LE BITUME DANS L'ESPACE URBAIN

# bitume info

Aménager, construire, innover

n° 30

Été-Automne 2014

p. 7

## Les produits bitumineux dans l'espace urbain

GPB

Groupement Professionnel des Bitumes

**VIE DU GPB**

Campagne sécurité sur les sites de livraison

**SOLUTION**

Voir la ville en couleurs

**R&DD**

Multi-recyclage des enrobés à température réduite

# SOMMAIRE

## VIE DU GPB


Campagne 2014 de sécurité sur les sites de livraison ..... p. 4

Le bitume aux Journées techniques de la Route 2014 ..... p. 5

Innovation et infrastructures de transport Interview de Marc Tassone ..... p. 6

© Dervaux


Le BHNS de Cannes roule sur de l'enrobé ocre


LE BITUME DANS L'ESPACE URBAIN

## CHANTIERS


Lyon choisit l'asphalte pour rouler doux ..... p. 8

Un tube pour les circulations douces ..... p. 8

Paris : parc des Buttes-Chaumont ..... p. 9

Coulé verte ..... p. 9

Caen : des enrobés tièdes pour les Rives de l'Orne ..... p. 10

Paris : gare d'Austerlitz ..... p. 11

L'asphalte coulé basse température, capital à Paris ..... p. 11

Paris : gare Saint-Lazare ..... p. 12

Limoges : réduire l'éclairage routier grâce aux enrobés clairs ..... p. 12

Bordeaux : sous les pavés, le bitume ..... p. 13

Cannes : une voie de bus de couleur ..... p. 14

Bordeaux : du bitume pour passer le pont ..... p. 15

Dijon : du bitume sous les rails du tramway ..... p. 15


## SOLUTION BITUME


Voir la ville en couleurs ..... p. 16


## RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT DURABLE


Projet MURE : multi-recyclage des enrobés à température réduite ..... p. 19


## RENCONTRE


Le CEREMA : un centre d'expertise au service de l'État et des collectivités locales ..... p. 22

© Ville de Paris

## HISTOIRES DE BITUME


La lente apparition des trottoirs parisiens ..... p. 24


# ÉDITORIAL

© GPB

**Denis Garin,** *président* *et* **Sophie Limborg,** *directeur général du GPB*

***Sécurité, performances, innovations, développement durable…*** *Les thèmes abordés dans ce numéro de* bitume.info *nous sont familiers car ils nous sont chers.*

***La sécurité,*** *c'est sans doute la préoccupation commune à laquelle nous, membres du GPB, sommes le plus attachés. Le travail de fond auquel se livre notre commission Sécurité et Transport se voit ainsi mis à nouveau en lumière à l'occasion du lancement de la Campagne 2014 de sécurité sur les sites de livraison de bitume. Comme les précédentes, elle associe étroitement utilisateurs, transporteurs et fournisseurs de bitume. Et c'est une source de fierté pour tous de voir les indicateurs sécurité de chaque nouvelle campagne en constante amélioration.*

*L'innovation que nous évoquons ici, c'est celle à laquelle réfléchit le rapport sur* Les dispositifs de soutien à l'innovation dans le domaine des infrastructures de transport, *préparé par l'IDRRIM, dont le GPB est partenaire. Et c'est aussi le démarrage du projet national MURE, un projet de recherche consacré au multi-recyclage des enrobés à température réduite qui répond à deux exigences du développement durable : les économies en énergie et en ressources non renouvelables.*

*Quant à notre rubrique Chantiers, intitulée « Le bitume dans l'espace urbain », elle relève de toutes ces thématiques à la fois. Nous y montrons comment les produits bitumineux participent à une plus grande sécurité dans la ville et comment les techniques mises en œuvre par les entreprises répondent aux critères les plus exigeants des maîtres d'ouvrage en termes de performances et de durée de vie, mais aussi de développement durable.*

*L'industrie des infrastructures routières de notre pays connaît une période de vaches maigres dont témoignent les chiffres annuels de la consommation de bitume, publiés dans* bitume.info *pour la sixième fois consécutive à la baisse. Dans ce contexte, il faut apprendre à « faire mieux avec moins », comme aime à dire Yves Krattinger, président de l'IDRRIM, pour relever les défis que réclame l'entretien d'un réseau d'infractrustures indispensables aux besoins de transport et de mobilité.*

*En mettant à la disposition des entreprises des produits de qualité permettant des solutions plus économes, plus performantes et plus durables, l'industrie du bitume participe à ces efforts.*

*Nous vous souhaitons une bonne lecture.*

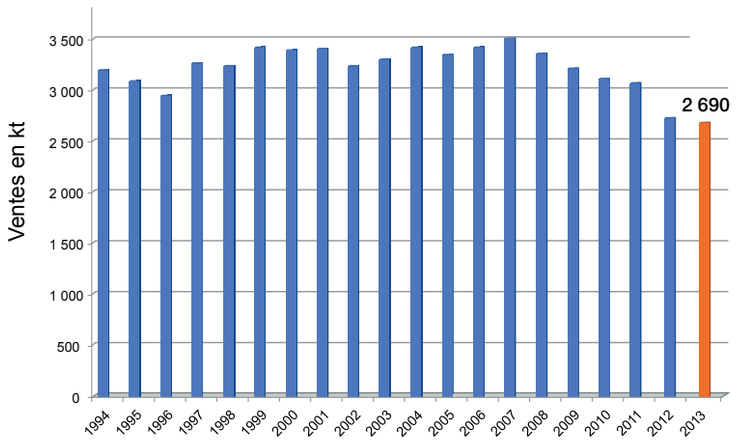

Bitume.info • Revue périodique éditée par le Groupement professionnel des bitumes et destinée à faire connaître les réalisations routières, industrielles, hydrauliques ou autres dans lesquelles le bitume joue un rôle important. 8, Terrasse Bellini - 92807 Puteaux - Tél. : 01 47 74 82 07 / www.bitume.info / Mél : contact@bitume.info. **Directeur de la publication :** Denis Garin. **Rédacteur en chef :** Sophie Limborg. **Rédacteur en chef adjoint :** Jean-Pierre Sergent. **Rédaction :** Anne Dony, Jean-Pierre Sergent. **Conception et réalisation :** Images et Formes. **Ont participé à la réalisation du numéro :** les membres du GPB (BP France, Esso SAF, Nynas, Repsol, Shell, Total Marketing & Services). **Photos de couverture :** Shell, Nynas, MURE. **Dépôt légal :** juillet 2014. ISSN 1764-6790. Diffusion gratuite.

GPB Groupement Professionnel des Bitumes

En collaboration avec eurobitume

# PÉRISCOPE

## Le marché du bitume en 2013




Au 31/12/2013, les ventes de bitume commercialisé sur le marché français s'élèvaient à 2 690 kt soit une baisse de 1,4 % par rapport à l'année 2012. La part des volumes destinés à l'industrie et produits d'étanchéité représentait environ 6 %.

Cette évolution du marché du bitume confirme la tendance décroissante constatée depuis 2007 ; à cette date, le marché du bitume en France s'élevait à 3,5 Mt (source GPB).

CONGRÈS DE L'IDRRIM

INTEROUTE & VILLE 2014

INTEROUTE & VILLE, qui se tiendra du 7 au 9 octobre 2014 au parc des expositions Eurexpo, à Lyon, se restructure autour de quatre axes majeurs : l'industrie routière, les équipements des infrastructures, les infrastructures intelligentes et l'exploitation. Le congrès développera un secteur de l'innovation dédié aux infrastructures intelligentes :

- l'intelligence pour la mobilité : de l'imbrication du « hard » et du « soft » ;
- l'intelligence pour l'exploitation : lutte contre l'interruption de service en période hivernale, lutte contre la congestion, l'insécurité, la pollution… ;
- l'intelligence pour la gestion du patrimoine : autodiagnostic des voiries, analyse en temps réel de la vulnérabilité du réseau et des risques de dégradation, prévisions de maintenance… ;
- l'intelligence pour l'environnement : réduction des nuisances, matériaux à basses calories, liants végétaux, revêtements dépolluants, revêtements à faible capacité thermique ;
- l'intelligence pour l'acceptabilité : les chantiers intelligents, leur management ;
- l'intelligence pour la maîtrise de l'énergie.

L'Institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilité (IDRRIM) renouvelle son partenariat avec INTEROUTE & VILLE et organisera son deuxième congrès conjointement à la manifestation. De nombreux congressistes participeront à cet évènement placé sous le signe du soutien à l'innovation (voir p. 6).

## Prévention du risque $H_2S$

Le GPB a réalisé une plaquette destinée à attirer l'attention des personnes concernées par le stockage et le transport du bitume chaud, ce dernier pouvant laisser échapper, dans certaines circonstances, une quantité limitée d'un gaz toxique, l'hydrogène sulfuré.
Le document, remis aux transporteurs et au personnel des postes d'enrobage et des usines d'émulsion, rappelle les caractéristiques de ce gaz, les dangers et les risques qu'il engendre, ainsi que toutes les mesures pour réduire le plus possible ces derniers.

TRA

## Infrastructures de mobilité et de développement

**Le Transport Research Arena 2014, organisé à Paris du 14 au 17 avril, proposait le 16 avril une conférence plénière sur le thème « Infrastructure : colonne vertébrale et défi pour l'économie », au cours de laquelle sont notamment intervenus Yves Krattinger, sénateur et président de l'IDRRIM, et Jean-Louis Marchand, président de l'USIRF.**
Quels que soient les progrès techniques ou environnementaux des véhicules de transport, leur contribution à une mobilité durable est étroitement liée à la fiabilité et à la qualité des infrastructures, et au maintien de leurs performances dans le temps. Avec des ressources financières publiques partout à la baisse, les États membres de l'Union européenne, confrontés au vieillissement de leurs réseaux et, pour certains, à la nécessité de leur extension, doivent tous relever le même défi : faire plus d'aménagements et d'entretien avec moins de moyens financiers.

### Un niveau optimal

Yves Krattinger a rappelé que les infrastructures de transport ne sont pas seulement indispensables à la croissance économique : elles garantissent aussi un des droits fondamentaux des citoyens, l'accès à la « mobilité ». Y a-t-il trop ou trop peu d'infrastructures de transport actuellement en France ? Et les réseaux correspondront-ils aux besoins au cours des 30 ou 40 prochaines années ?
Il est communément admis que plus il y a de mobilité, plus il y a de croissance. Mais l'entretien des infrastructures a un coût et les budgets qui lui sont affectés ne vont pas ailleurs, où ils permettraient de développer de nouvelles activités économiques qui contribueraient aussi à la croissance… La prise en compte simultanée de ces deux approches suggère qu'il existe un niveau optimal d'infrastructure à réaliser et qu'il est nécessaire d'analyser rigoureusement les projets en termes de coûts-bénéfices.

### Une chance à ne pas rater

Jean-Louis Marchand a insisté sur la dégradation qui menace inexorablement une grande partie du réseau routier, faute d'une attention et de financements suffisants, et qui conduirait à mettre à mal l'égalité des territoires. Avec 400 000 km de routes à entretenir de plus que les Anglais ou les Allemands, les Français n'y arriveront pas, redoute-t-il, avec le niveau des contraintes qui pèsent actuellement sur les finances publiques.

Quelles routes faudra-t-il se résoudre à abandonner ? Combien de temps faudra-t-il aux décideurs politiques et à l'opinion publique pour comprendre que les routes et les rues sont indispensables aux infrastructures de distribution d'eau, d'énergies, d'informations ?
L'émergence des nouvelles technologies d'information et de communication dans la gestion des systèmes de transports (ITS), « une chance à ne pas rater », obligera à structurer les réseaux routiers en fonction des services qu'ils garantiront. Mais toutes les routes ou rues n'apporteront pas le même niveau de service et il faudra choisir, décider et assurer un minimum de continuité des services d'un territoire à l'autre.

# Campagne 2014 **de sécurité sur les sites de livraison**

**La campagne 2014 de sécurité sur les sites de livraison de bitume, organisée par la commission Sécurité et Transport du GPB, a commencé au mois d'avril et durera jusqu'en octobre. À l'image des précédentes, elle associe étroitement utilisateurs, transporteurs et fournisseurs de bitume. Plusieurs innovations sont mises en œuvre pour en améliorer l'efficacité.**

© Nynas

Livraison du bitume dans une centrale

© GPB

François-Régis Arnaud, responsable de la CST du GPB

La quatrième campagne de sécurité sur les sites de livraison de bitume a commencé au début du mois d'avril 2014 et se poursuivra jusqu'au mois d'octobre de cette année. Cette campagne va permettre de faire l'état des lieux des conditions de sécurité lors de la livraison de bitume dans 660 sites métropolitains recensés (centrales d'enrobage fixes, postes mobiles, usines d'émulsions et sites industriels), d'en analyser l'évolution par rapport aux enquêtes précédentes, en 2000, 2003 et 2007, et de mobiliser les parties prenantes, pour accroître la sécurité.

## Progression sensible

En 2007, 658 sites avaient été visités et les résultats avaient fait apparaître des progressions sensibles en terme de sécurité par rapport à 2003 dans tous les domaines. En ce qui concerne la sécurité des sites eux-mêmes, il fallait retenir plusieurs points essentiels, comme la présence généralisée d'une pompe aspirante fixe (la décision de ne plus livrer les sites non équipés avait porté ses fruits), l'amélioration de la facilité d'évacuation du camion en cas d'incident, la présence en forte progression d'une alarme de niveau haut des bacs et des indications de capacité totale des bacs...

Concernant la sécurité lors des opérations de livraison, plusieurs points d'amélioration très positifs étaient également à noter : port de vêtements professionnels couvrants, existence de procédures de déchargement, connaissance par les conducteurs des protocoles de sécurité.

*« Néanmoins, des progrès restaient à faire, y compris là où on avait noté de fortes progressions, notamment en ce qui concerne les douches et extincteurs qui restaient à installer et le port des Équipements de Protection Individuelle (EPI)*, explique François-Régis Arnaud, animateur de la commission Sécurité et Transport (CST) du GPB. *C'est ce qui a motivé la préparation de la campagne 2014, annoncée lors du Forum Transporteurs organisé par le GPB, sur la maîtrise des risques, en avril 2013, au cours duquel nous avions mis l'accent sur la nécessité de développer la communication entre tous les acteurs concernés par la sécurité. »*

## Innovations dans la conduite de l'enquête

Tirant les leçons des précédentes campagnes, la CST a introduit cette année des innovations dans la conduite de l'enquête, qui sera menée au moyen d'une grille unique (au lieu de trois) de 44 questions portant sur cinq points : accès au site, moyens de sécurité, aire de déchargement, stockage et cuves, déchargement et réseau connexe. Un module de formation à destination des enquêteurs a été mis au point.

*« Nous avons identifié sept critères de sécurité fondamentaux*, poursuit François-Régis Arnaud *: facilité d'évacuation du camion en cas d'accident sur le site, disponibilité et visibilité des procédures d'urgence pour le conducteur, éclairage adapté autour de la zone, douche de sécurité à proximité clairement indiquée et en état de fonctionnement, extincteur à proximité et visible, alarme de niveau haut sur chaque bac, pompe aspirante fixe. »*

## Engagement pris, engagement tenu

Des questions nouvelles ont été introduites pour renforcer la démarche de prévention du risque. Elles portent notamment sur la surveillance visuelle du déchargement par le chef de poste ou un membre de l'équipe, la présence de vidéosurveillance et l'alarme de détection, la présence d'un plan de circulation, l'affichage des consignes relatives au déchargement ou au port des EPI.

*« Cette nouvelle campagne représente plus de 1 000 heures d'audit sur site, sans compter la préparation, le dépouillement et le travail de synthèse*, souligne François-Régis Arnaud. *Cet investissement considérable dédié à la prévention du risque nous offre l'occasion de distribuer différentes documentations concernant les consignes de sécurité, conformément à notre engagement de développer la communication entre les trois acteurs concernés : clients, transporteurs et fournisseurs. Engagement pris, engagement tenu. »*

Nantes

# Le bitume aux JTR 2014

**Au cours des Journées techniques de la route, organisées les 11 et 12 février 2014 à Nantes par le CEREMA, l'IFSTTAR et l'IDRRIM, une session était consacrée aux liants bitumineux utilisés en techniques routières.**

La demi-journée des JTR consacrée aux liants bitumineux utilisés en techniques routières donna l'occasion de rappeler un certain nombre de notions sur la production, la caractérisation et les performances des bitumes et des matériaux bitumineux. Dans la présentation liminaire, réalisée en collaboration avec la Commission technique du GPB et Eurobitume, Sophie Limborg, directeur général du GPB, brossa un tableau synthétique des différents modes de production des bitumes, à partir d'une sélection de quelques dizaines de pétroles bruts (sur un total de 1 300 bruts référencés), en provenance principalement d'Amérique du Sud, du Moyen-Orient et de Russie, seuls aptes à fournir, après raffinage, du bitume répondant aux normes européennes, dans des conditions techniques et économiques acceptables.

## Impact des changements climatiques

Quatre types de procédés, rappela la conférencière, peuvent être utilisés pour produire du bitume : la distillation directe, la rectification à l'air, le désasphaltage au solvant, la viscoréduction. Ces procédés sont choisis par le raffineur en fonction des types des bruts et des caractéristiques recherchées (pénétrabilité, point de ramollissement, …) des bitumes à produire. Sophie Limborg conclut son exposé en abordant la question préoccupante pour les maîtres d'ouvrage de l'impact des changements climatiques : les solutions techniques actuelles devront-elles être adaptées en termes de dimensionnement et de formulation pour faire face à ces contraintes nouvelles ?

## Au début tout était simple

Parmi les autres exposés, consacrés respectivement au marquage CE (J.-L. Delorme, CEREMA), aux domaines d'utilisation en techniques routières (C. Leroy, USIRF), au comportement hivernal des enrobés (H. Guiraud, CEREMA) et au recyclage (V. Mouillet, CEREMA, J.-E. Poirier, USIRF/Colas), on retiendra ici ceux qui s'attachèrent à la question des relations entre les caractéristiques des bitumes et les performances des techniques routières. Bernard Eckmann (USIRF/Eurovia) consacra une brillante introduction à l'incidence de la caractérisation des bitumes sur les performances des enrobés.

*« Au début tout était simple. Quelques essais, comme la pénétrabilité, le point de ramollissement bille et anneau, permettaient de caractériser la sensibilité thermique du bitume, qui est liée à sa structure même. On pouvait ainsi s'apercevoir, en traçant un graphique combinant la viscosité et la pénétrabilité en fonction de la température, que les données apparaissaient sur une droite, avec des points remarquables comme le point de Fraass, la pénétrabilité et la TBA, pour des bitumes de distillation directe de bon aloi. La pente de cette droite pouvait servir à calculer l'IP (indice de pénétrabilité). »*

## Un matériau viscoélastique

Mais le bitume est plus complexe que cela, car il s'agit d'un matériau viscoélastique, dont le comportement fluctue constamment entre celui d'un solide et celui d'un liquide, en fonction de la température et du temps d'application de la charge. C'est sur la mesure de cette viscoélasticité que repose essentiellement le système des spécifications SHRP[1], qui s'intéresse particulièrement aux indicateurs bitume liés aux performances attendues de l'enrobé. Les caractéristiques rhéologiques proposées par le SHRP permettent d'affiner l'analyse, mais elles n'ont pas entièrement répondu aux attentes et elles ne sont pas applicables à tous les bitumes modifiés.

*« Que penser de tout cela ?*, s'interrogea B. Eckmann. *Il y a de nombreux paramètres à prendre en compte. Lorsqu'on observe le comportement du liant, il faut se rapprocher de ce qu'il subit en situation, dans l'enrobé, en labo et dans la route. »*

## Le fort et le faible

C'est dans cette perspective que les chercheurs, notamment américains, se sont lancés dans des essais plus compliqués, se rapprochant davantage des sollicitations réelles, comme le retrait thermique empêché sur le liant.

*« Dans le système d'essais classique, on caractérise le dur et le mou. Avec le SHRP, on distingue l'élastique et le visqueux*, observa l'orateur vers la fin de son intervention. *Aujourd'hui, avec le post-SHRP, on essaie de voir ce qui est fort et ce qui est faible. C'est bien cela qui devrait nous intéresser dans l'avenir. »*

La session consacrée aux caractéristiques du bitume et aux performances des enrobés, se termina avec un exposé sur les spécificités des liants pour revêtements superficiels (L. Odie, CEREMA/Dter Ouest), un point sur la caractérisation des graves-émulsion (V. Goudefroy, IFSTTAR/Most) et la relation d'expériences sur chaussées à fort trafic (C. Deneuvillers, A. Belkahia, P. Andraud, Usirf/Colas, et L. Valéry Usirf/Eiffage).

1. SHRP : Strategic Highway Research Programm

Les orgnisateurs des JTR

© IDRRIM

C. Leroy, M. T. Goux et S. Limborg (de g. à dr.), à la tribune des JTR

© IDRRIM

# Innovation et infrastructures de transport

Fin 2013, l'IDRRIM a publié son rapport sur *Les dispositifs de soutien à l'innovation dans le domaine des infrastructures de transport*. Ce rapport, destiné au ministre de l'Écologie et au ministre délégué chargé des transports, intéresse toute la communauté des infrastructures de transport, maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, laboratoires de recherche et développement, fournisseurs, entreprises. Marc Tassone, directeur général de l'IDRRIM, a répondu aux questions de *bitume.info*.

***bitume.info* : L'innovation est considérée comme une nécessité pour l'activité industrielle en général. Qu'est-ce qui la caractérise plus particulièrement, voire la différencie, dans le domaine des infrastructures de transport ?**

**Marc Tassone :** Oui, l'innovation est nécessaire car, sans elle, la production, qu'elle soit industrielle ou non, serait définitivement sclérosée, et n'autoriserait aucun progrès. En période de crise où les contraintes sont encore plus sévères, il est d'autant plus nécessaire de se démarquer de ses concurrents pour gagner des parts de marché. C'est donc une évidence aujourd'hui pour tout le secteur industriel : il faut faire de l'innovation un combat permanent. Mais dans le domaine des infrastructures, si les tests en laboratoire sur les matériaux présentent des analogies avec d'autres domaines, il n'en est rien quand on passe à l'expérimentation. Tester un robinet innovant en vraie grandeur ressemblera au test en laboratoire. En revanche, expérimenter un nouveau procédé de construction de chaussée nécessitera une planche d'essai d'au moins 500 m, dont le coût de construction est déjà très important, et le coût de reprise, si le résultat n'est pas satisfaisant au premier essai, encore plus élevé. On peut appliquer cet exemple à tout le champ des transports, qu'il s'agisse de mobilité intelligente avec les systèmes experts ou d'infrastructures. Il y a donc une différence de taille, en grande partie financière, qui ne simplifie pas la mise en œuvre et la promotion de l'innovation.

***b.i* : Il existe en France de nombreux dispositifs de soutien à l'innovation. Sur quels points et en quoi les travaux du comité Formation Recherche Innovation les ont-ils trouvés insuffisants face aux freins qui tendent à empêcher l'innovation ?**

**M.T. :** Le rapport de l'IDRRIM a tout d'abord mis en lumière le fait que ces dispositifs n'étaient pas tous connus, ce qui est déjà un premier obstacle. Au-delà de ce premier point auquel il faudra remédier, il est important de noter que ce n'est pas du manque d'innovation que nous souffrons, car nos entreprises et nos sociétés d'ingénierie sont ingénieuses et innovantes, mais du manque d'expérimentations grandeur nature ! Le rapport a mis en évidence deux freins importants qui semblent aujourd'hui être à l'origine de cette situation.
Le premier frein concerne les risques à se lancer dans une opération innovante, soit en prenant une variante soit en faisant appel au comité Innovation routes et rues (CIRR). Dans ce cas précis, les lauréats doivent trouver des terrains d'expérimentation pour leur innovation et ils peinent à le faire faute d'accord de maîtres d'ouvrage acceptant de se lancer. Le rapport a mis en évidence deux raisons majeures. La première est juridique, car il faut lancer l'appel d'offres suivant un article peu connu du code des marchés publics qui n'enthousiasme guère les juristes des commissions d'appel d'offres. La seconde est financière, car aucun texte n'encadre le risque que prend le maître d'ouvrage si le résultat de l'expérimentation n'est pas satisfaisant, contrairement à ce que pouvaient laisser penser les tests en laboratoire et le résultat de l'appel à projet innovant.

Le second frein majeur relève de la façon dont l'innovation est perçue. L'entreprise voit dans l'innovation, comme je l'ai rappelé au début, une possibilité de gagner des parts de marché et de se développer pour créer de la richesse et de l'emploi. Elle a besoin à la fois de s'assurer des débouchés potentiels et de la réactivité des acheteurs dans le déploiement de cette innovation. Le maître d'ouvrage donneur d'ordre voit davantage l'innovation comme une contrainte que comme un avantage, car pour lui les bénéfices, par exemple un coût de revient global moins élevé, ne sont ni mesurables ni justifiables à court terme. Il faut donc essayer de rapprocher les intérêts des acteurs, dans les domaines financier et temporel, pour faire de l'innovation un système gagnant-gagnant.

***b.i* : Qu'attendent principalement - et respectivement - les maîtres d'ouvrage et les entreprises des propositions figurant dans le rapport de l'IDRRIM ?**

**M. T. :** Je crois que chacun doit d'abord prendre conscience que son propre engagement est nécessaire pour que le système soit réellement gagnant-gagnant. Tout demander au maître d'ouvrage de la part d'un entrepreneur ou tout attendre d'une entreprise pour un donneur d'ordres ne sont pas des comportements susceptibles de répondre aux attentes des uns et des autres. Ce constat posé, les acteurs attendent surtout que des choses concrètes soient mises en place pour répondre aux problèmes soulevés et mis en évidence dans le rapport. L'IDRRIM a déjà lancé, dans le cadre du comité Ingénierie, la rédaction d'un guide pour l'analyse des variantes qui facilitera la tâche des maîtres d'œuvre et celle des maîtres d'ouvrage en les sécurisant. Il prépare aussi plusieurs actions pour rendre la culture de l'innovation plus instinctive grâce à la formation. Il a aussi lancé un travail de cadrage du système d'assurance du risque lié à l'innovation pour le donneur d'ordres et l'entreprise, qui devrait aboutir avant fin 2014.
Faire avancer quelques-unes des propositions en les transformant en actions concrètes constitue ainsi, à mon avis, les attentes principales des entreprises et des maîtres d'ouvrage.

# LE BITUME DANS L'ESPACE URBAIN

**Chaussées routières, trottoirs, pistes cyclables, voies pour bus à haut niveau de service, plates-formes de tramway, zones de rencontre, esplanades… Les produits bitumineux apportent la solution technique adaptée à chacune des fonctions de la voirie urbaine et facilitent leur repérage visuel. Leur souplesse de mise en œuvre et la rapidité de remise en service après travaux qu'ils autorisent constituent un atout maître, là où les interventions à répétition sur les réseaux enterrés sont la règle.**

Dans les grandes métropoles comme dans les agglomérations moins importantes, les techniques à base de bitume jouent un rôle primordial dans l'aménagement de la voirie. À Paris, par exemple, 75 % des surfaces de voirie sont réalisés en produits bitumineux, enrobés et asphalte coulé confondus. Les premiers atouts de ces matériaux, de l'avis des techniciens, sont leur facilité de mise en œuvre, la rapidité de remise en service après travaux et leur durée de vie en dépit des interventions répétées pour l'entretien des réseaux.

« *Le trafic urbain est moins lourd que l'interurbain, mais les réseaux enterrés obligent à des travaux fréquents et répétés d'ouverture et de fermeture des chaussées*, explique Marc Courbot, responsable des infrastructures de mobilité à Lille Métropole. *C'est une des raisons pour lesquelles les matériaux bitumineux sont particulièrement appréciés en milieu urbain.* »

« *Un des grands atouts de l'asphalte et des enrobés réside dans leur facilité à être réparés*, confirme Delphine Tarbouriech-Cousin, responsable de la subdivision Techniques de voirie de la Ville de Paris. *Ces matériaux parfaitement maîtrisés par les entreprises sont faciles à mettre en œuvre, et la remise en service après travaux est rapide. Dans une ville où nous devons faire 12 000 ouvertures de fouilles par an pour interventions sur les réseaux, c'est essentiel !* »

« *En ville, riverains et élus supportent difficilement la gêne due aux travaux*, observe François Facon, de Lille Métropole. *Cela nous invite à privilégier des techniques réduisant les durées des travaux et accélérant les remises en service.* »

## Contraintes dans le temps et dans l'espace

« *Ce qui rend les travaux difficiles, ce sont aussi les contraintes d'espace dans les trois dimensions*, précise Daniel Rabiller, de Nantes Métropole. *Il faut respecter les seuils et raboter avant de recharger, respecter les profils en travers pour les personnes à mobilité réduite (PMR), respecter les pentes transversales et longitudinales dans les croisements… La souplesse et la facilité de mise en œuvre des produits bitumineux se révèlent bien utiles dans ces circonstances.* »

Enfin, les aménageurs utilisent de plus en plus l'aptitude des matériaux bitumineux à faciliter le repérage visuel des voies selon leur fonction : trafic automobile, voies réservées aux transports en commun, circulations douces, etc. Dans ce domaine, l'asphalte coulé excelle tout particulièrement.

« *L'asphalte coulé, matériau urbain par excellence, peut être aisément coloré*, explique Jean-François Pietri, président de l'Office des asphaltes. *Lorsqu'il est fabriqué avec un bitume translucide, l'asphalte offre une riche gamme de couleurs : ocre, vert, bleu… De plus, par un traitement approprié de surface, par exemple le grenaillage, il laisse apparaître la teinte naturelle des granulats.* »

C'est ainsi que l'on peut voir aujourd'hui se côtoyer dans nos villes des voies noires, rouges ou grises, voire ocre, bleues ou vertes, parfois même scintillantes, pour la sécurité de tous, la fluidité de la circulation et le plaisir des yeux…

Une rue parisienne en asphalte coulé

© DR

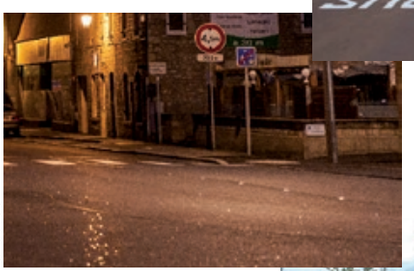
© DR

Un ralentisseur en enrobé bitumineux à Lille

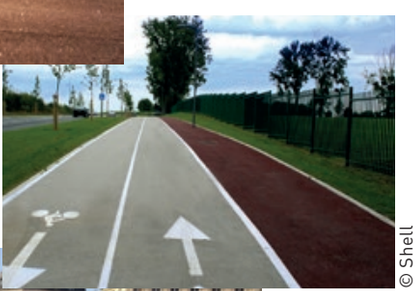
© Dervaux

La voie pour bus à haut niveau de service à Cannes

Enrobé scintillant



© Colas



© Shell

Chaussée routière, piste cyclable et voie pour piétons : enrobé et asphalte

© OAT France

Le parvis de la gare Saint-Lazare : dalles et enrobé

© Grand Angle - Orange

Parking en enrobé à Orange

© DR

Carrefour piétonnier à Limoges : enrobé et asphalte

# Lyon choisit l'asphalte **pour rouler doux**

© Brunoh

Piste cyclable du parc Gerland

**À Lyon, cité pionnière du vélo urbain, pistes cyclables et voies pour circulations douces proposent aux cyclistes comme aux pratiquants du roller ou aux adeptes du skate des cheminements sûrs et confortables où l'asphalte coulé règne en maître.**

Les premières pistes cyclables sont apparues à Lyon avant même le Vélo'v, le système de vélos en libre service que la Ville met à la disposition du public, comme en témoigne la piste du quai Pierre-Scize, créée pour son inauguration en 2005.
*« Nous souhaitions un aspect très minéral, en harmonie avec un aménagement à base de pierres*, raconte Sébastien Giroudon, chef de secteur chez Eiffage. *C'est pourquoi nous avons opté pour un asphalte noir grenaillé avec incorporation de quartz dont la petite granularité a permis d'obtenir un effet éclaircissant tout en assurant un confort de circulation pour les vélos et les rollers. »* Avenue Jean-Jaurès, la voie réservée aux cycles a été réalisée en asphalte noir, à base de bitume classique, avec des granulats de quartz blanc. Rue de la Part-Dieu, au contraire, la piste est en asphalte clair.

## Un matériau confortable et durable

Pour la piste cyclable du parc de Gerland, une réalisation nouvelle au confluent du Rhône et de la Saône où coexistent plusieurs voies de circulation douce, c'est un asphalte clair grenaillé qui a été choisi, à base de bitume de synthèse (Shell Mexphalte C) et de gravillons roses. *« L'utilisation de l'asphalte grenaillé*, souligne Sébastien Giroudon, *permet d'identifier les différents types de circulation. »*
Les allées piétonnes du parc de Gerland, au profil bombé, ont été réalisées en deux couches d'asphalte coulé (20 et 25 mm), avec une couche de surface en asphalte clair sablé, sans joint de fractionnement pour une plus grande pérennité de l'ouvrage.
Rue Marcel-Pehu (3e), la piste cyclable est constituée d'asphalte clair, traité par grenaillage pour obtenir un uni durable de la teinte. Ce traitement de surface apporte un supplément de confort de marche et réduit les bruits de roulement. Enfin, rue de la Viabert, la piste a été réalisée en asphalte scintillant, dans lequel des débris de verre recyclé remplacent les granulats.

Sébastien Giroudon ne tarit pas d'éloges sur ce matériau : *« L'asphalte coulé est particulièrement confortable pour les usagers ; l'entretien est facile puisque sa surface lisse évite la pénétration des salissures. Par ailleurs, aujourd'hui, grâce aux multiples possibilités offertes en termes de couleur et de matière, il connaît un véritable engouement auprès des maîtres d'ouvrage. Enfin, concernant la durabilité, l'asphalte étant un matériau dense, il peut vivre sans bouger 20 ou 40 ans. Il s'inscrit bien dans une démarche de développement durable avec le recyclage des matériaux. »*

# Tunnel de la Croix-Rousse **Un tube pour les circulations douces**

Le tunnel réservé aux circulations douces

© Ville de Lyon

**Le tunnel de la Croix-Rousse, à Lyon, comprend désormais deux tubes, l'un pour le trafic automobile, l'autre pour les modes doux. Leurs chaussées ont été réalisées en enrobés bitumineux.**

Pour se conformer aux normes de sécurité, la rénovation du tunnel de la Croix-Rousse, a exigé la création d'un deuxième tube utilisable comme galerie de secours en cas d'incendie dans le tube principal. Le Grand Lyon, maître d'ouvrage, a décidé d'aménager cette seconde galerie pour les modes doux. Elle comprend une piste cyclable bidirectionnelle, un trottoir et une voie de bus en site propre. Le chantier, confié à la société d'exploitation des établissements Martel, comportait donc deux parties : une première phase concernant le nouveau tube pour les modes doux, d'une longueur de 1 850 m, et une seconde phase concernant la rénovation totale du tube existant pour la circulation automobile.

Pour les chaussées destinées au trafic automobile et des autobus, le cahier des charges prévoyait une plate-forme de classe PF3. La structure comporte une couche de fondation en EME, d'une épaisseur de 10 cm, une couche de base également en EME, de 9 cm, et une couche de roulement de type BBTM à base de bitume modifié Styrelf, de 3 cm. Pour des raisons de simplification, l'ensemble des chaussées, y compris le trottoir et les pistes cyclables a été traité avec la même technique.
On notera, développement durable oblige, que la chaussée ancienne du tube sud a été rabotée sur 20 cm et que les fraisats ont été réutilisés dans l'EME formulé à base de bitume Azalt 20/30 livré par Total. Les 16 000 tonnes d'enrobés ont été posées de nuit.

## Parc des Buttes-Chaumont

# Des allées comme à **Versailles**

© Colas

Une allée du parc des Buttes-Chaumont en enrobé clair

**La réfection des allées du plus grand parc parisien intra-muros a mis en œuvre un enrobé clair conçu à l'origine pour le château de Versailles. Il s'intègre parfaitement dans son environnement paysager du XIXe siècle.**

Le parc des Buttes-Chaumont, situé dans le 19e arrondissement de Paris, le plus grand parc parisien intra-muros (plus de 24 ha), a été inauguré en 1867. À la veille de son 150e anniversaire, la rénovation de cet espace emblématique de l'urbanisme haussmannien s'imposait. D'importants travaux ont été entrepris : remise en état de la passerelle suspendue, consolidation du sous-sol, réfection du réseau hydraulique, rénovation de la voirie.

« *Pour le volet VRD, la rénovation a consisté à procéder à la réfection de l'ensemble des voies ainsi que de leurs abords immédiats*, explique Vincent Mérigou, de la direction des Espaces verts et de l'Environnement de la Ville de Paris. *Les grandes allées voient leur gabarit légèrement réduit à 7,5 m, voire 7 m de large, et leurs trottoirs supprimés pour revenir à un profil arrondi typique des allées de parc. Les petites allées sont également recalibrées afin de retrouver le gabarit d'origine. Les allées sont traitées en enrobé clair afin de rappeler le matériau d'origine et assorties de caniveaux en pavés de grès.* »

Réservées aux piétons, les allées du parc doivent aussi supporter les passages répétés des engins d'entretien et, pour certaines, le trafic plus lourd des camions desservant les trois restaurants installés sur le site. C'est pourquoi un revêtement routier s'imposait, comme par le passé, mais à la condition de donner à la voirie un aspect plus « naturel », en harmonie avec le paysage environnant.

### Aspect naturel

« *Nous avons proposé un enrobé clair, spécialement formulé pour les allées du parc de Versailles*, raconte Sébastien Gauthier, de Colas Île-de-France Normandie, responsable du chantier. *Cet enrobé existe en deux versions, Compocolor®, à base de bitume de synthèse, laissant apparaître la teinte du granulat, et Héliocol®, le même enrobé recouvert d'une fine couche de sable de Seine, lui donnant l'aspect de stabilisé, plus agréable pour les joggeurs.* »

Les 10 000 mètres carrés d'enrobés clairs de la première phase du chantier, qui s'est terminée en mai 2014, ont été posés en une couche de 4 cm, sur une structure de grave-bitume de 7 cm. La mise en œuvre a été effectuée au finisseur à 80 %. Les 20 % restants ont été posés à la main, là où la géométrie était trop complexe ou l'accès impossible aux engins.

## Coulée verte

# À pied, à vélo, en rollers…

**S'étendant de la place de Catalogne, dans le 14e arrondissement de Paris, jusqu'à Massy, dans l'Essonne, la coulée verte du Sud parisien offre aux promeneurs à pied, à vélo ou en rollers une douzaine de kilomètres de promenade sportive ou de détente.**

Réalisée à la fin des années 1980, la coulée verte du Sud parisien est un aménagement piétonnier et cyclable de 12 km qui témoigne de la victoire des opposants au projet d'autoroute radiale qui devait pénétrer dans Paris jusqu'au cœur du quartier Montparnasse. La Coulée verte proposait à l'origine deux voies, l'une en sable stabilisé pour les piétons, l'autre en enrobé bitumineux classique pour les cyclistes.

Le grand succès remporté par cet aménagement, où l'on compte jusqu'à 1 000 cyclistes par jour, fait que les circulations se mélangent et que la voie piétonnière en stabilisé résiste mal au trafic, tout particulièrement dans les pentes.

### Pour le confort et le plaisir des yeux

« *Nous avons décidé de rénover progressivement la Coulée verte en construisant une piste unique à usage mixte, capable de résister au trafic des cyclistes et offrant aux piétons le confort et l'agrément qu'ils en attendent*, explique Thierry Dmytruk, de la direction des Espaces verts des Hauts-de-Seine, *en charge de l'ouvrage. Pour cela, nous avons opté pour un enrobé clair clouté, à base de bitume "dépigmenté" et de granulats de quartz.* »

Peu à peu, section après section, le nouveau revêtement d'enrobé clair est posé en remplacement soit du stabilisé soit de l'enrobé noir ancien, pour le confort et le plaisir des yeux des promeneurs. Les travaux sont prévus pour plusieurs années.

On peut pratiquer cette promenade en marche normale ou sportive, en jogging, en rollers, en trottinette, à vélo. Il y a un chemin pour piéton et une piste cyclable. C'est une randonnée facile avec peu de dénivelé.

© DR

© Shell

Pose d'enrobé tiède à la mousse de bitume

# Des enrobés tièdes pour les Rives de l'Orne

**Un procédé original à base de mousse de bitume a été mis en œuvre pour la réalisation de la voirie et des espaces publics d'un nouveau quartier de Caen.**

Depuis plusieurs années, la Ville de Caen accompagne la création du nouveau quartier des Rives de l'Orne. Cette réalisation, inaugurée récemment en plein cœur de la cité normande et qui s'inscrit dans la politique de développement durable de la Ville, a été voulue exemplaire sur le plan environnemental. La requalification des espaces publics et la création ou l'amélioration des voies de circulation faisant partie du projet avaient un double objectif : améliorer le cadre de vie et favoriser l'accès au secteur. Le choix des solutions techniques mises en œuvre pour la réalisation des chantiers traduit la volonté des différentes parties prenantes de réduire la gêne aux riverains et de respecter l'environnement.

Dans cet esprit, le maître d'œuvre Ingé-Infra a choisi les enrobés tièdes pour la réalisation des voiries et réseaux divers (VRD). L'entreprise Mastellotto, retenue pour effectuer les travaux, s'est illustrée par sa démarche environnementale et s'est investie dans la production d'enrobés basse température (EBT) en utilisant les énergies les moins polluantes, gaz et électricité. Afin d'inscrire cette activité dans une démarche durable, elle privilégie également le recyclage des enrobés.

## Enrobés à la mousse de bitume

Par ailleurs, l'entreprise entretient un partenariat avec Shell Bitumes pour l'implantation industrielle du procédé de fabrication d'enrobés tièdes à base de mousse de bitume, le WAM Foam. Dans ce procédé, la baisse de température de la préparation des enrobés est obtenue grâce à la combinaison d'un bitume dur et d'un bitume mou, le Shell Bitumen SoftBase (nouvelle appellation du Mexphalte Softbase). Les granulats sont préenrobés par ce dernier, puis le bitume dur est introduit sous forme de mousse dans le malaxeur. La mousse est obtenue par un procédé mécanique à partir du bitume dur sans ajout d'additif.

La qualité des enrobés produits selon ce procédé est identique à celle des enrobés traditionnels à chaud, avec des avantages environnementaux considérables :
- réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) de 30 % ;
- baisse de la consommation d'énergie de 30 % ;
- diminution des émissions de poussières de 55 % ;
amélioration des conditions de travail grâce à la quasi-disparition des fumées.

Les 6 500 tonnes de GB et de BBSG nécessaires à la réalisation des chantiers des Rives de l'Orne ont été produites par la centrale d'enrobage de Saint-Germain-du-Pert (Enrobés bas-normands), selon le procédé WAM Foam, à base de bitume Shell. Les chantiers de voirie ont été mis en œuvre la nuit pour minimiser la gêne au trafic urbain.

© DR

Une surface de roulement idéale pour les circulations douces

Gare d'Austerlitz

# **Un parvis** d'asphalte coulé

Asphalte poncé pour le parvis de la gare d'Austerlitz

**Dans le cadre de la réhabilitation du quartier Austerlitz, la SNCF et SEMAPA, aménageur de Rive Gauche Paris, maîtres d'ouvrage, ont décidé la rénovation du parvis d'accès à la gare, côté Seine. Le chantier a été réalisé conjointement par les sociétés Colas et SMAC IDF Voirie.**

Pour répondre aux exigences d'ordre esthétique de l'architecte urbaniste et aux contraintes d'exploitation, en termes de maintenance et de durabilité de l'ouvrage, le revêtement des 7 000 mètres carrés du parvis de la gare d'Austerlitz, à Paris, mis en service en avril 2014, a été traité en asphalte coulé et poncé.

La couche de forme, constituée pour partie d'enrobé, de béton et de gravecim ent, a été nivelée à - 5 cm du niveau fini, puis recouverte d'une couche de même épaisseur d'asphalte coulé, à base de bitume classique et de granulats de quartz blanc. L'asphalte a été transporté et maintenu à la température de 170-180 °C dans un pétrin jusqu'au chantier. L'asphalte a été appliqué manuellement pour épouser la géométrie du chantier, rendue compliquée par la présence de nombreuses grilles circulaires posées au pied des arbres. La surface a ensuite été abrasée à la ponceuse, de façon à laisser apparaître les granulats blancs sur le fond noir du mastic de bitumineux. Les qualités antidérapantes de la surface sont assurées par la présence de micro-rayures. Développement durable oblige, les eaux de ponçage ont été filtrées et les résidus évacués vers les décharges agréées.

## Effet esthétique atteint

*« Ce type de revêtement nécessite une appréhension technique spécifique afin d'élaborer la formulation adéquate, assujettie aux contraintes du site*, explique Sébastien Alix, responsable d'exploitation de SMAC Île-de-France Voirie, en charge de la réalisation du chantier. *Cette formulation a pour objectif de répartir les granulats de manière homogène, d'obtenir qu'ils subsistent nécessairement en surface de façon à être bien apparents et bien répartis après le ponçage. »*

Après intervention de la ponceuse, le revêtement d'asphalte présente une surface lisse et brillante, dépourvue de joints, sur laquelle le blanc éclatant du quartz contraste avec le noir profond du liant. L'effet esthétique recherché est parfaitement atteint. Cet aspect durera-t-il ? *« Il suffit du passage d'un engin de lavage urbain, du type arroseuse-balayeuse, pour assurer l'entretien quotidien du parvis*, assure Sébastien Alix. *Et un coup de jet d'eau à haute pression, de temps à autre, lui redonnera l'aspect du neuf sans aucun risque de fragiliser l'ouvrage puisque l'asphalte coulé est parfaitement étanche. »*

# **L'asphalte coulé basse température,** capital à Paris

**À Paris, l'asphalte coulé est posé à des températures inférieures à 200 °C. Par souci du bien-être des opérateurs et des riverains, l'entreprise Eurovia, pionnière dans le domaine des asphaltes à basses températures, s'est fixé la limite de 180 °C.**

*« Les exigences des donneurs d'ordres de la Ville de Paris en ce qui concerne les asphaltes coulés basse température sont multiples et concernent aussi bien les performances mécaniques, notamment en termes d'indentation et de retrait, que l'aspect de surface, couleur et texture, ou les aspects environnementaux, bruits, émissions de fumées, odeurs… »*, explique André Hirrien, directeur d'exploitation de l'agence Eurovia Île-de-France.

Les contraintes que doivent respecter les entreprises sont liées à plusieurs facteurs : le travail en centre-ville au milieu de la circulation, les petites dimensions des surfaces à traiter, la géométrie souvent complexe de celles-ci, avec l'obligation de réaliser des finitions soignées, le long des façades ou autour du mobilier urbain.

L'asphalte coulé basse température mis au point par Eurovia (cf. *bitume.info* n° 24) conserve toute sa maniabilité, et sa mise en œuvre est aussi facile que celle des anciens asphaltes, avec des propriétés de retrait identiques. *« Aujourd'hui nous disposons d'un produit abouti, grâce auquel fumées et odeurs ont été éliminées*, poursuit André Hirrien. *Ce qui n'empêche pas notre laboratoire central de poursuivre ses travaux, en relation permanente avec nos chantiers, pour réduire encore la température d'application, en deçà de 180 °C, et continuer ainsi à améliorer la maniabilité et à limiter la pénibilité du travail d'application manuelle. »*

# Gare Saint-Lazare, 7 800 m² de parvis rénovés

© OAT France

Pose des joints bitumineux entre les pavés

**Un an et demi après l'inauguration de la gare Saint-Lazare, les travaux d'embellissement des parvis se sont terminés avec la pose de près de 8 000 m² de pavés et de dalles de granit. Leur jointoiement a été réalisé avec du bitume de synthèse clair.**

La gare Saint-Lazare est l'une des six grandes gares terminus du réseau SNCF à Paris. C'est la deuxième gare de Paris et de France mais aussi la deuxième d'Europe en termes de flux de voyageurs, avec environ 450 000 passagers par jour, soit plus de 128 millions par an.
Le chantier de réaménagement a été confié à l'entreprise générale Jean Lefèvre pour laquelle l'entreprise OAT France a assuré la fourniture et la pose du Shell Mexphalte C Joint P3J. Il concernait les deux parvis de la gare, bordés par la rue de Rome et la rue d'Amsterdam, et constituait l'ultime volet des travaux entrepris voici dix ans.

## Un liant écologique et esthétique

Les aménagements extérieurs de la gare comportent trois parties, la cour de Rome, la cour du Havre et la rue intérieure qui les relie. Les travaux ont été entrepris dans le cadre d'un projet commun avec la Ville de Paris, RFF et SNCF, en collaboration avec le STIF, la RATP et l'hôtel Concorde. Le choix des architectes s'est porté sur des revêtements de pavés et de dalles de granit, sur une superficie de 7 800 m².
L'entreprise en charge des travaux a choisi une « pose souple », qui consiste à poser dalles et pavés sur un lit de sable avec joints bitumineux. Les avantages de la pose souple, par opposition à la pose rigide (sur mortier et joint mortier), plus traditionnelle, sont nombreux :
- étanchéité par rapport aux structures souterraines ;
- adaptabilité aux conditions extrêmes de circulation : 450 000 personnes par jour sur les dalles et 300 bus ou poids lourds sur les pavés ;
- rapidité de mise en circulation : les dalles et pavés jointoyés avec le Shell Mexphalte C Joint P3J peuvent être foulés dès le lendemain de sa mise en œuvre, permettant une souplesse et une adaptation rapide aux modifications de phasage des travaux. Avec un jointoiement traditionnel sur pose rigide, la mise en circulation prend trois semaines, temps nécessaire à la prise du mortier ;
- résistance aux vibrations induites par le passage du métro ;
- couleur claire, unique sur le marché, qui favorise une intégration harmonieuse des nouveaux dallage et pavage dans leur environnement historique.

Le Shell Mexphalte C Joint P3J est un mastic bitumineux clair, conçu pour réaliser le jointoiement dans les domaines du bâtiment et des travaux publics, notamment, à chaud, de pavés et de rails de tramway. Issu de la technologie des liants de synthèse, ce mastic allie la durabilité d'un liant modifié par des polymères aux propriétés esthétiques d'un liant de synthèse clair. Facile à entretenir, il contribue aussi à la réduction du bruit et à l'absorption des vibrations.
Sans solvant, il ne rejette aucune particule susceptible de tacher les matériaux modulaires ou de s'infiltrer dans l'environnement. Enfin, la couleur beige caramel de ce produit unique sur le marché, mise en valeur par le sablage de surface, ajoute à la qualité esthétique du site et à sa valeur architecturale.

# Réduire l'éclairage routier grâce aux enrobés clairs

© Spie Batignolles

# Sous les pavés, le bitume

© DR

**Les pavés eux-mêmes, matériau jugé indispensable pour certains cœurs de ville historique, peuvent faire appel au bitume, qui apporte ses nombreux avantages en termes de facilité de mise en œuvre et de durée de vie de l'ouvrage. À Bordeaux, une technique innovante en fait la démonstration.**

Le quartier Saint-Michel est en pleine rénovation. Plusieurs opérations de requalification y sont en cours depuis la fin 2013, dont l'une des plus spectaculaires est la réhabilitation de la place qui entoure la basilique et son campanile. Sous les façades du XVIIe siècle, le long des trottoirs en carreaux de faïence jaune caractéristiques du vieux Bordeaux, il n'était pas question pour les architectes de la Ville de remplacer les pavés par un autre matériau. Si le cœur de la place est réservé aux piétons, les contraintes de circulation sur sa périphérie, empruntée par les autobus et les camions, avec une prévision de 150 poids lourds par jour, imposaient une chaussée de résistance élevée.

*« Sur les 20 000 mètres carrés de superficie à traiter, il n'aurait pas été raisonnable d'adopter la solution traditionnelle, qui consiste à poser les pavés sur un lit de sable au-dessus d'une structure de béton hydraulique*, explique Florian Gourden, chef de projet. *Le phasage avec cette solution aurait été très compliqué et le chantier aurait duré trop longtemps, à cause notamment des délais de prise du ciment et de la nécessité de poser des joints de dilatation. »*

## Pavés collés sur une grave-bitume

En 2006, l'entreprise Colas avait expérimenté sur l'esplanade du théâtre d'Angers un procédé innovant consistant à poser et coller des pavés sur une structure de grave-bitume à l'aide d'un micro-béton composite élastomérique.

*« Cette technique, grâce à son faible retrait et à un niveau de déformation du même ordre que celui des pavés et de la couche sous-jacente, améliore considérablement la durabilité de l'adhésion à court, moyen et long terme*, explique Julian Bilal, de Colas, à l'origine de cette innovation. *Grâce à cette caractéristique, la pose des pavés ne nécessite pas de création de joints de retrait ou de zones de butée. Sur le plan fonctionnel, les avantages de ce procédé sont très appréciés par les services d'entretien et les gestionnaires des voiries : meilleure résistance aux opérations de nettoyage, balayage et aspiration des voies et diminution voire absence des opérations de réparation et de maintenance. »* Convaincus par l'exemple d'Angers, les services techniques de la Ville de Bordeaux ont choisi cette solution technique pour le chantier de Saint-Michel.

## Efficacité et furtivité

*« Une assise bitumineuse du même type, en deux couches de 10 cm, avec une déflexion inférieure à 50/100 mm*, poursuit Florian Gourden, *les pavés sont posés sur une couche de mortier aux élastomères, un procédé maison. L'assise bitumineuse, qui permet de faire rouler les camions et les engins de chantier ou d'y détourner la circulation urbaine après quelques heures, facilite grandement les travaux et fait gagner un temps précieux pour la remise en service. »* Un chantier, en résumé, qui a gagné en efficacité et en furtivité grâce à une solution bitume originale.

**L'association d'un revêtement de chaussée en enrobé clair et de sources lumineuses adaptées permet de réduire la consommation d'énergie consacrée à l'éclairage routier.**

Le procédé Lumiroute, développé par l'entreprise Malet (Spie Batignolles), en partenariat avec l'éclairagiste Thorn, consiste à associer un enrobé clair à base de liant de synthèse (Shell Mexphalte C P2) et un éclairage à base de leds de dernière génération. Ce procédé expérimenté à Limoges depuis la fin de l'année 2013 ouvre des perspectives prometteuses en termes d'économies d'énergie et de diminution des coûts des équipements d'éclairage sur les infrastructures routières.

Ce projet, retenu en 2011 dans le cadre de l'appel à projets d'innovation routière lancé par le ministère de l'Écologie, a séduit la communauté d'agglomération Limoges Métropole, qui a accepté qu'un boulevard serve de cadre d'expérimentation et de développement du concept.

## Une économie significative sur la facture d'électricité

Deux procédés ont été mis en œuvre dans cette expérimentation :

- **Lumiroute 1**, qui associe des luminaires à leds à un revêtement clair (sable blanc, granulat gris rose, oxyde de titane et liant clair) ;

- **Lumiroute 2**, qui allie des luminaires à leds et un enrobé hydrodécapé mettant en valeur la teinte claire des granulats.

La comparaison entre une zone test comportant un enrobé classique et une lampe à décharge et les zones traitées avec Lumiroute est sans appel : dans le premier cas, la consommation s'élève 5 320 W par kilomètre de chaussée éclairée, dans le second cas, elle n'est que de 3 196 W avec Lumiroute 2 et de 1 904 W seulement avec Lumiroute 1*. Ce résultat spectaculaire se traduit par une réduction de 63 % de l'énergie consommée.

Durant trois ans, Malet procédera à un suivi technique du chantier de Limoges qui portera notamment sur l'évolution des performances photométriques des enrobés, de leur adhérence et de leurs propriétés acoustiques.

Si l'essai est concluant, le procédé Lumiroute pourrait permettre aux villes de réaliser de sérieuses économies en matière d'éclairage public, qui représente jusqu'à 40 % de leur facture électrique.

** Chiffres fournis par Malet*

# Une voie de bus de couleur

**Les habitants de l'agglomération cannoise bénéficient désormais d'un bus à haut niveau de service, circulant en site propre, sur une plate-forme en enrobé ocre. Une réalisation rendue possible grâce à l'utilisation d'un liant clair.**

L'objectif, pour la communauté d'agglomération des Pays de Lérins, autrement dit Cannes et les communes environnantes, était d'offrir aux habitants une alternative aux transports individuels dans le cadre du plan de déplacements urbains. L'agglomération étant déjà dotée d'un important réseau d'autobus, le choix des édiles s'est porté sur la construction d'une plate-forme pour un bus à haut niveau de service (BHNS).

*« Cette opération vise à insérer une plate-forme de circulation dédiée aux véhicules de transport collectif*, explique Martine Simon, chef de projet BHNS à la communauté d'agglomération des Pays de Lérins, maître d'ouvrage. *Longue de 11,6 km, la ligne relie Cannes à Mandelieu-la-Napoule et au Cannet et dessert tout au long de son parcours les principaux pôles d'activité des villes traversées. Outre l'objectif d'augmenter la fréquentation de la clientèle du réseau, qui devrait passer de 8 à 15 millions de passagers par an, le BHNS doit aussi favoriser le développement des modes de circulation doux et l'intermodalité. »*

Les concepteurs du projet avaient à prendre en compte plusieurs types de contraintes. Une première concernait les performances mécaniques de la chaussée, la voie pour bus devant pouvoir supporter le trafic canalisé de véhicules lourds toutes les 6 minutes, avec des secteurs à circulation ralentie aux approches des arrêts.
Une autre contrainte, d'ordre esthétique, concernait l'aspect de la voie, qui devait s'adapter aux divers codes couleur adoptés par les communes traversées. *« Il fallait que le BHNS soit facilement repérable tout au long du parcours*, poursuit Martine Simon. *C'est pourquoi notre choix s'est porté sur un revêtement ocre offrant un bon contraste quel que soit l'environnement. »*

Enfin, le caractère urbain du chantier rendait impératif, pendant les travaux, de maintenir une voie de circulation dans chaque sens ainsi que les accès aux habitations, aux commerces et aux hôtels, de garantir la desserte des arrêts de bus en toute sécurité, de minimiser la gêne pendant les congrès, le Festival, bref, de minorer les nuisances.

## Solution technique et esthétique

*« Sur un plan technique, nous devions trouver une solution adaptée à la circulation des bus et à la forte sollicitation des voies ; sur le plan esthétique, le maître d'ouvrage souhaitait un contraste de couleur entre les voies de bus et les voies de circulation classique*, résume Frédéric Marty, directeur de Travaux Malet, l'entreprise mandataire du groupement sélectionné. *C'est ce qui nous a amené à proposer un BBTM de granularité 0/6 pour réaliser une couche d'usure qui ne participe pas à la résistance de la structure de base de la chaussée, mais permet d'obtenir un contraste de couleur. En couche mince de 2,5 cm d'épaisseur, il présente en outre l'intérêt de pouvoir être remplacé facilement et, du fait de sa faible granularité, de se rapprocher de l'enrobé phonique. »*

Le repérage de la voie réservée au bus à haut niveau de service est assuré par la couleur ocre

© Dervaux

Le revêtement bitumineux appliqué sur la plate-forme après essais est donc constitué d'un BBTM 0/6 classe 1, à base de liant clair et de sable 0/2 calcaire, de gravillons 4/6 alluvionnaires (siliceux) et de granulats du Gard. Aucun pigment n'a été ajouté. Utilisé tel quel, le matériau offrait une couleur pain d'épice répondant aux souhaits initiaux. Vingt tonnes de liant Kromatis 50/70, nouvelle formulation de Total, ont été utilisées pour fabriquer les 270 tonnes d'enrobés. Quant aux sous-couches, elles comportent un fort taux de matériaux recyclés (de 20 à 30 % d'agrégats d'enrobé).

# Du bitume pour passer le pont

**L'utilisation de matériaux bitumineux pour une fondation de voie de tramway a été développée pour la première fois à Bordeaux, pour éviter de surcharger le Pont de pierre, construit au XIXe siècle.**

Il était indispensable, pour la réussite du projet de tramway de Bordeaux, d'en faire passer les rames sur le Pont de pierre. Mais les calculs montraient que cet ouvrage historique, construit sur ordre de Napoléon Ier entre 1810 et 1822, ne pourrait pas supporter la charge d'une plate-forme classique.
« *Le défi était de taille*, se souvient Julian Bilal, chef du service commercial de Colas, à l'origine de cette innovation. *Il fallait que la charge globale, comprenant le poids de la structure et des rames, amplifiée par les vibrations induites par le tramway, soit inférieure ou égale à celle du trafic bus et poids lourds habituellement admis sur le pont. Pour cela, l'épaisseur de la couche de fondation ne devait pas dépasser 10 cm, au lieu des 19 cm qu'exige une structure de béton de ciment, historiquement employée pour les voies de tramway mais qui, compte tenu de son poids, pouvait compromettre la stabilité du pont. Les diverses modélisations par des calculs tridimensionnels aux éléments finis nous ont permis de valider un enrobé bitumineux spécial à module élevé, pouvant répondre à ces exigences exceptionnelles.* »

10 cm d'enrobé au lieu de 19 cm de béton ont permis au tram de rouler sur le Pont de pierre

© Colas, P. Calmettes

# Du bitume sous les rails du tramway

**À Dijon, la ligne de tramway n° 2 a été inaugurée le 8 décembre 2012, trois mois seulement après l'inauguration de la ligne n° 1. Cette exceptionnelle rapidité a été rendue possible grâce à l'utilisation de produits bitumineux.**

La solution de base proposée par le maître d'ouvrage pour la plate-forme supportant la voie ferrée comprenait une couche de fondation et une couche de base en béton hydraulique. La brièveté des délais prévus pour ces chantiers a conduit les entreprises adjudicataires à proposer une solution à base de matériaux bitumineux pour la plate-forme de la ligne 2, plus rapide à mettre en œuvre pour des performances mécaniques identiques.
« *Nous avons proposé de remplacer la couche de fondation de 19 cm de béton de ciment par 8 cm de grave-bitume classe 4 et une sous-couche de grave non traitée de 11 cm d'épaisseur pour respecter la ligne rouge du projet*, explique Christophe Ribette, responsable contrôle chez Colas, une des entreprises intervenant sur le projet. *Le principal avantage de cette solution est un important gain de temps par rapport à la solution initialement prévue. Rien que pour la réalisation de cette couche, nous avons gagné deux mois sur le planning général. De plus, la grave-bitume a permis aux autres corps d'état d'intervenir dès le lendemain de sa mise en œuvre, ce qui n'est pas le cas du béton, qui demande de deux à trois semaines de prise.* »

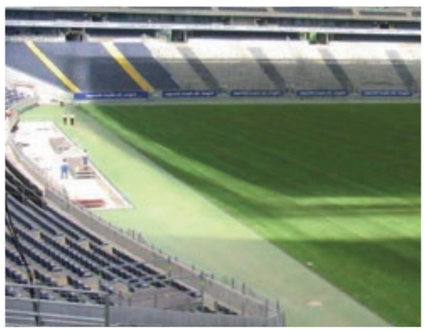
## Un gain de huit mois

La variante proposée par l'autre entreprise adjudicataire des travaux, Eurovia, après étude dans son laboratoire central, a consisté à poser une couche de fondation de 10 cm d'enrobé à module élevé (EME) 0/14, de classe 2, avec 30 % de matériaux recyclés, sous la couche de base, au-dessus d'une couche de forme granulaire.
« *La solution avec EME a été retenue car elle offrait davantage de rapidité, grâce, en particulier, à la pose des enrobés au finisseur, et de souplesse dans le phasage du chantier, ce qui a facilité la circulation provisoire pendant les travaux, notamment aux carrefours, et en s'affranchissant des contraintes météorologiques*, explique Jean-Claude Bos, directeur général d'Eurovia Bourgogne. *Cette souplesse et cette rapidité nous ont permis de gagner un temps précieux.* »

Globalement, pour la communauté d'agglomération du Grand Dijon, l'utilisation de ces solutions à base de bitume a permis de gagner environ huit mois sur le planning prévisionnel du projet.

Un gain de huit mois sur la durée des travaux grâce aux enrobés

© Eurovia



© Photos Shell

Pistes cyclables, tunnels routiers, cheminements piétonniers, aménagements sportifs… Grâce aux enrobés et aux asphaltes de couleur, les réalisations à base de bitume ne sont pas nécessairement noires !

# Voir **la ville en couleurs**

Enrobés et asphaltes coulés noirs, rouges, verts, bleus, ocre… La variété d'aspect des revêtements de surface qu'autorisent les techniques bitumineuses permet de rendre lisible le partage des espaces urbains et contribue à l'apaisement de la circulation.

## Le problème à résoudre

L'espace urbain n'est plus aujourd'hui simplement divisé entre chaussée pour les véhicules et trottoirs pour les piétons. La présence de voies pour bus ou trams, de pistes cyclables, de zones 30, de zones de rencontre, la prise en compte des besoins des personnes handicapées réclament de la part des aménageurs une attention spéciale aux questions que pose le partage de l'espace, de façon à offrir aux usagers, qu'ils conduisent leur voiture, embarquent dans un transport en commun, roulent à vélo ou fassent leurs courses ou flânent à pied, un cadre où ils puissent évoluer en toute sécurité, dans la quiétude et la sérénité.

## Le cahier des charges

L'utilisation de couleurs variées et de textures de surface différentes pour les revêtements bitumineux de chaussée fait désormais partie des outils à la disposition des aménageurs de l'espace urbain. Chaussées pour trafic automobile, pistes cyclables, voies pour transports en commun, trottoirs, accès aménagés pour les PMR, etc., peuvent être rendus perceptibles par l'utilisation de couleurs ou de textures différentes. Il n'y a pas si longtemps, seuls le noir et le gris, parfois le rouge, avaient droit de cité dans nos villes. Aujourd'hui, il est de plus en plus fréquent de découvrir, à côté de ces tonalités de base, des enrobés ou des asphaltes bleus, verts, ocre…

## La solution bitume

Comment parvient-on à créer ces revêtements de couleur ? Peut-on les poser en toutes circonstances ? Leur mise en œuvre pose-t-elle des problèmes particuliers ? Leur durée de vie est-elle la même que celle des produits plus traditionnels ? Autant de questions que se posent les maîtres d'ouvrage lorsqu'ils décident de recourir à ces matériaux de surface colorés ou à l'aspect de surface travaillé, plus complexes que les matériaux classiques, et qui doivent toujours faire l'objet d'une fabrication et d'une mise en œuvre particulièrement soignées.

## Constituants

En matière de constituants, trois éléments doivent être considérés : le liant, les granulats, le colorant.

## Trois types de liants sont envisageables

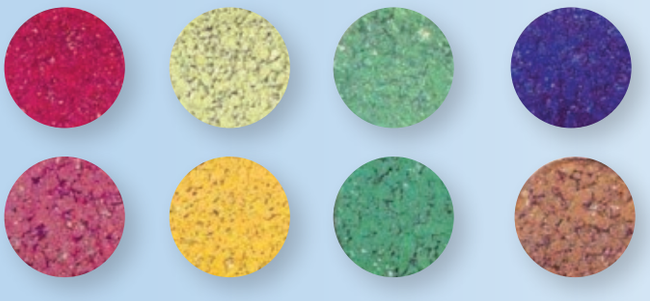
• **Les liants bitumineux classiques purs ou modifiés** par des polymères, répondant aux normes NF EN 12591 et NF EN 14023, choisis en fonction des performances techniques recherchées pour réaliser des revêtements en enrobés ou asphaltes traditionnels, dont le traitement de surface permet la matérialisation de certaines zones spécifiques en milieu urbain : grenaillage, sablage ou hydro gommage pour donner de l'adhérence ou faire ressortir la couleur du granulat, impression… Dans cette technique, le choix du granulat est essentiel en fonction des effets recherchés. Cette technique est appliquée couramment sur la communauté urbaine de Lille ou encore sur le Grand Lyon.

• **Les liants bitumineux dits pigmentables,** issus d'une unité de désalphaltage au propane, caractérisés par une teneur en asphaltènes réduite lui procurant une faible absorptivité de la lumière. Rappelons que ce sont les asphaltènes, les molécules les plus lourdes du bitume, insolubles dans un solvant tel que l'hexane, qui lui confèrent sa couleur noire. Les liants pigmentables peuvent ainsi se colorer principalement en rouge (oxyde de fer) ou en vert (oxyde de chrome). Ils se déclinent en plusieurs classes du 20/30 ou 160/220, peuvent être modifiés par des polymères pour réduire leur susceptibilité thermique et être appliqués sur des voies très circulées. Ils ont des caractéristiques mécaniques comparables à celles des bitumes classiques.

• **Les liants de synthèse,** issus également de la chimie du pétrole, de couleur miel permettant de faire ressortir la couleur naturelle des granulats. D'autres teintes spécifiques peuvent être obtenues par incorporation de pigments. Ces liants peuvent être dopés dans la masse ou modifiés par des polymères, ce qui confère des propriétés rhéologiques permettant de supporter des trafics élevés. Ils couvrent une gamme d'utilisation allant d'un trafic léger à un trafic plus lourd, selon les objectifs visés : tunnel, rond-point, voie de bus, piste cyclable, voie piétonne… Ils se déclinent dans différentes classes, de 35/50 à 50/70, et offrent des caractéristiques équivalant à celles des bitumes classiques, même s'ils ne font l'objet d'aucune norme de spécification française ou européenne. Pour certains d'entre eux, une température d'enrobage plus basse de 30 à 40 °C permet un gain énergétique et une réduction des émissions de fumées, avantage appréciable dans les chantiers confinés tels que les tunnels.

Les liants de synthèse peuvent également être utilisés sous la forme d'émulsions pour une utilisation en enrobé coulé à froid (ECF), en enduit superficiel (ESU) ou en couche d'accrochage, applications non développées dans cette solution bitume.

## Pigments



- Il suffit d'ajouter de 1 à 2 % de pigments dans l'enrobé pour obtenir la couleur désirée.
- Des pigments inorganiques et résistants à la chaleur sont nécessaires.
- La couleur des granulats doit être en harmonie avec la couleur désirée.

Source Shell

## Les granulats

Le choix des granulats repose sur deux types d'exigence : les propriétés colorimétriques, pour des raisons de visibilité et d'esthétique, et les caractéristiques mécaniques, en tant que matériaux de chaussées.

La couleur des granulats qui constituent 95 % de la masse de l'enrobé et apparaissent en surface après que le film supérieur de liant a été décapé sous l'effet du trafic, conditionne la teinte finale du revêtement. La disponibilité en granulats de couleurs différentes est variable selon les régions et il y a lieu de bien choisir pour éviter un transport excessif, qui pèserait sur le bilan économique et environnemental du projet. De nombreux fournisseurs de granulats offrent sur le marché un grand choix de coloris.
Les caractéristiques mécaniques des granulats doivent être exigées pour une couche de surface (domaine d'emploi exclusif des enrobés et asphaltes de couleur), directement exposée au trafic et aux agressions météorologiques (soleil, pluie, gel…). Ils doivent respecter les spécifications de la norme européenne NF EN 13043 et celles de chaque norme produit spécifique, en fonction de l'usage, notamment quant aux caractéristiques intrinsèques (résistance à la fragmentation, à l'usure et au polissage) et aux caractéristiques géométriques (granularité, forme et propreté). Les enrobés colorés doivent répondre au même référentiel technique que les enrobés traditionnels : niveau 0 ou 1 pour trottoir, niveau 2 pour chaussée fortement circulée…
Les propriétés d'adhésivité passive sont également essentielles et souvent contrôlées, à cause de l'utilisation de granulats moins classiques que pour les enrobés traditionnels.

## Le colorant

Les pigments seront choisis en fonction de leur résistance aux variations de température, aux rayonnements ultraviolets, aux intempéries, aux composants chimiques. Les pigments minéraux ou inorganiques sont les plus recommandés, qu'ils soient naturels ou synthétiques. La gamme des couleurs est très étendue, allant du gris (mélange oxyde de titane et carbone) au blanc (oxyde de titane), en passant par le rouge, le jaune, le bleu, le vert. La teinte finale du revêtement dépend du dosage du pigment et de sa dispersion, variable selon sa nature. Il faut savoir que les teintes vives lors de l'application s'atténueront et se patineront avec le temps.
Quant à la formulation des enrobés et asphaltes colorés, elle est identique à celle des enrobés et asphaltes classiques destinés au même usage. Comme il s'agit souvent de couches de roulement destinées à supporter des trafics peu élevés (pistes cyclables, trottoirs, places…) et posées en faible épaisseur, il est recommandé de vérifier leur sensibilité à l'eau.

Des applications destinées à des trafics plus importants, comme des voies de bus à haut niveau de service, nécessitent cependant des essais particuliers, comme les essais d'orniérage.

## Fabrication et mise en œuvre

Qu'il s'agisse d'enrobés ou d'asphaltes colorés à base de liant clair, la même précaution de propreté rigoureuse s'impose tout au long de la chaîne de fabrication (cuves des camions porteurs, cuves de stockage, malaxeurs des postes d'enrobage) et de la mise en œuvre (bennes de transport, finisseurs, compacteurs, outils et bottes). Faute de respecter cette règle, on s'expose à des salissures et autres traces de liant noir de précédents chantiers. Pour faciliter ces opérations, plusieurs fabricants de bitume proposent de livrer leur liant clair en vrac dans des citernes dédiées, chauffées ou calorifugées. Pour les chantiers de petite taille, le liant clair peut être livré en fûts de 190 kg ou en sacs thermofusibles.

Avant de commencer une fabrication en liant clair, il est indispensable de nettoyer le malaxeur (ou le pétrin, s'il s'agit d'asphalte) en procédant à deux gâchées à sec, c'est-à-dire sans liant, avec des granulats très chauds, et de purger les lignes entre le malaxeur et les cuves de stockage en réalisant une première fabrication non utilisée. Dans tous les cas, il est recommandé de réserver la centrale pour toute la durée de la mise en œuvre de l'enrobé coloré.

Le respect des températures d'enrobage et de compactage préconisées dans les fiches techniques des fournisseurs est un gage de qualité du revêtement final. Une température trop basse peut empêcher la fonte des sacs thermofusibles des liants et celle des pigments. Mais une température trop élevée pourrait dégrader le liant ou modifier la couleur du pigment. Enfin, un temps de malaxage légèrement supérieur (de 5 à 10 secondes) à celui d'un malaxage classique est nécessaire pour une parfaite homogénéité des différents constituants. Il est naturellement proscrit d'utiliser des matériaux recyclés noirs dans ce type d'enrobés.

Des précautions doivent également être prises lors de la pose de la couche d'accrochage, indispensable à la bonne tenue des enrobés. Pour certains chantiers, il suffit d'attendre la rupture complète de l'émulsion bitumineuse pour mettre en œuvre l'enrobé clair. En milieu urbain, où la rapidité de remise en circulation est requise, on préfère utiliser une émulsion propre à rupture rapide, ce qui évite de salir les chenilles du finisseur. L'application d'une émulsion au liant clair en couche d'accrochage est une option possible.

## Durée de vie et entretien

Comme tous les matériaux bitumineux, les enrobés et les asphaltes colorés présentent les avantages, particulièrement appréciés en milieu urbain, d'une mise en œuvre et d'une réouverture à la circulation rapides. Le refroidissement complet du matériau coloré est cependant recommandé pour éviter tout phénomène de collage et d'altération de l'uniformité du revêtement.

Les retours d'expérience en provenance de nombreux maîtres d'ouvrage ne montrent pas de différences dans la durée de vie et les besoins d'entretien des enrobés et asphaltes colorés par rapport aux produits classiques. Les uns comme les autres sont soumis aux mêmes contraintes, inhérentes au milieu urbain, liées à la présence de réseaux enterrés qui exigent des interventions répétées fragilisant les revêtements de chaussée. Les reprises de surface, dans le cas des revêtements colorés, peuvent se révéler problématiques sur le plan esthétique, car il est difficile de donner aux parties réparées exactement la même teinte qu'aux zones restées en place, dont les couleurs ont évolué. L'homogénéisation, heureusement, se fait avec le temps.

Pour éviter cet inconvénient, il existe une alternative aux couleurs pour différencier l'espace urbain, ce sont les traitements de surface. Ainsi, dans le Grand Lyon, des BBSG 0/10 classiques avec des granulats porphyriques sont couramment grenaillés dans les zones 30 pour alerter les conducteurs.
*« Nous sommes très satisfaits de cette technique qui permet d'avoir un enrobé différenciable et de qualité*, témoigne M. Thivard, responsable de la subdivision nord du Grand Lyon. *Plus il est circulé, plus la couleur du granulat de l'enrobé ressort, avec une garantie, en cas de reprise, de pouvoir reproduire une couleur identique. »*

## Aspects environnementaux

La couleur est un atout du point de vue du développement durable, car elle permet de respecter et valoriser le patrimoine paysager urbain (parvis, places, allées de parc…). Les revêtements clairs à base de liant de synthèse trouvent un domaine d'application particulièrement favorable dans les tunnels routiers, où ils améliorent la sécurité et permettent des réductions significatives des coûts énergétiques de l'éclairage (jusqu'à 50 %). Les tunnels de Toulon, Genève, Lorentzweiler au Luxembourg, Nice ou Monaco en sont des exemples récents.

Comme les autres matériaux bitumineux, les enrobés colorés sont recyclables et permettent ainsi d'économiser des matières premières non renouvelables, granulats et liants.

© Shell

Réalisation d'un enrobé à basse température avec le liant Shell Mexphalte C LT dans un tunnel

# Projet national MURE **Multi-recyclage des enrobés à température réduite**

© Mure

Valoriser le recyclage des enrobés, c'est également mettre en valeur des opérations comme le fraisage

**Né du constat que l'utilisation des enrobés tièdes et la pratique du recyclage sont amenées à se développer pour économiser énergie et matériaux, le projet national MURE vise à répondre à deux questions principales : que se passe-t-il lorsque l'on combine recyclage et enrobés produits à température réduite ? Comment faire pour recycler les enrobés autant de fois que nécessaire sans altérer les performances d'usage des chaussées ?**

La réduction des températures de fabrication des enrobés et le recyclage à taux élevés d'agrégats, pratiques que la profession routière s'est données pour objectif de développer par la Convention d'engagement volontaire (CEV), présentent des avantages environnementaux importants bien connus : économies d'énergie et de ressources non renouvelables, diminution des rejets, recyclage des matières premières, etc. Mais ces pratiques posent encore des questions d'ordre technique et scientifique, qui font obstacle à leur généralisation.

## Qualité des produits issus du recyclage

À l'origine du projet, il y a le constat, fait par un groupe d'entreprises et de maîtres d'ouvrage, réunis au sein du pôle régional d'excellence Infrastructures durables Rhône-Alpes (INDURA), qu'il pourrait être utile à la profession de lever les freins au développement des enrobés à température réduite et du recyclage.

*« Nous sommes partis du fait que tout le monde souhaite développer les enrobés tièdes et le recyclage, pour se conformer à la CEV mais aussi et surtout parce que, pour les maîtres d'ouvrage, c'est un moyen de diminuer les coûts en matériaux, d'accélérer les travaux de démontage et reconstruction des chaussées et de diminuer la charge que représentent les déchets inutilisés*, explique Jean-Éric Poirier, directeur du projet. *Mais comment être certain de la qualité des produits issus du recyclage à tiède, alors que tout ce que l'on sait du recyclage a été acquis à chaud ? »*

Le groupe de travail se mit d'accord, après force brainstormings, pour lancer un travail collaboratif afin de faire avancer les connaissances dans le domaine du recyclage et du multi-recyclage des enrobés à basse température. Baptisé MURE (MUlti-Recyclage des Enrobés) et démarré officiellement en mars 2014, il va durer quatre ans (www.pnmure.fr).

Le projet comporte un volet scientifique, intitulé IMPROVMURE (Innovation en matériaux et procédés pour la valorisation du multi-recyclage des enrobés), qui a pour objectif principal de qualifier la remobilisation du liant issu des matériaux recyclés à l'aide du liant d'apport et d'évaluer son impact sur les propriétés des enrobés, et en particulier sur leur durabilité.

>>>

**Coupe d'une éprouvette d'enrobé.** Des granulats de couleurs différentes peuvent être utilisés pour visualiser la qualité du mélange entre les agrégats d'enrobé et les enrobés. Le succès du projet impose de combiner les mesures à l'échelle du mètre ou du décamètre et des observations à l'échelle du micromètre ou encore plus petites

## Expérimentations industrielles

**Les études de MURE s'attacheront notamment à répondre aux questions suivantes :**

- Des molécules apparaissent-elles dans le bitume lors du vieillissement ?
- Comment évoluent les propriétés thermomécaniques, chimiques et environnementales des enrobés multi-recyclés ?
- Le bitume des agrégats est-il toujours miscible avec le bitume neuf, quels que soient son âge et le nombre des recyclages ?
- Combien de fois est-il possible de recycler un agrégat d'enrobé tout en conservant des propriétés mécaniques et environnementales satisfaisantes ?

Ces travaux seront conduits à la fois en laboratoire et au cours de chantiers expérimentaux. Ces chantiers ont pour but de simuler trois cycles d'entretien d'une couche de chaussée. C'est-à-dire environ quarante-cinq ans au cours desquels la couche de roulement serait démontée et reconstruite trois fois. La question est alors de trouver une méthode pour accélérer le temps. Dans cette perspective, une expérimentation industrielle visant à reproduire les conditions définies en laboratoire (méthode RILEM) pour vieillir artificiellement les enrobés et reproduire en quelques semaines plusieurs années de vie *in situ*, a été réalisée près de Genève, en décembre 2013, par une équipe de Colas Suisse.

## Vieillissement artificiel étalonné

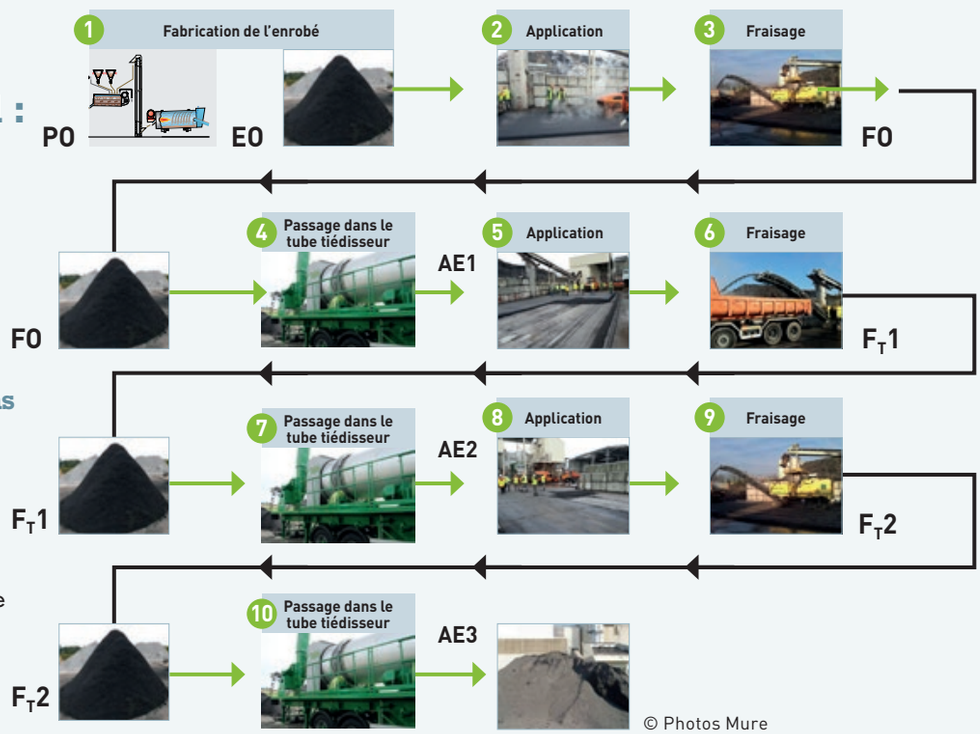
*« La méthode choisie a consisté à fabriquer un enrobé, le poser et le fraiser aussitôt, puis réchauffer les agrégats récupérés à 120-130 °C dans un tambour dédié à cette fonction, avant de les poser à nouveau*, explique Jean-Éric Poirier. *La même opération a été répétée pour savoir au bout de combien de cycles le bitume contenu dans l'enrobé présente les mêmes caractéristiques qu'un bitume ayant passé une dizaine d'années dans une chaussée. »* Quand le vieillissement artificiel aura été étalonné, six chantiers expérimentaux seront lancés : deux pour les taux de recyclage à 40 et 70 %, en technique tiède mousse de bitume, deux à 40 et 70 % pour le taux de recyclage, toujours à tiède mais cette fois avec des additifs, enfin, deux autres chantiers opérés à chaud, à 40 % et 70 % en agrégats d'enrobé serviront de points de comparaison. Un lot d'agrégats , baptisés AE0, sera caractérisé le plus complètement possible des points de vue technique (essais normalisés) et scientifique : composition, spectre IR, analyse SARA, etc.
À partir de cet AE0 de référence, on fabriquera un enrobé E1 contenant 40 % d'AE0, qui sera appliqué sur une planche

## Principe du vieillissement accéléré artificiel : passage dans le tube tiédisseur

Cette figure décrit l'enchaînement des opérations qui ont été réalisées afin d'évaluer la capacité d'un tube tiédisseur à accélérer le vieillissement d'un enrobé.

### Élaboration des échantillons

- P0 : échantillons prélevés avant l'étape d'enrobage qui conduit à la production de l'enrobé E0
- F0 : fraisat récupéré à partir de l'enrobé appliqué E0
- AE1 : nouvel agrégat d'enrobés obtenu après passage dans le tube tiédisseur de F0
- $F_T1$ : fraisat récupéré après application de l'enrobé appliqué AE1




© Photos Mure

de 300 m. Celle-ci sera rabotée sur 200 m, et les agrégats vieillis artificiellement AE1 entreront à leur tour à hauteur de 40 % dans la composition de l'enrobé E2, qu'on appliquera sur les 200 m. Un nouveau rabotage sur 100 m permettra de produire, après vieillissement artificiel, des agrégats AE2, qui entreront à leur tour, toujours à hauteur de 40 %, dans la composition de l'enrobé E3 qui sera posé sur les derniers 100 m de la planche.

### Projet collaboratif ouvert à tous

*« Aujourd'hui, on recycle environ 40 % des agrégats, ce qui veut dire que dans 60 % des cas de recyclage on perd la fonction de liant hydrocarboné du bitume*, observe encore Jean-Éric Poirier. *Si l'on peut valider qu'il est possible de fraiser et de réincorporer les agrégats dans l'enrobé sans qu'il y ait de problème pour les dix ou quinze ans à venir, tout le monde est gagnant. »* Le projet national MURE est un projet collaboratif ouvert à tous les acteurs, publics ou privés, agissant dans le domaine des infrastructures routières : maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, bureaux d'études, organisations professionnelles, entreprises, laboratoires de recherche académiques ou privés. Administré par l'IREX (Institut pour la recherche appliquée et l'expérimentation en génie civil), il est pris en charge principalement par les partenaires du projet et bénéficie du soutien du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. La partie scientifique IMPROVMURE sera financée par l'Agence nationale de la recherche (ANR) et coordonnée par Eiffage Travaux publics. Le projet MURE est accompagné par le pôle d'excellence INDURA et par l'USIRF, qui participe au pilotage du projet.

PN MURE - ANR IMPROVMURE

### Objectifs du projet

➔ Répondre aux questions d'ordres technique, matériel, sanitaire, environnemental, sociétal, normatif et réglementaire soulevées par la pratique conjointe du recyclage et des enrobés tièdes.
➔ Répondre à celles posées par l'arrivée du multi-recyclage.

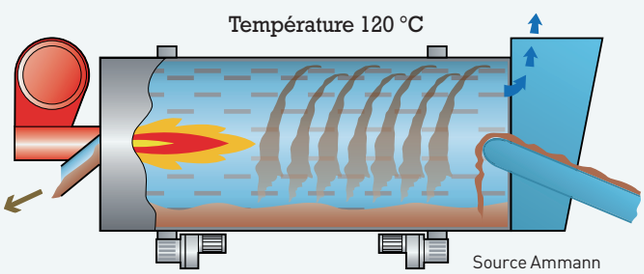
### Objectifs collatéraux

➔ Concrétiser les propositions d'actions de soutien à l'innovation du rapport IDRRIM d'octobre 2013 :
- Développer l'appui scientifique et technique apporté aux entrepreneurs et aux maîtres d'ouvrage (D4) ;
- Créer un environnement adapté (C1) :
  - mise en réseau ;
  - communication autour des événements du PN ;
- Définir des bases de travail partagées (A1 et A2) :
  - faire l'apprentissage du travail collaboratif ;
  - trouver comment concilier travail en commun et innovation compétitive.

### Objectifs premiers de ces projets

➔ Répondre aux questions de nature multiple qui limitent le développement des techniques tièdes lorsqu'elles sont couplées au recyclage.
➔ Anticiper celles qui découlent de la pratique du multi-recyclage.

## Le tube tiédisseur




Le tube tiédisseur est un dispositif industriel qui permet de réchauffer des agrégats d'enrobé avant de les incorporer dans le malaxeur de la centrale. Il offre la possibilité de recycler à très fort taux.

## Le défi technologique du projet national

En laboratoire, on sait produire en quelques jours des enrobés dont les propriétés sont comparables à celles des agrégats d'enrobé industriels. Cette capacité offre alors le moyen d'étudier l'impact du multi-recyclage sur les propriétés d'usage des enrobés.

Dans le cadre du projet national, on souhaite réaliser en vraie grandeur des chantiers qui serviront de démonstrateurs et qui reproduiront 3 cycles d'entretien, c'est-à-dire une quarantaine d'années de vie d'une section routière. Il s'agit donc de trouver une méthode pour accélérer le temps et condenser ces quarante ans dans les quatre ans que durera le projet.

Pour en savoir
www.pnmure.fr

# Le CEREMA : un **centre d'expertise** au service de l'État et des collectivités locales

**La création du Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement renforce l'ancrage territorial des services techniques et scientifiques chargés notamment des infrastructures du transport et de la mobilité.**

© Cerema

Gérard Cadré, directeur de la Communication et de la Diffusion des connaissances du nouvel organisme

Né le 1er janvier 2014, le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA) n'est pas tout à fait un nouveau venu. Le nouvel établissement public à caractère administratif (EPA), placé sous la double tutelle du ministère de l'Écologie et du ministère de l'Égalité des territoires et du Logement, est en effet issu du regroupement d'organismes bien connus des acteurs des infrastructures de transport : les huit centres d'études techniques de l'équipement (CETE), le Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU), le Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements (SETRA) et le Centre d'études techniques, maritimes et fluviales (CETMEF).

*« Il ne s'agit pas d'une création ex nihilo, mais du regroupement de structures existantes et de leur réorganisation, permettant notamment d'en optimiser les moyens*, explique Gérard Cadré, directeur de la Communication et de la Diffusion des connaissances du nouvel organisme. *La naissance du CEREMA est dans la suite des fusions entre les grands organismes techniques, commencées il y a quelques années, tout en approfondissant l'ancrage territorial au service des collectivités locales et en renforçant le pilotage de ces structures de terrain. »*

La spécificité de ce centre de ressources et d'expertises techniques et scientifiques en appui aux services de l'État et des collectivités locales repose sur un ancrage territorial fort et sur sa capacité à faire le lien entre les administrations centrales, les services déconcentrés de l'État, les collectivités territoriales et l'ensemble des acteurs qui contribuent à la mise en œuvre des politiques publiques.

Grâce à son potentiel de recherche pluridisciplinaire, son expertise technique et son savoir-faire transversal, le CEREMA a vocation à intervenir notamment dans les domaines des transports et de leurs infrastructures, de la mobilité, de la sécurité routière, de l'environnement, de la prévention des risques, de la mer, de l'énergie et du climat.

## Adopter une vision systémique

Avec son siège social installé à Bron, dans la cité des mobilités, à proximité du CETU, de l'ex-CETE de Lyon et de l'IFSTTAR, un de ses partenaires privilégiés, ses 8 directions territoriales (les anciens CETE : Est, Île-de-France, Lyon, Méditerranée, Normandie-Centre, Nord-Picardie, Ouest, Sud-Ouest), et ses 29 implantations sur le territoire national, le CEREMA a les moyens d'être ouvert aux collectivités locales, d'innover au plan national et de rayonner à l'international.

*« Nous pratiquerons une certaine répartition géographique de nos prestations, mais, au lieu d'avoir 11 services séparés qui travaillent en réseau, nous sommes désormais une entité unique, capable de répondre à des commandes globales d'une manière optimisée, mieux organisée, avec une vision périphérique*, poursuit Gérard Cadré. *Nous adopterons une approche systémique, qui exige beaucoup de communication interne afin que chacun sache ce qu'il peut apporter aux autres et ce qu'il peut attendre d'eux, mais qui nous fera gagner en fluidité, en efficacité et en efficience. »*

En intégrant les fonctions de bureau d'études, de recherche, de contrôle et de normalisation, le CEREMA se propose de maîtriser un continuum depuis la recherche, l'expérimentation, l'innovation, jusqu'à la traduction en méthodes et la diffusion sous la forme de guides.

## Capitaliser, formaliser et diffuser

*« Capitaliser, formaliser et diffuser les connaissances sur l'état de l'art, c'est notre ADN*, observe encore Gérard Cadré. *Nous ne le faisons pas comme une entreprise privée pour déposer des brevets et gagner des parts de marché, mais comme un établissement public animé par la notion de service public, qui a vocation à diffuser ses acquis après validation par l'expérience car la profession compte sur nous. »*

La capitalisation et la diffusion des connaissances constituent un pôle majeur de l'activité du nouvel organisme. Elles seront assurées notamment par les éditions du CEREMA, qui vont unifier les collections précédemment publiées par le CERTU, le SETRA et le CETMEF, avec une identité graphique nouvelle. Reflétant les activités du CEREMA, ces publications proposeront des réflexions sur les pratiques dans les territoires et sur les connaissances et l'état de l'art, des guides méthodologiques, destinés aux professionnels, et des synthèses permettant une compréhension de ce qui est essentiel, à l'usage des décideurs, qu'ils soient administratifs ou élus.

*« Dans cette première année, notre priorité va vers la mise en place de notre organisation, l'élaboration de notre démarche stratégique et l'ouverture aux collectivités avec l'ambition que les prestations du CEREMA soient au moins du même niveau que la somme des prestations des organismes qui ont fusionné et que, par les synergies apportées, leur qualité soit rapidement supérieure*, conclut modestement Gérard Cadré. *En 2015, nous prévoyons d'organiser un grand événement, les Entretiens du CEREMA, avec la même volonté d'ouverture vers les collectivités que les Entretiens du CERTU, mais en en élargissant le périmètre. »*

# Cerema

## Implantations et organisation

**1 siège social**
**Bron (69)**

**3 directions techniques**
- Infrastructures de transport et matériaux
- Territoires et Ville
- Eau, Mer et Fleuves

**8 directions territoriales**
- Dter Centre-Est
- Dter Est
- Dter Île-de-France
- Dter Méditerranée
- Dter Nord-Picardie
- Dter Normandie-Centre
- Dter Ouest
- Dter Sud-Ouest

**29 sites sur 26 départements métropolitains**

Source Cerema

- Siège social à Bron
- D. tech. Infrastructures de transport et Matériaux
- D. tech.. Eau, Mer et Fleuves
- D. tech. Territoires et Ville
- Directions territoriales
- Autres sites des directions territoriales (laboratoires...)

© Cerema

Pierre Jarlier, président

© Cerema

Bernard Larrouturou, directeur général

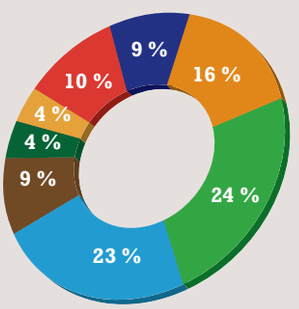
- 3 100 agents
- 220 experts nationaux et internationaux
- 33 équipes de recherche associées

**250 M€ de budget**

**66 pôles de compétences et d'innovation**

## Domaines d'intervention

- Territoires durables (ressources, milieux, biodiversité et territoires)
- Espace urbain et bâtiment
- Énergies et climat
- Impact sur la santé




- Connaissance et prévention des risques
- Mobilités et transport
- Gestion du patrimoine d'infrastructures
- Développement d'infrastructures

Source Cerema

## Missions

- **Développer des méthodologies** et outils pour répondre aux nouveaux modes de gestion des territoires.
- **Travailler en lien étroit et en complémentarité avec tous les acteurs** (partenariats, coconstruction, animation et participation à des réseaux, mise en œuvre de projets).
- **Assurer le lien entre la recherche** élaborée dans les organismes de recherche et l'application sur le terrain, par une action permanente d'innovation et d'expérimentation.
- **Développer une approche pluridisciplinaire** et transversale qui intègre l'ensemble des facteurs environnementaux, économiques et sociaux.
- **Apporter à l'État et aux acteurs territoriaux** un appui en termes d'ingénierie et d'expertise technique sur les projets d'aménagement et de développement durables.
- **Accompagner les acteurs publics** et privés dans la transition vers une économie respectueuse de l'environnement et équitable.
- **Renforcer la capacité des responsables** territoriaux à faire face aux risques auxquels sont soumis leurs territoires et leurs populations.
- **Contribuer à l'activité de normalisation** et à l'élaboration de la réglementation et de la méthodologie technique sur les enjeux prioritaires aux niveaux national, européen et international.
- **Assurer la promotion des règles de l'art** et du savoir-faire développés dans le cadre de ses missions, les diffuser et les capitaliser.

# La lente apparition des **trottoirs parisiens**

**Les trottoirs d'asphalte brillant sous la pluie font partie de l'imagerie traditionnelle de Paris, comme en témoignent tant de photographies de ses rues. Il n'en a pas toujours été ainsi, et l'apparition de ce matériau a marqué une étape décisive vers le confort et la sécurité des piétons.**

Paris compte aujourd'hui 1 700 km de voirie, soit 15,5 millions de m² de chaussées et 10,7 millions de m² de trottoirs, dont 75 % sont à base de liants bitumineux. Les historiens s'accordent sur la date de 1835[1] pour la construction du premier trottoir en mastic bitumineux, sur le pont Royal, qui relie le pavillon de Flore du palais du Louvre, rive droite, aux rues du Bac et de Beaune, rive gauche.

À cette époque, les trottoirs étaient encore rares à Paris. Dans son *Histoire physique civile et morale de Paris, depuis les premiers temps historiques jusqu'à nos jours*, parue en 1829, l'historien Jacques-Antoine Dulaure pouvait encore écrire : « La capitale de la France, ornée de monuments admirables, et qui possède tant d'établissements utiles, n'offre à ceux qui la parcourent à pied qu'une voie excessivement pénible, ou même dangereuse, et qui semble avoir été exclusivement destinée au mouvement des voitures. On s'est borné à établir, dans un petit nombre de rues d'une largeur suffisante, des trottoirs surélevés, revêtus de pavés ordinaires. »

## Commodité et sécurité des piétons

Si les rues des villes romaines de l'Antiquité connaissaient les trottoirs surélevés, au Moyen-Âge ce dispositif avait disparu de nos paysages urbains. Les rues étaient de simples voies de terre, creusées d'une rigole médiane drainant plus ou moins efficacement eaux de pluie et déchets. Des bornes de pierre permettaient ici et là aux cavaliers de monter à cheval et aux piétons d'éviter voitures et charrettes. Quelques commerçants aisés équipaient leur devanture d'une estrade permettant aux chalands de s'attarder sans risquer d'être renversés.

En 1606, le dernier-né des ponts de Paris (aujourd'hui le plus ancien), le Pont-Neuf, est le premier à offrir des trottoirs pour la commodité et la sécurité des piétons. Cette innovation restera longtemps sans suite, puisqu'il faut attendre la fin du XVIIIe siècle pour voir apparaître le premier vrai trottoir parisien, rue de l'Odéon, en 1781. Ce premier trottoir restera lui aussi une exception : lorsque Napoléon prend le pouvoir, en 1799, Paris n'en possède pas d'autres. Londres, où a été inventée la chaussée bombée avec évacuation des eaux par les caniveaux latéraux, possède à la même date un service de trottoirs depuis une vingtaine d'années…

## De l'asphalte en poudre à l'asphalte coulé

Après la première utilisation d'un liant bitumineux sur les trottoirs du pont Royal, en 1835, l'utilisation d'asphalte en poudre fondu, puis d'asphalte comprimé, va permettre de multiplier le nombre de kilomètres de trottoirs : entre 1835 et 1848, on passe de 16 à 275 km de trottoirs revêtus. Les asphaltes proviennent de Vals de Travers (Suisse), de Seyssel (dans l'Ain) et de Raguse (Sicile). Les gisements de Saint-Jean-de-Maruéjols-et-Avéjan et de Mons, dans le Gard seront exploités plus tard.

Pendant la période des grands travaux haussmanniens, commencés sous Napoléon III et poursuivis sous la IIIe République, qui créent le Paris moderne, l'asphalte est largement utilisé, bientôt sous sa forme encore en usage d'asphalte coulé. Il aura ainsi contribué largement à façonner le visage de Paris et à en faire, ce que nous avons pour la plupart oublié, une ville que l'on peut traverser confortablement du nord au sud en deux heures et demie et d'est en ouest en trois heures.

Pose d'un trottoir en asphalte coulé à Paris, années 1920

© Ville de Paris

1. La plupart des archives techniques ont brûlé dans l'incendie de l'Hôtel de Ville pendant la Commune en 1871.