

COOL & LOW NOISE ASPHALT

DES REVÊTEMENTS INNOVANTS POUR L'ENVIRONNEMENT À PARIS

Depuis 2017, la Ville de Paris s'est engagée, avec les entreprises Colas et Eurovia et l'association Bruitparif, dans le projet Cool & Low Noise Asphalt. L'objectif est de tester les performances acoustiques et thermiques ainsi que la durabilité et la tenue mécanique de trois formules innovantes de revêtements pour lutter contre la pollution sonore et les îlots de chaleur urbain.



Totem Cool & Low Noise Asphalt rue Frémicourt, dans le XV^e arrondissement de Paris.

© COLAS / JOACHIM BERTRAND

Dans le cadre de son plan climat et de son programme de lutte contre le bruit, la Ville de Paris s'est engagée dans un programme de développement des futurs revêtements du réseau de voirie urbaine dense, afin de limiter les effets d'îlots de chaleur urbain et d'apaiser l'environnement sonore dans les quartiers.

À cette fin, elle s'est adjoint les compétences de Colas et d'Eurovia en matière de revêtements de chaussée et de Bruitparif pour la mesure du bruit. Les quatre partenaires se sont groupés pour s'engager dans un projet Life, baptisé Cool & Low Noise Asphalt, subventionné par la Commission européenne.

Le projet, d'une durée de cinq ans, consiste à formuler et tester in situ trois revêtements de chaussée innovants et à en mesurer les effets sur la température et le bruit afin de s'assurer de leur durabilité et de la tenue mécanique des revêtements.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX DU PROJET

Le projet apporte sa contribution au traitement de deux enjeux environnementaux majeurs pour les villes denses : le bruit et les îlots de chaleur urbains.

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 (voir article page 20). Le bureau régional de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour l'Europe a d'ailleurs renforcé, en octobre 2018, ses lignes directrices concernant les niveaux d'exposition au bruit.

Dans son plan de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE 2015-2020), document obligatoire prévu par la directive européenne 2002/49/CE sur le bruit dans l'environnement¹, la Ville de Paris prévoyait d'expérimenter des enrobés phoniques en cœur de ville. Le projet Cool & Low Noise Asphalt vient donc concrétiser cette action et va même au-delà en embarquant la lutte contre les îlots de chaleur urbain.

L'îlot de chaleur urbain est un phénomène de plus en plus fréquent dans les villes en raison du réchauffement climatique. Il se matérialise par des écarts de température de plusieurs degrés entre le cœur urbain et la campagne alentour lors des périodes chaudes. À 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, provoquant un inconfort des habitants.

AUTEURS

Éric Godard
Directeur technique
Colas

Olivier Chrétien
Agence d'écologie urbaine
Ville de Paris

Kévin Ibtaten
Agence d'écologie urbaine
Ville de Paris

Antoine Lemée
Service Patrimoine de voirie
Ville de Paris

Jérôme Lefebvre
Laboratoire espace public
Ville de Paris

Lionel Grin
Directeur technique
Eurovia Management

Carlos Ribeiro
Responsable du pôle Études
Bruitparif

Sophie Parison
Doctorante
Ville de Paris – Université Paris Diderot

Pour la Ville de Paris : un engagement en faveur de l'environnement

« Face aux défis de la transition écologique, nous avons un devoir d'innovation qui soit à la hauteur de ces enjeux essentiels. Les solutions pour un avenir durable de nos systèmes urbains s'inventent aujourd'hui avec des projets comme le projet Cool & Low Noise Asphalt.

Quoi de plus essentiel que la réinvention des rues vers des espaces publics plus sereins, mieux partagés, protégés des pollutions sonores et des canicules afin de favoriser la vie de nos quartiers ?

C'est toute l'ambition de ce projet unique que Paris est très fière de mettre en œuvre, avec des partenariats de grande expertise et le soutien de la Commission européenne. Nous allons ainsi très concrètement augmenter notre boîte à outils de l'adaptation au changement climatique et de la lutte contre la pollution sonore ; expérience que nous pourrons ensuite partager avec les villes européennes et au-delà. »



Aurélie Solans, conseillère déléguée en charge de l'Environnement, Ville de Paris

Ce problème sanitaire est bien identifié par les grandes villes qui le prennent désormais en compte dans leur plan climat. Ainsi, à Paris, le plan climat air énergie territorial 2018 prévoit de repérer, créer et communiquer envers le grand public sur les îlots et parcours de fraîcheur accessibles chaque été dans la capitale, 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 Ville de Paris dans sa stratégie d'adaptation de 2015, via son 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 : revêtement anti-bruit, revêtement adapté à la lutte contre l'effet d'îlot de chaleur, etc.

OBJECTIFS DU PROJET

Afin de répondre aux enjeux environnementaux dans le cadre d'un milieu urbanisé dense, le projet a pour objectif de développer un nouveau type de revêtement routier environnemental urbain au moyen de formules qui :

- possèdent des propriétés phoniques pour lutter durablement contre le bruit routier ;
- contribuent à l'atténuation des effets des îlots de chaleur urbains (tableau 1).

Ces revêtements doivent impliquer un surcoût acceptable, tout en étant aussi résistants que ceux de référence.

Le choix de la Ville de Paris s'est porté sur des enrobés innovants :

- béton bitumineux très mince (BBTM) et Stone Mastic Asphalt (SMA) pour se substituer au béton bitumineux mince de type A (BBMA) standard ;
- asphalte coulé (AC) innovant de type AC2 GR pour se substituer à l'AC2 classique.

Sur l'aspect acoustique, grâce au travail de formulation réalisé sur l'absorption acoustique, mais aussi sur la génération du bruit, une diminution immédiate de 5 dB(A) du bruit de roulement mesuré en champ proche (méthode CPX (Close ProXimity)^{2,3}) est attendue, puis un maintien dans le temps à quatre puis neuf ans. L'effet acoustique sera également caractérisé par la mesure du bruit en façade afin d'évaluer l'impact pour les riverains.

Sur le volet thermique, pour limiter l'effet d'îlot de chaleur urbain, il s'agit de travailler sur l'albédo des matériaux afin de baisser la température de surface et ainsi limiter l'absorption de chaleur du revêtement. En période de vague de chaleur avérée, une action supplémentaire d'arrosage de la chaussée via le réseau d'eau non potable de la ville est prévue. L'objectif est de diminuer la température ressentie de 3,5 °C. Le confort thermique de la population est estimé par le calcul de l'indicateur UTCI (Universal Thermal Climate Index).

-Tableau 1- Objectifs du projet.

Indicateurs globaux de performance	Objectifs		
	2019 - Juste après la pose	2021 - Dernière campagne de mesure avant la fin du projet	2027 - 5 ans après la fin du projet
Performances phoniques			
Bruit de roulement : gain acoustique par rapport à l'existant	5 dB(A)	3 dB(A)	1 dB(A)
Bruit de roulement : gain acoustique par rapport au revêtement de référence	3 dB(A)	2 dB(A)	1 dB(A)
Bruit en façade : gain acoustique par rapport à l'existant	3 dB(A)	2 dB(A)	1 dB(A)
Bruit en façade : gain acoustique par rapport au revêtement de référence	2 dB(A)	1 dB(A)	0,5 dB(A)
Performances thermiques			
Température ressentie : diminution de température à 1,5 m de haut (hauteur piéton) en période estivale par effet d'albédo par rapport à l'existant et au revêtement de référence	- 2 à - 3 °C	- 2 à - 4 °C	- 2 à - 4 °C
Température ressentie : diminution à 1,5 m de haut (hauteur piéton) grâce à l'arrosage en période estivale par rapport à la chaussée existante sèche	- 2,5 à - 3,5 °C	- 1,5 à - 2,5 °C	- 1,5 à - 2,5 °C

–Photo 1–

Mise en œuvre du SMAphon rue Frémicourt.



© COLAS / JOACHIM BERTRAND

–Photo 2–

Mise en œuvre du BBphon+ rue de Courcelles.



© COLAS / JOACHIM BERTRAND

Les performances phoniques et de lutte contre les îlots de chaleur urbains des deux sites pilotes feront l'objet de suivis. L'aspect visuel de leur état de service et leur tenue mécanique seront également régulièrement évalués.

ASPHALTE COULÉ INNOVANT

Historiquement, la Ville de Paris a fréquemment fait appel à la technique des asphaltes coulés pour les revêtements de trottoirs ou 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, au cours des dernières années :

- Il a vu sa température d'application réduite (< 200 °C) pour respecter la réglementation européenne REACH⁷.

- Il est devenu décoratif en faisant appel à différentes techniques : liants de synthèse, granulats colorés, ponçage, sablage...

Aujourd'hui, logiquement, l'asphalte doit s'adapter aux nouvelles contraintes de la ville et participer au caractère résilient de l'infrastructure. Dans le cadre du projet Cool & Low Noise Asphalt, il doit ainsi répondre au double objectif de confort acoustique et de réduction de l'effet d'îlot de chaleur urbain.

FORMULATION DU PRODUIT PUMA

Dans cette perspective, Eurovia Île-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*), développé en associant les propriétés d'albédo d'un granulat clair et celles de porosité de granulats légers :

- Les granulats clairs limitent l'absorption de l'énergie solaire.
- 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'obtenir 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 réalisée a testé différents types de matériaux (granulats clairs et poreux) et différentes compositions à travers la formulation d'une quinzaine de produits.

Dans un premier temps, l'étude s'est intéressée à l'aspect mécanique du produit afin de s'assurer de sa bonne tenue :

- L'orniérage, testé au moyen de l'orniéreur Hamburg (mise en évidence de la résistance à l'orniérage en conditions sévères : haute température sous immersion), a été le principal critère suivi.
- 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.

Le volet thermique a été abordé en fonction de différents paramètres :

- la rétention d'eau des granulats poreux, destinée à favoriser le phénomène d'évaporation rafraîchissant lors des fortes chaleurs, caractérisée grâce à un protocole mis au point en interne ;
- la clarté et l'albédo du revêtement, qui caractérisent 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. Compte tenu du manque d'expériences et d'essais de laboratoire pour caractériser 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, d'une part, il a été réalisé des mesures d'absorption sur les granulats poreux seuls et, d'autre part, la concentration en granulats légers à la surface de l'asphalte a été déterminée par imagerie.

La formule Puma retenue est présentée en **figure 3**. D'un point de vue mécanique, le respect des spécifications à l'échelle laboratoire est atteint.

Concernant le volet thermique, on observe clairement un impact positif dû à la présence des granulats poreux et des granulats clairs. En effet, entre la formule de référence et la formule Puma, la rétention d'eau progresse de 2 à 12 %. De plus, la présence des granulats clairs double la valeur albédo du produit. L'aspect phonique sera vérifié in situ sur la planche test réalisée.

MISE EN ŒUVRE D'UNE PLANCHE TEST

La faisabilité industrielle de Puma a été validée par 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. Le site pilote de 150 mètres a été mis en œuvre en octobre 2018 rue Lecourbe (Paris XV^e) (**photos 3 et 4**).

Les performances phoniques, mécaniques et de lutte contre les îlots de chaleur urbains de ce site seront suivies et vérifiées jusqu'en 2027, soit 5 ans après la fin du projet (2022).

PROGRAMME DE SUIVI DES CHANTIERS

L'action consiste à mettre en œuvre un suivi opérationnel des différents indicateurs de performance définis pour le projet, relatifs aux performances phoniques et thermiques, à la durabilité physique et géométrique ainsi qu'à l'économie d'énergie et à la consommation d'eau, afin d'évaluer les bénéfices environnementaux du projet.

Le suivi des indicateurs est prévu par rapport à une double référence :

- dans le temps par rapport à l'état initial : comparaison des indicateurs relevés sur la planche comportant le revêtement innovant avec ceux existant avant sa pose ;
- en relatif par comparaison entre les indicateurs relevés sur la planche comportant le revêtement innovant et ceux relevés sur la planche de référence sur la même période.

-Figure 3-
Composition de l'asphalte coulé Puma.

Granulats clairs		Granulats légers		Sable	Filler	Liant
6/10 Chailloué	5/8 Grannusil	3/7 Pouzzolane	0/4 Chailloué		PK2A	Liant A + Sasobit
22,1 %	13,8 %	9,2 %	19 %		28 %	7,9 %



-Photo 3-
Mise en œuvre mécanisée de l'asphalte Puma rue Lecourbe.



-Photo 4-
Zoom sur l'alimentation du finisseur à asphalte par les pétrins mobiles.

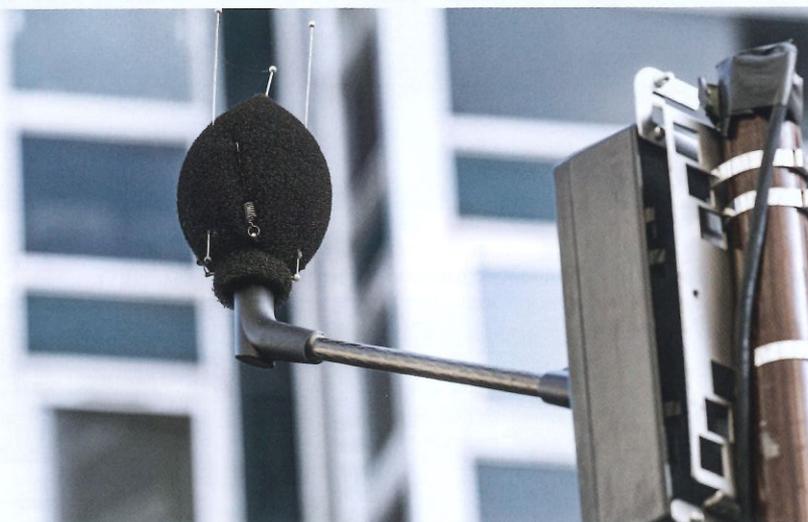


Ce suivi s'appuie sur les spécifications d'un plan d'évaluation, composé d'un plan d'instrumentation et d'un plan d'exploitation, qui inclut l'installation préalable des différents capteurs : stations météorologiques, capteurs thermiques, stations fixes de mesure du bruit, ainsi que la réalisation des mesures embarquées CPX pour le bruit de roulement, des enregistrements audionumériques et des mesures des propriétés mécaniques in situ.

IMPACT SUR LE BRUIT

Afin d'assurer le suivi du volet acoustique, une station de mesure permanente du bruit a été implantée à proximité d'une façade d'habitation pour chaque planche réalisée : une station d'évaluation du revêtement de chaussée de référence (standard) et une station d'évaluation du revêtement de chaussée innovant. Au total, 6 stations de mesure ont été déployées (photo 5). Elles ont été installées en amont des travaux pour disposer d'un état initial avant travaux, correspondant aux performances acoustiques du revêtement présent. Les stations de mesure resteront en place au moins 5 ans pour évaluer les effets du vieillissement des revêtements. En complément, des enregistrements audio numériques audioconformes sont réalisés au droit de chaque planche avant et après travaux, puis régulièrement au cours du projet. Ces enregistrements pourront être réécoutés en laboratoire. Ils contribuent à 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).

-Photo 5-
Installation de microphone pour mesurer le bruit rue Frémicourt.



© COLAS / JOACHIM BERTRAND

-Photo 6-
Mise en œuvre de BBphon+ au droit d'une station météorologique.



© COLAS / JOACHIM BERTRAND

Des campagnes de mesures embarquées CPX complètent le dispositif de suivi des performances acoustiques. La méthode de mesure en continu CPX consiste à mesurer le bruit émis à proximité d'un pneumatique d'essais en roulement monté sur un véhicule d'essais spécifique. Ces campagnes de mesures embarquées CPX permettent de suivre les performances associées au bruit de roulement et sont prévues à différentes étapes du projet :

- sur le revêtement existant avant la mise en place des nouveaux revêtements de chaussée ;
- après la pose des revêtements de chaussée innovants et de référence ;
- régulièrement afin de suivre l'évolution des performances dans le temps.

IMPACT SUR LA TEMPÉRATURE

Pour assurer le suivi du volet thermique et estimer l'impact des nouveaux revêtements et de l'arrosage de voirie, des stations météorologiques ont été disposées sur chaque section testée (photo 6), ainsi que sur des sections témoins afin de proposer des comparaisons pertinentes.

Ces stations mesurent différents indicateurs microclimatiques pour caractériser la rue en question (température de l'air, humidité relative, rayonnement net, vitesse de vent, température de globe noir).

L'arrosage de la rue est déclenché lors de journées représentatives d'une vague de chaleur pour lesquelles les conditions suivantes sont remplies :

- Sur trois jours, les moyennes estivales sont dépassées (température maximale excédant 25 °C, température minimale excédant 16 °C).
- La vitesse de vent ne dépasse pas les 3 m/s en moyenne.
- La couverture nuageuse est inférieure à 3 octas (bel ensoleillement, ciel dégagé).

Les principaux indicateurs considérés pour l'analyse des sites sont la température de l'air et l'UTCI, un indicateur de stress thermique en extérieur. Afin de tenir compte notamment de la variabilité des conditions météorologiques entre plusieurs journées estivales, la différence entre les indicateurs mesurés par chacune des stations d'une rue est considérée. Cette différence est ensuite moyennée sur plusieurs jours dits de référence (journées remplissant les critères mentionnés) pour établir un profil moyen représentatif du site étudié.

Après travaux, la même démarche sera appliquée. L'impact du changement de revêtement sur les conditions microclimatiques de la rue sera ensuite estimé en réalisant un test statistique sur la différence des profils moyens après et avant travaux respectivement. Cette comparaison sera également effectuée lors de journées arrosées afin de quantifier les effets rafraîchissants de l'arrosage urbain en période estivale sur les nouveaux revêtements du projet.

IMPACT SUR LA DURABILITÉ PHYSIQUE ET GÉOMÉTRIQUE

Pour ce qui concerne le volet durabilité physique et géométrique, des mesures de suivi in situ sont mises en œuvre régulièrement pour caractériser l'état mécanique des revêtements dans le temps : mesures au pendule SRT (*Skid Resistance Tester*), mesures de la macrotexture PMT (profondeur moyenne de texture) et mesures de clarté, complétées par un relevé régulier de l'état structurel de la chaussée et des éventuelles dégradations.

COMMUNICATION ET PERSPECTIVES

Dix-huit mois après son lancement, le projet Cool & Low Noise Asphalt a satisfait à ses premiers objectifs : la formulation des revêtements innovants, leur mise en œuvre sur les sites pilotes et la mise en place de l'instrumentation nécessaire au suivi des paramètres pertinents.

Les premières actions de communication et d'information ont fait connaître le projet aux parties intéressées. Les riverains avaient été informés du projet par la Ville de Paris par diverses opérations et notamment la mise en place de panneaux sur les sites. Le projet a été inauguré en présence de la presse le 15 octobre 2018 à la mairie du 15^e arrondissement après une visite commentée des sites expérimentaux. Un site internet consacré

au projet a également été mis en place (<https://www.life-asphalt.eu/>).

Le projet étant en partie financé par la Commission européenne, la répliquabilité de ses résultats en Europe est une préoccupation essentielle. C'est pourquoi un comité de parties prenantes a été constitué, regroupant des associations, des fédérations professionnelles et des maîtres d'ouvrage potentiels, tels que de grandes agglomérations françaises et d'autres pays de l'Union. Par ailleurs, un comité scientifique sera garant de la pertinence et de la validité de l'approche scientifique du projet ainsi que des conclusions qui pourront en être tirées. Ces deux comités ont été réunis une première fois à l'occasion de la réalisation des chantiers sur sites pilotes. Le programme les a séduit et les membres ont hâte de connaître les premiers résultats.

Le temps du suivi des sites pilotes est désormais venu et les mesures du point zéro ont débuté. Si les premiers résultats seront connus d'ici quelques mois, il faudra attendre le passage de l'été 2020 pour constater les effets des revêtements en cas de fortes chaleurs. Les parties prenantes ne manqueront pas d'informer les lecteurs de la RGRA des résultats obtenus lorsque ceux-ci seront disponibles. Le suivi se poursuivra jusqu'à la fin du projet en 2022. Si les résultats sont satisfaisants à cette échéance, le suivi sera prolongé pour une nouvelle période de 5 ans. ■

RÉFÉRENCES

1. Directive 2002/49/CE du Parlement européen et du Conseil du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement.
2. ISO 11819-2 « Acoustics - Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise - Part 2: The close-proximity method », 2017.
3. ISO/TS 11819-3 « Acoustics - Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise - Part 3: Reference tyres », 2017.
4. P. Loustalot, J.-C. Cibray, G. Genardini, L. Jamcol, « Bétons bitumineux clairs sur le périphérique parisien », RGRA n° 735, décembre 1995.
5. J. De Visscher, A. Vanelstraete, « Raveling by traffic: Performance testing and field validation », IJPRT, 2017.
6. S. Vansteenkiste, « Impact de la chaux hydratée sur la durabilité d'un enrobé avec PmB », *Bulletin du CRR* n° 99, 2014.
7. Règlement Reach (*Registration, Evaluation, Authorization and restriction of Chemicals*), 18 décembre 2006. Voir dossier « Construction routière : prendre en compte le risque chimique », RGRA n° 939, septembre 2016.