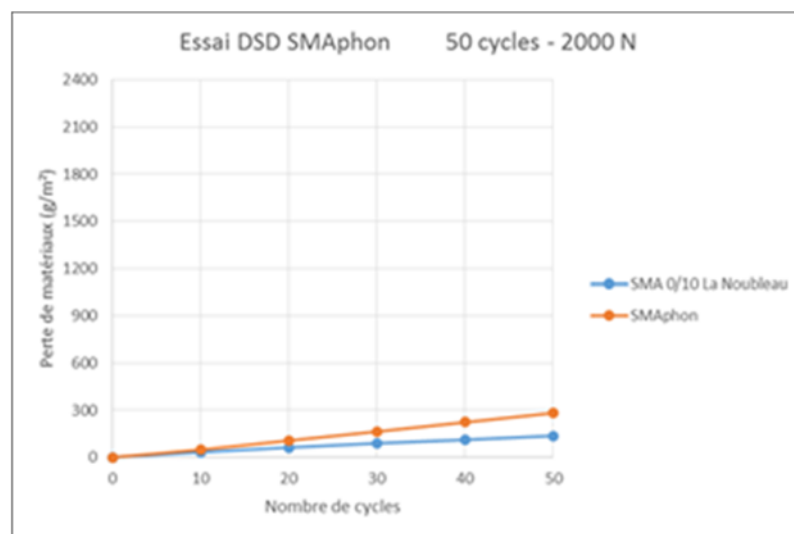


Figure 3 – Essai de plumage DSD sur SMaphon

4.3. Formulation du BBphon+

La formule dérivée d'un BBTM 0/6 a été baptisée BBphon+ pour "béton bitumineux phonique plus durable". La formule de référence est couramment employée en Ile-de-France, sa composition discontinue est donnée dans le tableau 3. La formule de BBphon+ a été établie en augmentant la part de sable, en ajoutant un filler de chaux hydratée et en utilisant le liant modifié COLFLEX S de type BMP 25/55-65 au lieu du BMP 25/55-50. La teneur en vide a été maintenue à environ 15% pour assurer une bonne absorption phonique. Ces adaptations de formule ont permis d'améliorer fortement la tenue du produit aux essais d'usure et de plumage comme indiqué dans le tableau 4 et la figure 4.

BBM A référence	BBTM 0/6 référence	BBphon+
6/10 La Noubleau 62.0 %	4/6 La Noubleau 71.7 %	4/6 Montebourg 57.5 %
0/2 La Noubleau 31.3 %	0/2 la Noubleau 20.8 %	0/2 la Noubleau 35.1 %
Filler calcaire 1.5 %	Filler calcaire 2.1 %	Filler Chaux hyd. 1.5 %
COLFLEX N 5.2 %	COLFLEX S 5.4 %	COLFLEX S 5.9 %

Tableau 3

	RUGOFLEX	BBTM	BBphon+
Vides PCG V 40	10.4 %	21.6 %	14,5 %
Tenue à l'eau Duriez (I/C)	100	79	91
Orniérage 30 000 cycles 60°C	4.6 %	2,6 %	2,4 %
Cantabro modifié	30 %	35 %	16 %
Plumage DSD sévère	126 g/m ²	2254 g/m ²	205 g/m ²
Absorption acoustique maximale (40 mm)	0.19	0,57	0,75

Tableau 4 – caractéristiques mesurées sur les enrobés de référence et le BBphon+

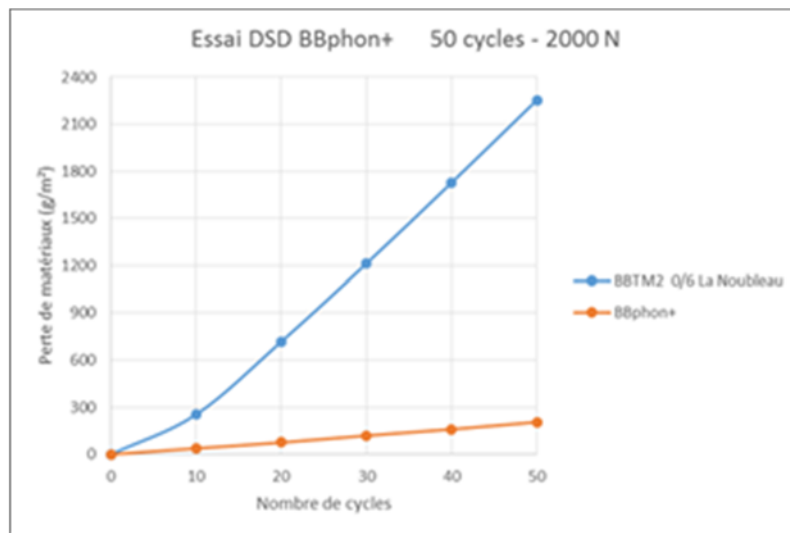


Figure 4 - Essai de plumage DSD sur BBphon+

4.4. Asphalte Coulé

Historiquement, la ville de Paris a toujours fait fréquemment appel à la technique des asphaltes coulés aussi bien pour les revêtements de trottoirs que de chaussées. Ce choix s'explique par la très bonne durabilité de ce revêtement (> 30 ans) et par ses caractéristiques de surface qui assurent confort et sécurité pour le piéton, l'automobiliste ou autre usager. Technique ancestrale, l'asphalte a su évoluer, et, en particulier, ces dernières années, l'asphalte a vu sa température d'application réduite (température < 200°C) pour respecter la réglementation européenne REACH, l'asphalte est devenu décoratif en faisant appel à différentes techniques : liants de synthèse, granulats colorés, ponçage, sablage,... et donc logiquement, l'asphalte, aujourd'hui, doit s'adapter aux nouvelles contraintes de la ville et participer au caractère résilient de l'infrastructure.

Dans le cadre du projet LIFE C-LOW-N, l'asphalte doit donc répondre au double objectif de confort acoustique et de réduction de l'effet Îlot de Chaleur Urbain.

EUROVIA Ile-de-France Normandie a travaillé en étroite collaboration avec le Centre de Recherche du Groupe basé à Mérignac (33) pour mettre au point le produit PUMA (Porous Urban Mastic Asphalt). Ce produit a été développé selon deux principes. En effet, il a été fait le choix d'associer les propriétés d'albédo d'un granulat clair et de porosité de granulats légers. Les granulats clairs limiteront l'absorption de l'énergie solaire tandis que les granulats poreux permettent la rétention d'eau et la diminution du bruit de roulement par absorption. Une fois la mise en œuvre réalisée, il est nécessaire de procéder à un traitement de surface afin d'enlever une partie du mastic bitumineux et de mettre en évidence les granulats clairs et poreux en surface.

L'objectif principal de la formulation consistait à trouver un équilibre entre les différents composants afin d'avoir des propriétés thermiques et acoustiques satisfaisantes tout en gardant des caractéristiques mécaniques importantes. D'un point de vue économique, le surcoût maximal vis-à-vis de la technique de référence ne devait pas dépasser 10 %.

L'étude de formulation réalisée a permis de tester différents types de matériaux (granulats clairs et poreux) et différentes compositions à travers la formulation d'une quinzaine de produits. Dans un premier temps, cette étude s'est portée sur l'aspect mécanique afin de s'assurer de la bonne tenue du produit. Sur cet aspect, l'orniérage selon la méthode « Hamburg Test » a été le principal critère suivi. Il permet de mettre en évidence la résistance à l'orniérage en conditions sévères (haute température sous immersion). Il a également fallu s'assurer de la bonne tenue du produit et, en particulier, de celle des granulats poreux vis-à-vis du traitement de surface. Dans un second temps, les aspects acoustique et thermique ont pu être traités.

L'aspect thermique a été abordé suivant différents paramètres. Le premier paramètre concerne la rétention d'eau des granulats poreux visant à retenir l'eau et favoriser le phénomène d'évaporation rafraîchissant lors des fortes chaleurs. Pour caractériser ce paramètre, un protocole a été mis au point en interne. Le second paramètre concerne la clarté et l'albédo du revêtement caractérisant la non-absorption de la chaleur issue du rayonnement solaire.

Pour l'aspect acoustique, des mesures d'absorption au tube de Kundt ont été réalisées sur différentes formules. De plus, compte tenu du manque d'expérience et d'essais de laboratoire caractérisant l'aspect phonique il a été décidé de partir du postulat que le vide issu des granulats légers est la seule source d'amélioration de l'aspect phonique et donc que le potentiel phonique du revêtement se caractérise par la concentration en surface de ces granulats. Afin d'appuyer ce postulat, il a été réalisé des mesures d'absorption phonique sur les granulats poreux seuls et en parallèle de déterminer la concentration en granulats légers à la surface de l'asphalte par imagerie.

La formule PUMA retenue est la suivante est présentée dans la figure 5.

Granulats Clairs		Granulats légers	Sable	Filler	Liant
6/10 Chailloué	5/8 Granusil	3/7 Pouzzolane	0/4 Chailloué	PK2A	Liant A + Sasobit
22.1 %	13.8 %	9.2 %	19 %	28 %	7.9 %
					

Figure 5 – granulats composant le PUMA

D'un point de vue mécanique, le respect des spécifications à l'échelle laboratoire est atteint. Concernant l'aspect thermique, on observe clairement un impact positif dû à la présence des granulats poreux et des granulats clairs. En effet, la rétention d'eau passe d'une valeur de 2 % à 12 % entre la formule de référence et la formule PUMA. De plus, la présence des granulats clairs nous permet de doubler la valeur d'albédo du produit. L'aspect phonique sera vérifié in situ sur la planche test réalisée.

5. LES CHANTIERS EXPERIMENTAUX

5.1. Enrobés compactés

Chaque site pilote dispose de deux sections de 200 mètres de long environ. L'une est réalisée avec le revêtement de référence traditionnel et l'autre avec le revêtement innovant. Sur la rue de Frémicourt, l'application du SMAphon et du Rugoflex M 0/10 de référence a eu lieu le 11 octobre 2018 (photo 5). Pour la rue de Courcelles, l'application du BBphon+ et du Rugoflex M 0/10 s'est faite de nuit du 23 au 24 octobre 2018 (photo 6). L'ensemble de ces produits a fait l'objet d'un suivi qualité et de contrôles de fabrication attestant de la conformité de ceux-ci.



Photo 5 - Mise en œuvre du SMAphon rue Frémicourt)



Photo 6 - Mise en œuvre du BBphon+ rue de Courcelles de nuit

5.2. Asphalte Coulé

La faisabilité industrielle a été validée lors de la réalisation de planches tests sur l'usine de la CIFA à Mitry-Mory et au Centre de Maintenance et d'Approvisionnement (CMA) de la Ville de Paris à Bonneuil-sur-Marne.

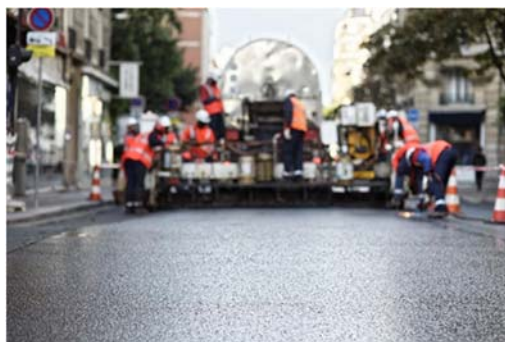


Photo 7 - Mise en œuvre de l'asphalte coulé PUMA



Photo 8 - Alimentation du finisseur à asphalte avec le PUMA

Sur la rue Lecourbe, l'application de la planche expérimentale de 1320 m² en PUMA et de la planche d'asphalte coulé routier de référence, de type AC2, a été réalisée la semaine du 24 septembre 2018 (photos 7 et 8). Ce chantier a consisté à raboter les enrobés existants, mettre en œuvre un enrobé 0/6 anti-ornière au bitume modifié et servant de support au PUMA. Le produit innovant PUMA a ensuite été mis en œuvre puis grenailé pour faire apparaître plus rapidement la couleur claire des granulats un mois après l'application.

6. LE SUIVI ET L'ÉVALUATION

Les stations de mesure acoustiques et thermiques resteront en place au moins 5 ans pour évaluer les effets du vieillissement des revêtements. Ainsi, pour chaque site expérimental, les résultats associés au revêtement de chaussée innovant et au revêtement de chaussée de référence pourront être comparés et suivis dans le temps. Des campagnes de mesures CPX (Close ProXimity), consistant à mesurer le bruit émis à proximité d'un pneumatique d'essais en roulement, mises en œuvre périodiquement sur chacune des planches expérimentales, permettront de suivre l'évolution des performances acoustiques des revêtements tout au long du projet.

A l'heure de la rédaction de cet article, les résultats disponibles concernent exclusivement les résultats de l'évaluation de l'état initial, correspondant à la situation antérieure aux débuts de travaux de pose des planches innovante et de référence. Cet état des lieux initial est primordial pour l'évaluation du projet. Il permettra de quantifier les améliorations obtenues sur chacun des sites expérimentaux par le recours à un revêtement de chaussée usuel et un revêtement de chaussée innovant en termes de performances thermiques, acoustiques et de durabilité mécanique.

Les objectifs attendus correspondent à une réduction du niveau sonore de - 3 dB(A) au niveau de la rue et de -2 dB(A) en façade d'habitation ainsi qu'une diminution de - 2°C de température réelle et de - 3 °C de température ressentie.

7. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce projet piloté par la ville de Paris dans le cadre de sa politique environnementale vise à améliorer les conditions de vie des parisiens en diminuant leur exposition au bruit et en limitant les effets des vagues de chaleur. La démarche est originale car elle ne prend pas seulement en compte un seul paramètre mais essaie de combiner plusieurs effets tout en respectant la réalité économique et les attentes en termes de durabilité des produits et des effets. Il s'agit donc de réaliser un compromis entre des contraintes et des objectifs qui peuvent paraître contradictoire en première approche. Les objectifs peuvent paraître modestes mais ils correspondent à une réelle avancée s'ils sont tenus.

Les compétences d'experts de la construction routière et de la mesure du bruit ont été mobilisées autour de l'agence de l'écologie urbaine et du laboratoire de l'espace public de la ville de Paris pour mener à bien la première partie du projet et assurer le suivi de l'expérimentation.

Les solutions retenues ont été établies dans l'esprit du projet LIFE, c'est à dire avec des solutions répliquables dans d'autres villes en France ou en Europe.

Des publications ultérieures permettront de présenter les résultats obtenus dans la première année puis après 3 ans de service. Si ces résultats sont probants il est prévu de poursuivre le suivi de l'expérimentation pendant 5 années supplémentaires.

REFERENCES

1. Noise in Europe 2014, EEA Report No 10/2014, European Environment Agency, December 2014
2. E. Godard et al. (2019). Le Projet Life Cool & Low Noise Asphalt : des revêtements innovants pour l'environnement à Paris. RGRA N°960 janvier février 2019.
3. Burden of disease from environmental noise : quantification of healthy life years lost in Europe,WHO Regional Office for Europe, 2011
4. C. Ribeiro et al. (2018). Suivi des performances acoustiques de revêtements de chaussées peu bruyants 14ème congrès français d'acoustique – Le havre 23-27 avril 2018
5. Carlos Ribeiro et al. (2018). Monitoring the acoustic performance of low-noise pavements. Euronoise Crete 2018.
6. J. De Visscher et al. (2017) Ravelling by traffic: Performance testing and field validation - IJPRT, 2017