



Dossier

TRAVAUX DE REVÊTEMENT ROUTIER: DE MULTIPLES RISQUES À PRENDRE EN COMPTE

❶ Risques liés au bitume
et aux enrobés routiers :
un état des lieux de la prévention
P. 22

❷ Une méthode de prélèvement
et d'analyse des fumées de bitumes
P. 27

❸ Vers une méthode d'évaluation
de l'exposition cutanée
aux substances contenues
dans le bitume
P. 34

❹ Travaux routiers: attention
au risque ultraviolet solaire
P. 39

Travailler à la fabrication de routes n'est pas sans risque pour les opérateurs, car ils manipulent des enrobés bitumineux chauds qui peuvent présenter des effets sur la santé, soit par les fumées dégagées, soit par contact cutané. Ce dossier présente un état des lieux des différents travaux menés par la profession et les organismes de prévention pour améliorer la prévention de ces risques, ainsi que des méthodes d'évaluation des expositions des travailleurs aux fumées de bitume et des expositions cutanées aux produits contenus dans ces enrobés. Il rappelle également les différents risques liés aux rayonnements UV auxquels les travailleurs sont exposés, et les moyens de s'en protéger.

ROAD SURFACING WORKS: MANY RISKS TO TAKE INTO ACCOUNT – *Road making is not without risks for operators since they handle hot bituminous products which may be hazardous to health, either through the fumes released or through skin contact. This dossier reviews the different works conducted by the profession and OSH bodies to better prevent these risks, as well as methods for assessing exposure to bitumen fumes, and dermal exposure to products contained in the asphalt. It also outlines the different risks of UV radiation to which workers are exposed, and the protective measures available.*

RISQUES LIÉS AU BITUME ET AUX ENROBÉS ROUTIERS: UN ÉTAT DES LIEUX DE LA PRÉVENTION

Le bitume et ses fumées exposent à de multiples risques les travailleurs chargés de mettre en œuvre les enrobés sur les chantiers de revêtements routiers.

Via les voies respiratoires, d'une part, et par contact cutané, d'autre part.

À cela s'ajoute l'exposition aux rayonnements UV du soleil. Face à ces multi-expositions, la profession et les principaux organismes de prévention ont lancé, dès 2011, différents travaux afin d'améliorer la prévention des risques sur différents thèmes.

Cet article en présente l'état d'avancement.

COSMIN
PATRASCU
INRS,
département
Expertise
et conseil
technique

En France, chaque année, plus d'un million de kilomètres de routes sont entretenus ou construits à l'aide de plus de trente millions de tonnes d'enrobé bitumineux, selon l'Union des syndicats de l'industrie routière française (Usirf) et la Fédération nationale des travaux publics (FNTP). L'industrie de la construction routière représente un tiers des opérateurs des travaux publics et emploie environ 80 000 personnes.

La construction des routes implique la mise en œuvre d'enrobés principalement bitumineux, qui exposent les opérateurs à des risques de natures essentiellement thermique et chimique. Ces enrobés sont des mélanges de granulats, de sable et de bitume, aussi appelé « liant ». Bien qu'introduit en faible proportion (5 à 10%), le bitume en est un des constituants clefs. C'est un produit de distillation fractionnée (atmosphérique et sous vide) de certains pétroles bruts. Sa composition chimique est très complexe. Elle comporte plusieurs centaines, voire milliers de molécules et dépend, pour partie, du gisement de pétrole brut dont il est issu. Le bitume est liquéfiable à chaud et solide à température ambiante; il possède également un pouvoir adhésif, qui lui permet d'assurer une forte cohésion entre les granulats. Ces caractéristiques rhéologiques et d'adhésivité font du bitume un élément de choix pour la fabrication des routes.

Les fumées de bitume, possiblement dangereuses pour l'homme

Le bitume est souvent confondu avec le goudron, un dérivé du charbon et non du pétrole. Les premières routes étaient réalisées avec des revêtements à base de goudron (tarmac^{®1}). C'est pour cela que les termes « goudronner » et « goudronnage » existent et continuent d'être utilisés aujourd'hui

ENCADRÉ 1

LES HAP, UN MARQUEUR DEVENU MOINS PERTINENT

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), dont certains sont classés officiellement comme cancérigènes, sont largement présents dans le goudron et à des quantités plus faibles (1 000 à 10 000 fois moins) dans le bitume.

Le Benzo[a]Pyrène ou les 16 HAP définis comme substances prioritaires par l'Agence américaine pour la protection de l'Environnement (US EPA: *United States Environmental Protection Agency*) ont été longtemps suivis, pour évaluer le risque chimique ou les effets cancérigènes dans les travaux de revêtement routiers.

À la suite de l'abandon du goudron et de ses dérivés, les concentrations en BaP comme celles des 16 HAP ont drastiquement baissé, rendant obsolète leur mesure.

Une campagne de mesures, menée sur les 16 HAP en 2014 et 2015 [8], montre cette baisse:

- les concentrations dans l'air des 16 HAP sont en moyenne de 1 mg/m³, alors qu'une seule VLEP existe, pour le naphthalène (50 mg/m³);
- les concentrations en Benzo[a]Pyrène équivalent toxique, calculées à partir des concentrations des HAP cancérigènes, atteignent au maximum 7,4% de la valeur à ne pas dépasser, préconisée par la CNAMTS, de 150 ng/m³;
- les concentrations en biomarqueurs du Benzo[a]Pyrène sont au maximum de 0,17 nmol/l, pour une valeur limite biologique à 0,4 nmol/l [9].

- à tort - dans le langage courant lorsqu'on parle de bitume. À partir de 1980, le goudron ou les dérivés du goudron (fluxants à base d'huile de houille) ont été progressivement abandonnés du fait de leur toxicité très élevée. Le goudron n'est plus utilisé depuis 1993 et les fluxants à base d'huile de houille depuis 2005. Le goudron de houille est classé cancérigène 1B (pouvant provoquer le cancer) selon le classement européen CLP² et appartient au groupe 1 des cancérigènes avérés du classement du Centre international de recherche sur le cancer (CIRC), du fait de la présence en très grande quantité d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dont le Benzo[a]Pyrène (BaP) (Cf. Encadré 1). Le bitume, quant à lui, est utilisé en applications routières et n'a pas de classement dans la réglementation CLP. Mais l'exposition aux fumées de bitumes lors des travaux de revêtements routiers a été classée comme possiblement cancérigène pour l'homme (groupe 2B) par le CIRC³.

Les enrobés routiers sont utilisés à des températures élevées, pouvant atteindre ou dépasser 160°C. À ces températures, le bitume émet des fumées pouvant contenir une multitude de substances, dont certaines sont dangereuses. Mais elles sont produites à de faibles concentrations, largement inférieures aux valeurs limites d'exposition professionnelles (VLEP, quand elles existent), rendant l'évaluation du risque chimique difficile. Néanmoins, de nombreux effets sur la santé des opérateurs ont été observés : toux, perte de souffle, maux de tête, troubles du sommeil ou de l'appétit... Le caractère irritant des fumées de bitume pour les voies respiratoires a été prouvé dans plusieurs études [1].

Bilan des travaux sur les différents thèmes

Depuis 1986, l'INRS a mené, en coopération avec les Cram (Caisses régionales d'assurance maladie,

ENCADRÉ 2

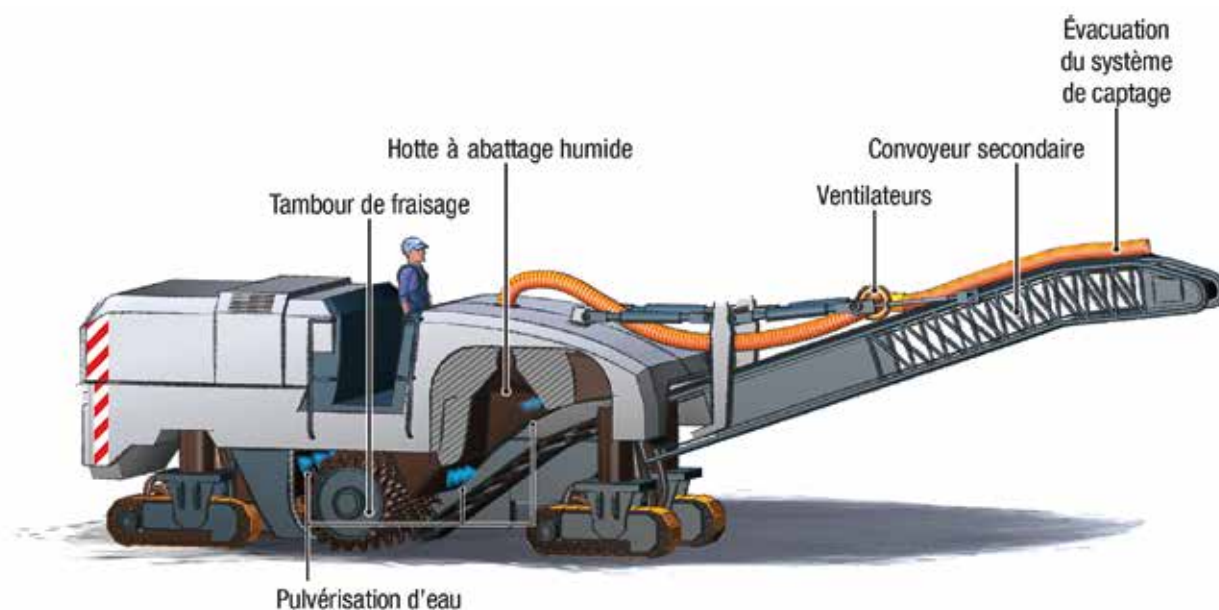
LES SYSTÈMES DE CAPTAGE SUR LES RABOTEUSES

Le concept de système de captage a été testé avec succès sur les raboteuses routières pour le captage des poussières. Le NIOSH a développé un protocole de mesure de l'efficacité de ses systèmes. Il s'agit du protocole NIOSH n° 2015-105* [4]. Comme il n'y a pas de différence entre le matériel européen et américain dans ce domaine et que la diminution de l'exposition aux poussières et à la silice cristalline est une priorité en France également, le groupe de travail a déposé, en 2017, au nom de la France, une demande officielle pour que soit élaborée une nouvelle norme. Au niveau du Comité technique de l'ISO TC 195, la demande a été faite pour inclure le système de captage des poussières dans le nouveau projet de norme ISO 20500-2, qui traite de la sécurité des raboteuses. Elle a été adoptée à l'unanimité en novembre 2017.

* In: Captage des poussières de silice sur les chantiers de rabotage routier aux Etats-Unis. *Hygiène et sécurité du travail*, 2015. À relire sur : www.hst.fr

devenues les Carsat/Cramif pour la prévention), plusieurs évaluations du risque chimique dans les travaux de revêtements routiers. Ces études [2-3] portaient principalement sur l'exposition des salariés aux fumées de bitume, la toxicité de ces fumées, ainsi que l'efficacité des systèmes de captage des fumées présents sur les finisseurs, des engins mobiles chargés d'appliquer les enrobés bitumeux sur les routes. En 2011, différents organismes (la Caisse nationale d'assurance maladie des travailleurs salariés (CNAMTS), l'INRS, l'Union des syndicats de l'industrie routière française (Usirf), la Fédération nationale des travaux publics (FNTP), la Direction générale du travail (DGT), le Groupement national multidisciplinaire de santé au travail dans le BTP (GNMST-BTP) et l'Organisme professionnel de prévention du bâtiment et des travaux publics (OPPBT)) ont mis leurs ressources en commun

↓ **FIGURE 1**
Système de captage des poussières de silice cristalline sur une raboteuse.



et constitué un comité de pilotage national, afin d'améliorer la prévention du risque chimique dans les travaux routiers. Dans ce cadre, des groupes de travail ont été constitués pour élaborer et mettre en œuvre des solutions de prévention. Les travaux menés par ces derniers ont porté sur différents thèmes: exposition aux UV, bases de données des expositions aux fumées, maladies professionnelles, évolution des finisseurs, exposition aux substances dangereuses sur les chantiers, recyclage et asphalte. Un point étape sur les travaux les plus avancés a été réalisé dans un article précédent⁴. En voici un état des lieux actualisé.

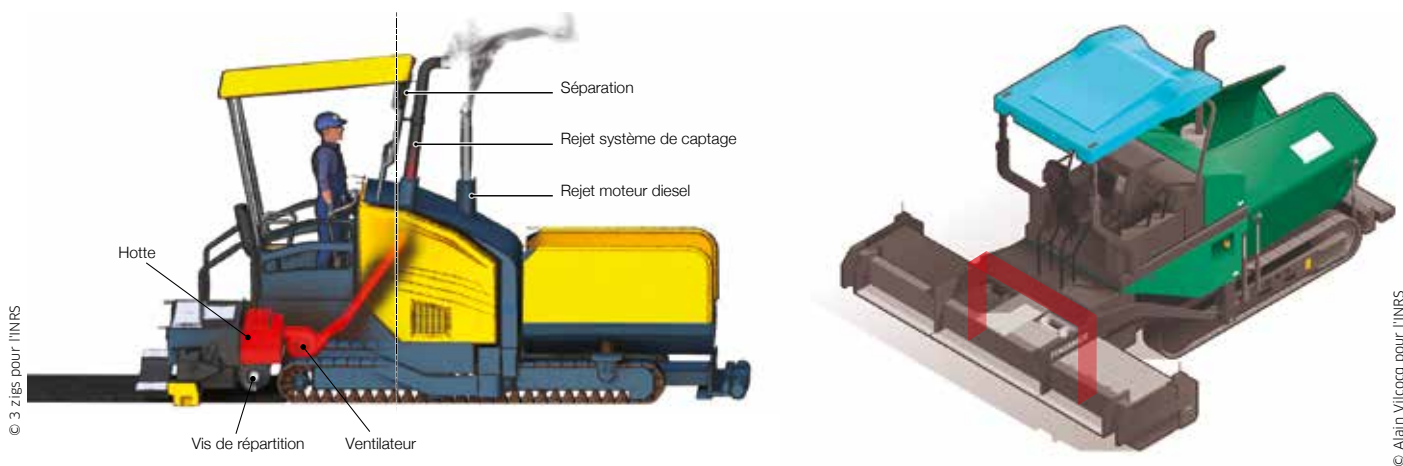
Recyclage

Le groupe de travail sur le recyclage a publié ses conclusions⁵ dans une collection de fiches de prévention et de guides d'aide à la rédaction d'une fiche

de données de sécurité des enrobés bitumineux. Le but de ces documents est de promouvoir les bonnes pratiques sur les chantiers de retrait de revêtement routier mécanisés ou manuels et d'informer sur la démarche en cas de présence d'amiante ou de HAP. Entre autres, le groupe préconise l'emploi de systèmes de captage des poussières sur les raboteuses. Ces systèmes ont déjà faits leurs preuves sur la diminution de l'exposition aux poussières et à la silice cristalline (Cf. Encadré 2 et Figure 1).

Évolution des finisseurs

Le groupe de travail sur l'évolution des finisseurs a publié ses conclusions dans un précédent numéro de cette revue⁶. L'INRS a évalué l'efficacité du système de captage de six finisseurs européens différents selon le protocole américain NIOSH n°97-105 [10]. Les conclusions du groupe concernant ces



↑FIGURE 2 Évaluation de l'efficacité de captage selon le protocole NIOSH n° 107-97 et vue de dessus du finisseur.

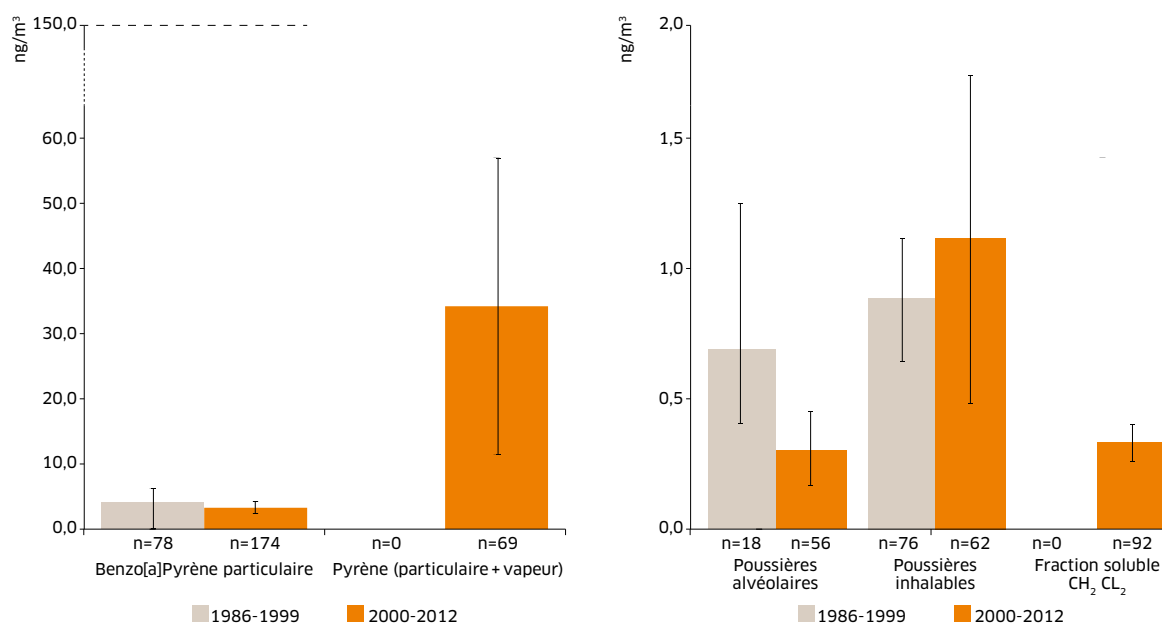
ENCADRÉ 3

L'ADAPTATION DU SYSTÈME DE CAPTAGE AU MARCHÉ EUROPÉEN DES FINISSEURS

Les mesures ont été faites selon le protocole NIOSH n° 107-97 et plusieurs de ses évolutions [10]. Le protocole NIOSH n° 107-97 consiste à mesurer la concentration d'un gaz traceur émis sous la table d'épandage du finisseur (au niveau de la vis de répartition) et capté par le système de captage. Pour limiter la concentration de gaz traceur et de fumées de diesel dans l'atelier où se font les mesures, l'arrière du finisseur est positionné à l'intérieur pour effectuer les mesures et l'avant (avec le pot d'échappement et le rejet du gaz traceur) à l'extérieur (Cf. Figure 2). Ce protocole, utilisé depuis 1997 aux États-Unis,

permet aux finisseurs américains d'obtenir des efficacités de captage supérieures à 90% en phase de test. Une efficacité supérieure à 80% selon ce test est nécessaire pour espérer une efficacité du système en situation réelle. La séparation de l'arrière et de l'avant du finisseur est facile à réaliser sur le matériel américain, celui qui a donné naissance au protocole de mesures. En revanche, sur le matériel européen, plus compact et souvent doté d'une cabine, cette séparation est difficile. En partenariat avec le NIOSH, l'INRS a développé une adaptation du protocole.

Plus exactement, la séparation est abandonnée au profit d'un captage des rejets de diesel et de gaz traceur à l'extérieur de la zone de test. Ainsi, le test se déroule dans l'atelier. L'équivalence des deux mises en œuvre du protocole de test a été validée sur du matériel américain. Pour donner une portée internationale aux travaux communs, le NIOSH et l'INRS ont défendu, depuis 2014, ce nouveau protocole (NIOSH n° 107-97 original et adapté) devant le groupe de normalisation ISO TC 195 / WG 9. Le groupe ISO a accepté de modifier la norme ISO 20500-5, relative à la sécurité des finisseurs, pour inclure ces travaux.



↑ FIGURE 3 Résultats de l'exploitation des bases de données concernant les expositions aux fumées (Moyennes des expositions et intervalles de confiance à 95%. Les valeurs recommandées sont de 150 ng/m³ pour la fraction soluble CH₂Cl₂).

équipements ont abouti aux recommandations suivantes:

- système de captage et d'aspiration des fumées intégré à la machine;
- efficacité mesurée selon le protocole NIOSH 97-105 (Partie 1) supérieure à 80%;
- émissions sonores limitées au maximum à +2 dB par rapport au niveau sonore de la machine sans dispositif de captage;
- conservation de la visibilité pour la conduite et le réglage, ainsi que de l'accessibilité à la plateforme;
- robustesse et maintenance identiques au reste de la machine;
- installation d'un pare-brise en complément du système de captage.

Depuis ce travail, l'installation d'un système de captage est devenue obligatoire pour tout achat de nouveau finisseur. Les travaux ont été poursuivis au niveau de la normalisation, afin de standardiser ce système et l'adapter au marché européen (Cf. Encadré 3 et Figure 3).

Bases de données des expositions aux fumées

Les résultats de l'exploitation des bases de données sur l'exposition atmosphérique des opérateurs sur les chantiers de revêtement routiers ont été publiés dans un article précédent, en 2013⁴. Les données contenues dans les bases de données Colchic⁷ et Cimarout⁸ présentent des résultats similaires. De plus, pour les traceurs suivis avant 2010, les valeurs sont inférieures à celles recommandées dans les cas du BaP, des poussières sans effets spécifiques (inhalables et alvéolaires) ou de la fraction soluble en dichlorométhane; et il n'existe pas de valeur recommandée dans le cas du pyrène (Cf. Figure 3).

Exposition aux rayonnements UV

Le groupe de travail sur l'exposition aux UV, quant à lui, a publié ses conclusions sous la forme de guides d'information adressés aux opérateurs et aux entreprises, où sont résumées les bonnes pratiques associées à la prévention de ces risques. Le but est d'informer sur la présence du risque associé aux UV pendant l'activité professionnelle et non uniquement pendant les loisirs. L'article « Travaux routiers: attention au risque ultraviolet solaire » page 39, rappelle les différents risques liés aux UV et les moyens de s'en protéger.

La réglementation

En matière de santé au travail, les risques chimiques et notamment l'exposition des travailleurs aux agents chimiques dangereux, sont des sujets majeurs de préoccupation. Ainsi, des mesures de protection des travailleurs sont imposées par le Code du travail [5-7]. Elles visent à systématiser – sous la responsabilité de l'employeur – l'évaluation du risque chimique, en vue de permettre la mise en place de mesures de prévention adaptées à chaque situation de travail et au niveau des risques constatés. Sur les chantiers routiers, les fumées de bitume peuvent présenter un risque pour la santé des salariés. L'employeur doit ainsi mettre en œuvre toutes les actions permettant de réduire l'exposition par des moyens de prévention et de protection adaptés (protection collective et/ou individuelle). Dans ce cadre, l'employeur a notamment l'obligation de contrôler l'exposition des travailleurs aux agents chimiques dangereux. Ce dossier apporte des éléments de méthode pour déterminer l'efficacité des moyens de prévention. Mais, même en



POUR EN SAVOIR +

À relire sur : www.hst.fr

- Captage des poussières de silice sur les chantiers de rabotage routier aux États-Unis. *Hygiène et sécurité du travail*, décembre 2015, n° 241, NT 32, pp. 40-45.
 - Captage des fumées de bitume: vers une évolution des finisseurs. *Hygiène et sécurité du travail*, septembre 2014, n° 236, NT 15, pp. 42-43.
 - Bitume: vers des solutions pour améliorer la protection des salariés. *Hygiène et sécurité du travail*, septembre 2013, n° 232, DC 2, pp. 6-11.
- Articles consultables sur : www.hst.fr

À paraître

Deux documents de prévention de l'INRS (dépliants de sensibilisation) à paraître en 2018 :

- un à destination de l'encadrement des opérateurs sur les chantiers ;
- un à destination des employeurs.

dessous des seuils de mesurage préconisés en hydrocarbures globaux, un niveau « le plus bas techniquement possible » doit être garanti par la vérification régulière des moyens de prévention utilisés.

Des contrôles d'exposition supplémentaires (bio-surveillance, exposition atmosphérique) peuvent être réalisés dans le cas des opérations spécifiques (travaux souterrains, parkings couverts...) et nécessitent une action ou un suivi particulier pour certains agents chimiques. Un changement d'équipement (remplacement de la motorisation diesel par une motorisation moins émissive) peut également s'avérer nécessaire.

Ce dossier présente également les travaux réalisés sur l'évaluation de l'exposition aux substances dangereuses sur les chantiers de mise en œuvre d'enrobés et la prévention du risque chimique: les

campagnes nationales de mesures de l'exposition respiratoire des travailleurs effectuées en 2014 et 2015 à l'aide d'une méthode d'évaluation de l'exposition globale (Cf. Article « Une méthode de prélèvement et d'analyse des fumées de bitume » page 27), ainsi que l'approche ergonomique de caractérisation du contact cutané au bitume (Cf. Article « Vers une méthode d'évaluation de l'exposition cutanée aux substances contenues dans le bitume » page 34). Enfin, outre le risque chimique, le sujet, parfois négligé, de l'exposition des travailleurs sur les chantiers de mise en œuvre d'enrobés aux rayonnements UV solaires est abordé (Cf. Article « Travaux routiers: attention au risque ultraviolet solaire » page 39). ●

1. Marque déposée: matériau breveté par Edgar Purnell Hooley en 1901.
2. Règlement CLP: Classification, labelling and packaging (classification, emballage et étiquetage des produits chimiques). Voir : www.inrs.fr/risques/classification-etiquetage-produits-chimiques/acceder-textes-reglement-clp.html
3. Voir : www.cancer-environnement.fr/314-Bitumes.ce.aspx
4. In: Bitume: vers des solutions pour améliorer la protection des salariés. *Hygiène et sécurité du travail*, 2013, n° 232. À relire sur : www.hst.fr
5. Consultables sur : www.travail-emploi.gouv.fr, rubrique: « Prévention des risques professionnels lors de travaux routiers ».
6. Captage des fumées de bitume: vers une évolution des finisseurs. *Hygiène et sécurité du travail*, 2014, n° 236. À relire sur : www.hst.fr
7. La base de données Colchic, administrée par l'INRS, est le système de collecte des mesures effectuées par les laboratoires interrégionaux de chimie des Carsat et Cramif et ceux de l'INRS depuis 1987. En savoir plus : www.inrs.fr
8. Le Cimarrout (Centre d'information des matériaux routiers) regroupe les données d'exposition sur les chantiers routiers obtenus par la profession.

BIBLIOGRAPHIE

[1] *Évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation professionnelle des produits bitumineux et de leurs additifs*. Maisons-Alfort, Anses, Rapport d'expertise collective, septembre 2013 (consultable sur : www.anses.fr/fr/system/files/CHIM2008sa0410Ra.pdf)

[2] BRANDT H. ET AL. Inhalation Study on Exposure to Bitumen Fumes. Part 2: Analytical Results at Two Exposure Levels. *Annals of Occupational Hygiene*, 2000, Vol. 44, n° 1, pp. 31-41.

[3] BROSSAR R. ET AL. Évaluation de l'exposition aux fumées de bitume lors de travaux routiers. *Archives des maladies professionnelles*, 2003, Vol. 64, n° 3, pp. 157-164.

[4] HAMMOND D.R. ET AL. Best practice engineering control guidelines to control

worker exposure to respirable crystalline silica during asphalt pavement milling. Cincinnati, U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH), 2015, Publication No. 2015-105.

[5] Articles R. 4412-1 à R. 4412-57 du Code du travail relatifs aux règles générales de prévention du risque chimique. Consultables sur : www.legifrance.gouv.fr

[6] Articles R. 4412-59 à R. 4412-93 du Code du travail relatifs aux règles particulières de prévention à prendre contre les risques d'exposition aux agents cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction. Consultables sur : www.legifrance.gouv.fr

[7] Articles R. 4412-149 à R. 4412-160 du Code du travail relatifs aux dispositions

spécifiques à certains agents chimiques. Consultables sur : www.legifrance.gouv.fr

[8] BOULANGÉ L. ET AL. Exposition aux fumées de bitume: campagne nationale 2015. *Revue générale des routes et de l'aménagement*, 2016, n° 939, pp. 61-62.

[9] PERSOONS R. Surveillance biologique de l'exposition aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) lors de l'application d'enrobés bitumineux. *Archives des maladies professionnelles et de l'environnement*, 2016, 77, T5-CO-5, pp. 474-476.

[10] MEAD K. ET AL. Engineering Control Guidelines for Hot Mix Asphalt Pavers. Cincinnati, U.S. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 1997, Publication No. 97-105, Part 1: New Highway-Class Pavers.

UNE MÉTHODE DE PRÉLÈVEMENT ET D'ANALYSE DES FUMÉES DE BITUMES

Comment évaluer l'exposition des travailleurs aux fumées de bitumes lors des travaux routiers? Pour y répondre, l'INRS a mis au point une méthode de mesure permettant de quantifier globalement la matière organique composant ces fumées et l'a utilisée lors d'une campagne de mesures d'exposition dans des chantiers. Elles ont permis d'élaborer des indicateurs permettant de savoir si les actions de prévention mises en place sont suffisamment efficaces.

COSMIN PATRASCU, NICOLAS BERTRAND
INRS,
département Expertise et conseil technique

BENJAMIN SUTTER, FRÉDÉRIC CLERC
INRS,
département Métrologie des polluants

L'INRS a été sollicité par les organisations professionnelles dès 2010, afin de réaliser un état des lieux des connaissances sur les sujets relatifs à la prévention des risques liés aux chantiers routiers, incluant les méthodes d'évaluation de l'exposition individuelle aux fumées de bitume. Un groupe de travail dédié à la métrologie de l'exposition a donc été constitué, dans le but de préconiser une méthode de prélèvement et d'analyse des fumées de bitume, afin d'évaluer l'exposition des salariés à ces fumées lors des travaux routiers. Dans le domaine de l'évaluation de l'exposition, l'étude de la littérature scientifique montre qu'il n'existe pas de consensus sur une méthode à appliquer pour prélever et analyser les fumées de bitume. Par ailleurs, les avis divergent également quant aux substances ou mélanges de substances d'intérêt à prendre en compte pour évaluer de façon fiable l'exposition des salariés. Alors que le Benzo[a]Pyrène (BaP) n'apparaît plus,

aujourd'hui, comme un traceur pertinent de l'exposition globale des salariés aux fumées de bitume (Cf. Encadré 1 page 24) [1], l'un des objectifs a donc été de développer une méthode de quantification globale de la matière organique composant les fumées, selon les exigences de performances de la base de données MétroPol, de la recommandation de l'Anses et des normes en vigueur [2-4]. Cette logique permet d'évaluer l'exposition globale sans pour autant la lier à un effet sanitaire. Pour ce faire, l'INRS a mis au point en laboratoire une méthode globale appelée MétroPol M-2 [5] (Cf. Focus pp. 32-33), qui consiste à prélever les vapeurs et particules à l'aide d'un dispositif composé d'une cassette en polystyrène, d'un filtre en PTFE (polytétrafluoroéthylène), d'une grille métallique, d'un tube de résine XAD-2, d'un porte-tube et d'un coude de liaison entre la cassette et le tube (Cf. Figure 1). Tous ces composants sont disponibles commercialement. La méthode analytique consiste en une extraction



↑ FIGURE 1 Vue éclatée et complète du dispositif de prélèvement préconisé par la méthode MétroPol M-2 [5].

© Serge Morillon/INRS

ENCADRÉ

RECYCLAGE DES MATÉRIAUX BITUMEUX

Dans le cadre du Grenelle de l'Environnement, une convention d'engagement volontaire (CEV) pour les infrastructures routières a été signée le 25 mars 2009 par les pouvoirs publics et la profession. Par cette convention, les entreprises de construction routière se sont engagées à préserver les ressources non renouvelables, notamment par l'augmentation du taux de récupération des matériaux bitumineux issus de la déconstruction routière (de 20 % en 2009 à 60 % en 2012). En 2016, le taux moyen d'incorporation des matériaux issus de la déconstruction routière dépasse 18%*. La loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte impose,

dans son article 79, des taux de matériaux recyclés pour la construction ou la rénovation des différentes couches constituant la structure de la chaussée. Les campagnes de mesures d'exposition menées en 2014 et 2015 ont montré que les enrobés routiers utilisés pouvaient contenir différents taux de matériaux recyclés, pouvant aller de 0 à 30 % selon la profession. L'interprétation des données d'exposition a montré qu'il n'y avait aucune influence statistiquement significative du niveau d'incorporation de matériel recyclé sur le niveau d'exposition. La profession a mis en place le programme Mure (Multi-recyclage des enrobés et enrobés tièdes). Il permet de tester sur chantier

des formulations d'enrobés à 0 %, 40 % et 70 % de taux de recyclage, fabriquées soit en enrobés classiques à chaud, soit en enrobés tièdes selon deux techniques, la mousse et l'« additivation ». Ces chantiers tests permettent d'évaluer les qualités techniques, environnementales et sanitaires de ces enrobés. Il est notamment prévu de faire des mesures d'exposition sur les chantiers à 70 % de recyclés pour compléter les valeurs observées ci-dessus. *Un article sur le recyclage des enrobés routiers et l'incorporation des matériaux recyclés dans la construction des nouvelles routes sera publié dans un prochain numéro.*

* Voir le bilan environnemental annuel, édité par l'Usirf et disponible sur : www.usirf.com

de la matière organique collectée sur les supports par du *n*-heptane, puis une analyse en GC-FID (Cf. Focus pp. 32-33). Cette technique analytique est par ailleurs largement utilisée dans les laboratoires d'analyse.

La campagne de mesures

La méthode Métropol M-2 représente l'outil le plus abouti à ce jour pour évaluer l'exposition globale des travailleurs sur les chantiers de revêtement routier. La Direction générale du travail, l'INRS, les Carsat/Cramif, l'Union des syndicats de l'industrie routière française (Usirf) et l'OPPBTP ont décidé, en 2014, de mener une campagne de mesures commune en utilisant cette méthode, afin de :

- réaliser une évaluation représentative de l'exposition professionnelle aux fumées de bitume en France (en utilisant la méthode développée par l'INRS) sur les chantiers de type mécanisés. La représentativité des mesures a été conditionnée, d'une part, par le choix d'un échantillon de chantiers établi sur la connaissance de la filière et, d'autre part, par la mise en place d'une stratégie de prélèvement rigoureuse;
- évaluer l'efficacité des solutions de prévention existantes, afin de déterminer les bonnes pratiques et de proposer des recommandations;
- définir des groupes d'exposition homogènes (groupe de travailleurs qui présentent un profil d'exposition similaire car les tâches réalisées, leur fréquence, les procédés, les matériaux et les organisations du travail sont similaires - selon la

définition de la norme CEN 689 [6]), en fonction de l'activité sur le chantier.

Protocole et stratégie de prélèvement

Les mesures d'exposition ont été réalisées uniquement par prélèvement individuel. Afin de garantir la représentativité du prélèvement, des prélèvements de longue durée (de 4 à 6 heures) ont été effectués. Une mesure atmosphérique de pollution environnementale a été réalisée sur chaque chantier.

Les mesures ont été effectuées sur un minimum de trois opérateurs: le conducteur de finisseur, le réglleur de finisseur et l'opérateur au râteau.

Les conducteurs de compacteurs représentent une quatrième population. Dans le cas des chantiers non mécanisés, le conducteur et le réglleur sont remplacés par d'autres opérateurs proches des fumées de bitume (opérateur au râteau). Pour les opérateurs fumeurs, la pompe a été arrêtée pendant la pause cigarette. Pendant les temps d'attente, les pompes ont été maintenues en fonctionnement et le temps a été noté.

Des chantiers de natures différentes ont été proposés à la fois par la profession et par les Carsat/Cramif de différentes régions, afin d'obtenir un échantillon représentatif de l'activité. Quatre paramètres prioritaires ont été retenus initialement pour l'exploitation des données:

- chantier mécanisé ou manuel: dans les chantiers mécanisés, la pose de l'enrobé est effectuée à l'aide d'un finisseur. Les opérations sont réalisées, la plupart du temps, en continu. C'est le cas des

travaux sur autoroutes, routes nationales ou départementales. Les chantiers dont la pose d'enrobé est effectuée de manière non mécanisée, sont considérés comme des chantiers manuels (dans cette catégorie, sont inclus les chantiers équipés d'un mini-finiisseur);

- enrobé tiède ou chaud: on considère qu'un enrobé est tiède si sa température de mise en œuvre est inférieure de 25°C à la température standard d'application d'un enrobé « chaud » (par exemple: pour un grade 35-50, environ 135°C au lieu de 160°C);
- chantier semi-fermé ou ouvert: le chantier est considéré comme semi-fermé s'il a lieu en espace confiné. C'est le cas des travaux dans les tunnels ou dans les parkings souterrains;
- finisseur avec ou sans captage: pour les chantiers mécanisés, il existe des dispositifs de captage des fumées qui peuvent être intégrés aux finisseurs.

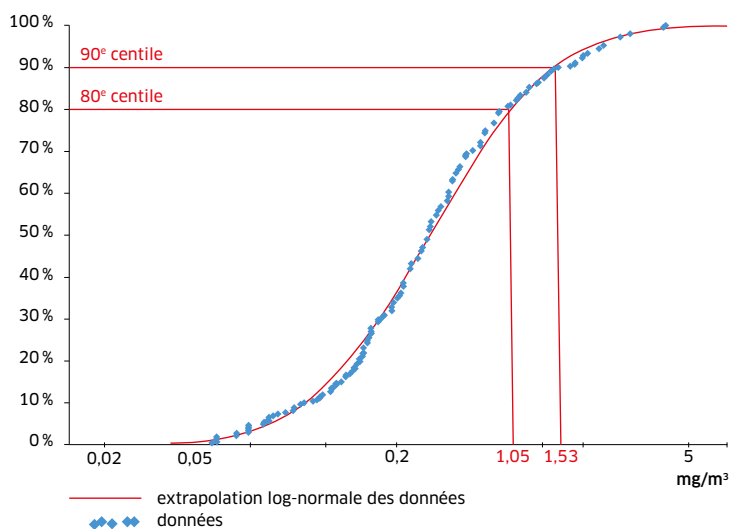
L'influence sur l'exposition par inhalation de l'emploi d'enrobés contenant des matériaux routiers recyclés a été étudié en parallèle (Cf. Encadré). Un prochain article à paraître sera consacré à ce sujet.

Résultats de prélèvements et de mesures

Au total, 45 chantiers ont fait l'objet de mesures, ce qui représente 259 mesures d'exposition individuelle. Ces 259 mesures constituent un échantillon représentatif. L'utilisation de la distribution log-normale permet de réaliser les calculs - et en particulier les calculs de centiles - sur la population générale. Ainsi, sous hypothèse log-normale, le 80^e centile de la distribution se situe à 1,05 mg/m³, le 90^e à 1,53 mg/m³. Ceci signifie que 80% des mesures qui pourraient être recueillies sur d'autres chantiers de même nature se situeraient en dessous de la valeur de 1,05 mg/m³ et 90%, en dessous de 1,53 mg/m³ (Cf. Figure 2 et Tableau 1).

L'hypothèse initiale était d'étudier quatre métiers: le conducteur de finisseur, le régleur de finisseur, l'opérateur au râteau et le conducteur de compacteur. Les résultats du tableau 2 montrent que le conducteur de finisseur est le salarié le plus exposé et que le conducteur de compacteur est le moins exposé. Le régleur de finisseur et l'opérateur au râteau présentent des valeurs intermédiaires. Une analyse de variance (ANOVA)¹ démontre qu'il n'existe pas de différence significative entre les deux populations de mesures associées à ces métiers (valeur p = 0,71). Le tableau 2 présente les indicateurs statistiques de ces différents métiers, incluant la combinaison régleur de finisseur et opérateur au râteau.

Afin d'examiner l'effet de la présence d'un système de captage et de la température des enrobés manipulés sur l'exposition aux fumées de bitume, l'exposition par chantier sous hypothèse log-normale a été évaluée. Pour chaque chantier, la moyenne géométrique et l'écart type géométrique ont été calculés. Les moyennes arithmétiques en fonction du



↑ FIGURE 2 Répartition de la distribution des mesures d'expositions sur 45 chantiers.

N = 259
Médiane = 0,5 mg/m ³
Moyenne arithmétique = 0,74 mg/m ³
Moyenne géométrique = 0,51 mg/m ³
Écart type géométrique = 2,37
Minimum = 0,06 mg/m ³
Maximum = 4,19 mg/m ³
90 ^e centile de la distribution = 1,53 mg/m ³
80 ^e centile de la distribution = 1,05 mg/m ³

← TABLEAU 1 Indicateurs statistiques relatifs à l'ensemble des données de la Figure 2.

captage et de la température sont présentées respectivement dans les tableaux 3 et 4.

Sur les chantiers dont l'ensemble des finisseurs sont équipés de captage, une diminution de plus de 35% est observée par rapport aux chantiers dont les finisseurs ne sont pas équipés. Les chantiers qui utilisent à la fois des finisseurs avec et sans captage présentent une diminution de 23% de l'exposition. De plus, la variabilité des mesures est plus faible en présence de captage qu'en son absence (respectivement: 1,42 et 2,25). Le nombre restreint de chantiers « intermédiaires » utilisant sur le même chantier des finisseurs avec et sans captage, peut expliquer la valeur de l'écart type la plus faible de 1,21.

Cependant, ces différences de 35% et 23% entre les deux types de chantiers ne sont pas statistiquement significatives après le traitement des données par la méthode de l'ANOVA multiple (valeur p = 0,40). En effet, les écarts-type des ensembles de données se chevauchent: en l'absence d'une quantité de données plus importante, il n'est pas possible de conclure sur des aspects purement statistiques.

Concernant l'effet de la température des enrobés, une diminution moyenne de plus de 25% des expositions est observée sur les chantiers qui mettent en œuvre exclusivement des enrobés tièdes et de 17% sur les chantiers intermédiaires utilisant en



MÉTIER	NOMBRE DE MESURES	MOYENNE ARITHMÉTIQUE (MIN - MAX) [mg/m ³]	ÉCART TYPE
Conducteur de finisseur	61	1,04 (0,09 - 4,12)	0,87
Régleur de finisseur	109	0,68 (0,07 - 4,19)	0,62
Opérateur au râteau	57	0,65 (0,06 - 4)	0,73
Régleur de finisseur et opérateur au râteau confondus	166	0,67 (0,06 - 4,19)	0,66
Conducteur de compacteur	26	0,40 (0,08 - 2,4)	0,55
Autres	6	0,63 (0,1 - 2,72)	1,03

↑TABLEAU 2 Indicateurs statistiques des résultats de mesures (concentrations) de l'exposition individuelle, par type de métier.

	NOMBRE (N) DE CHANTIERS	MOYENNE ARITHMÉTIQUE (MIN - MAX) [mg/m ³]	ÉCART TYPE GÉOMÉTRIQUE	COMPARAISON PAR RAPPORT À : ABSENCE DE CAPTAGE
Présence de captage	14	0,51 (0,18 - 1,54)	1,42	-35%
Situation intermédiaire : certaines machines sont équipées de captage, d'autres non	7	0,61 (0,42 - 0,91)	1,21	-23%
Absence de captage	22	0,79 (0,11 - 3,17)	2,21	N/A

↑TABLEAU 3 Indicateurs statistiques des résultats de mesures (concentrations) de l'exposition individuelle, selon le captage.

	NOMBRE (N) DE CHANTIERS	MOYENNE (MIN - MAX) [mg - m ³]	ÉCART TYPE GÉOMÉTRIQUE	COMPARAISON PAR RAPPORT À : UTILISATION DE BITUME CHAUD
Utilisation de l'enrobé tiède	10	0,54 (0,27 - 1,54)	1,46	-25%
Situation intermédiaire avec utilisation des enrobés tièdes et chauds	2	0,60 (0,41 - 0,79)	1,32	-17%
Utilisation de l'enrobé chaud	31	0,73 (0,11 - 3,17)	1,98	N/A

↑TABLEAU 4 Indicateurs statistiques des résultats de mesures (concentrations) de l'exposition individuelle, selon la température de l'enrobé.

	N	MOYENNE (MIN - MAX) [mg/m ³]	ÉCART TYPE GÉOMÉTRIQUE	ÉCART MOYEN EN% PAR RAPPORT À : ABSENCE DE CAPTAGE
Enrobé chaud, avec captage	8	0,43 (0,18 - 0,73)	1,23	-54%
Enrobé chaud, sans captage	16	0,93 (0,11 - 3,17)	2,45	N/A

↑TABLEAU 5 Indicateurs statistiques des résultats de mesures (concentrations) selon le captage, sur les chantiers mettant en œuvre exclusivement des enrobés chauds.

partie des enrobés tièdes (Cf. Tableau 4). Cependant, comme pour les captages, on observe que cette différence n'est pas statistiquement significative après le traitement des données par la méthode de l'ANOVA multiple¹ (valeur p = 0,39). La même explication que précédemment s'applique pour ce cas. Lorsque le bitume est utilisé à chaud, les concentrations mesurées en présence de captage sont inférieures à celles mesurées en l'absence de captage: -54% en moyenne (Cf. Tableau 5). De la même manière, la variabilité des mesures est plus faible et

la différence n'est pas statistiquement significative (valeur p = 0,12). Les paramètres chantiers manuel/mécanisé et espace confiné n'ont pu être étudiés, car le nombre de données les concernant n'étaient pas suffisant pour être statistiquement représentatif.

Grille d'interprétation des données

Afin d'interpréter les résultats de mesures qui ont été réalisées sur le terrain dans le cadre de la prévention des expositions liées aux fumées de bitume, il s'est avéré nécessaire d'établir une grille

d'interprétation des données, afin de faciliter la promotion des solutions de prévention, comme la mise en place de captage des fumées sur finisseur et l'utilisation d'enrobé tiède. Cette grille est utilisable pour interpréter des campagnes de mesures. Dans le cas des chantiers uniques, l'emploi de cette grille pour l'interprétation des résultats peut être envisagé, si une stratégie de prélèvement a été mise en place selon les normes en vigueur [6-7].

Par ailleurs, il n'est pas possible d'associer directement des effets sanitaires à la valeur obtenue par la méthode développée (Metropol M-2).

Cette méthode mesure l'exposition à tous les hydrocarbures (chaînes de carbones C₉ - C₃₆) présents dans l'atmosphère, sans spéciation des différents agents chimiques.

Sur la base du consensus établi entre les différents partenaires (CNAMTS, INRS, DGT, USIRF, OPPBTP), trois types de situations sont proposées, établies sur deux indicateurs d'efficacité des moyens de prévention que sont les 80^e et 90^e centiles de la distribution des expositions mesurées dans la campagne (Cf. Figure 3). Cette interprétation des résultats encourage la mise en place effective d'actions de prévention :

- au-dessus du 90^e centile (1,6 mg/m³), l'efficacité des moyens de prévention mis en place est insuffisante;
- entre le 90^e et le 80^e centile (1 - 1,6 mg/m³), l'efficacité des moyens de prévention mis en place est à améliorer;
- en dessous du 80^e centile (1 mg/m³), l'émission est considérée comme maîtrisée. Cette valeur de référence non réglementaire permet d'apprécier l'efficacité des équipements de protection collective mis en place.

Conclusions

La méthode Métropol M-2 permet de réaliser une évaluation globale de l'exposition aux fumées de bitume. Cette méthode a été développée selon les normes en vigueur [1-3] et validée sur la majorité des bitumes utilisés en France (au laboratoire et sur

EXPOSITION INDIVIDUELLE	INDICATEURS D'EFFICACITÉ
< 1 mg/m ³	Émission maîtrisée
Entre 1 et 1,6 mg/m ³	Efficacité des moyens de prévention à améliorer
> 1,6 mg/m ³	Efficacité des moyens de prévention insuffisante

le terrain); elle n'emploie pas de produits étiquetés CMR (cancérogènes, mutagènes, reprotoxiques) et emploie du matériel disponible commercialement. Deux campagnes nationales ont été réalisées en 2014 et 2015 (45 chantiers, pour 259 mesures). Elles ont permis d'obtenir les résultats suivants :

- les préventeurs de terrain disposent d'une méthode de prélèvement fiable leur permettant d'évaluer les concentrations de fumées de bitume;
- il existe trois groupes de travailleurs exposés: le chauffeur de finisseur, les opérateurs et le chauffeur de compacteur;
- l'intégration de captage sur les finisseurs permettrait une réduction des expositions par inhalation de l'ordre de 35% à 54%. Ceci reste à confirmer statistiquement, lorsque l'INRS et ses partenaires complèteront leur base de données d'exposition;
- l'emploi d'enrobés tièdes sur les chantiers permettrait une réduction des expositions par inhalation d'environ 25%. Ceci reste à confirmer statistiquement, lorsque l'INRS et ses partenaires complèteront leur base de données d'exposition.

Une grille d'interprétation des valeurs obtenues avec la méthode M-2 est validée par tous les partenaires. Ainsi, le progrès technique est encouragé, ce qui devrait contribuer, à terme, à la diminution de l'exposition des salariés à l'ensemble des composés (C₉ - C₃₆) contenus dans les bitumes. ●

1. L'ANOVA (abréviation de l'anglais ANALYSIS OF VARIANCE) ou en français « analyse de la variance » est une méthode statistique qui vise à déterminer si deux échantillons de données sont issus d'une même population ou non. Les échantillons sont caractérisés par des différences sur une variable catégorielle.

↑ FIGURE 3
Les indicateurs d'efficacité des moyens de prévention.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation professionnelle des produits bitumeux et de leurs additifs. Maisons-Alfort, Anses, 2013. Consultable sur: www.anses.fr/fr/system/files/CHIM2008sa0410Ra.pdf

[2] Norme NF EN 1076 - Exposition sur les lieux de travail - Procédures pour le mesurage des gaz et vapeurs à l'aide de dispositifs de prélèvement par

pompage - Exigences et méthodes d'essai. La Plaine-Saint-Denis, Afnor, 2010.

[3] Norme NF EN 482 - Exposition sur les lieux de travail - Exigences générales concernant les performances des procédures de mesure des agents chimiques. La Plaine-Saint-Denis, Afnor, 2012.

[4] Norme NF EN 13936 - Exposition sur les lieux de travail -

Mesurage de l'agent chimique sous forme de mélange de particules aériennes et de vapeur - Exigences et méthodes d'essai. La Plaine-Saint-Denis, Afnor, 2014.

[5] Méthode Métropol M-2 - Fumées de bitume. INRS. Consultable sur: www.inrs.fr

[6] Norme NF EN 689 - Atmosphères des lieux de travail - Conseils pour l'évaluation de l'exposition aux agents chimiques

aux fins de comparaison avec des valeurs limites et stratégie de mesurage. La Plaine-Saint-Denis, Afnor, 1995.

[7] Guide méthodologique Métropol - Stratégie de prélèvement. INRS, 2015. Accessible sur: www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-strategie-principe/metropol-strategie-principe.pdf

FOCUS SUR... La méthode Métropol M-2

Pour développer la méthode Métropol M-2, une installation de génération de fumées de bitume en laboratoire a été conçue et validée¹ (Cf. Figure A: vue éclatée et complète du dispositif de prélèvement). Cette installation a été alimentée par des échantillons de bitume représentatifs de la consommation actuelle en France et mis à disposition par le Groupe professionnel des bitumes (GPB) et Eurobitume.

Les fumées de bitume sont composées en partie de substances dites « semi-volatiles », qui ont la propriété de pouvoir se répartir entre une phase particulaire et une phase vapeur. En fonction de la composition chimique des fumées, la répartition de la masse entre les phases particulaire/vapeur peut aller de 10/90% à 90/10%. Ainsi, il est nécessaire de prélever et collecter les deux phases simultanément.

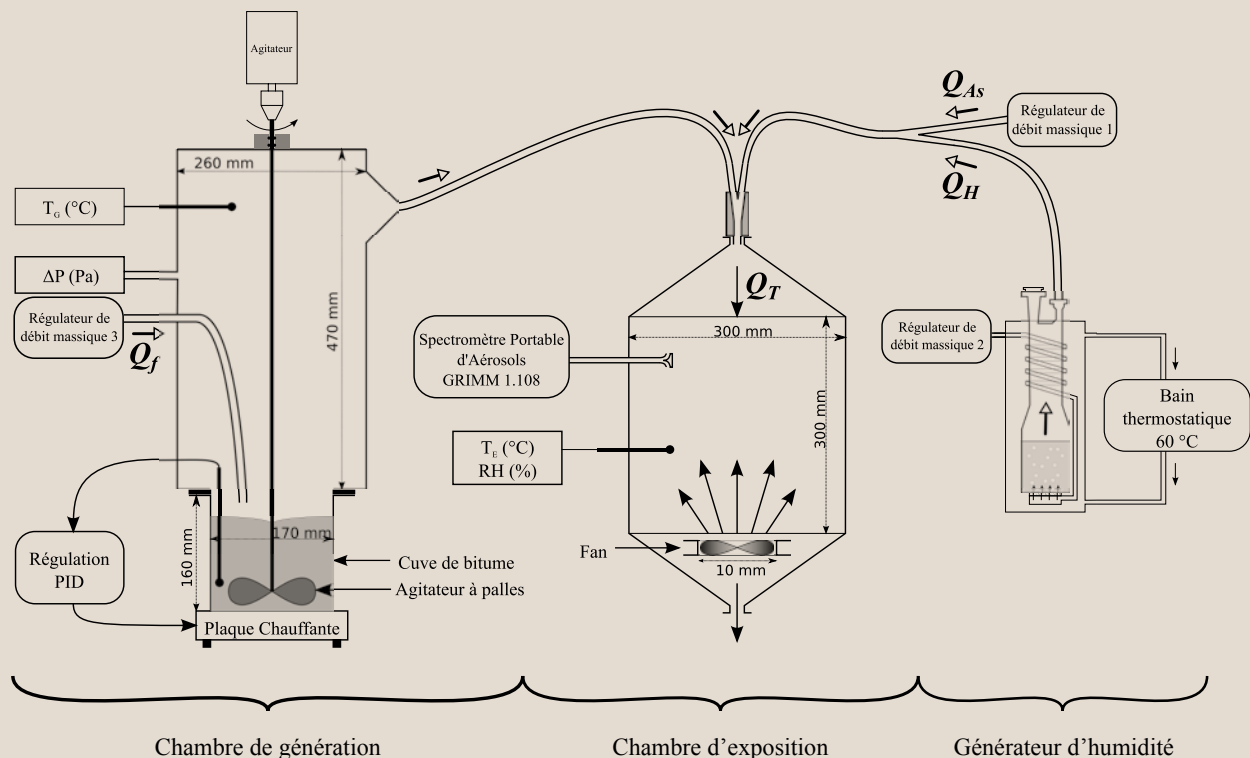
Le prélèvement de l'aérosol généré dans la chambre d'exposition (Cf. Figure A) est assuré par une cassette fermée de 37 mm possédant un orifice de 4 mm.

Ce type de cassette assure le prélèvement de la fraction inhalable de l'aérosol (pour des particules < 10 µm). Il a été démontré que les cassettes en polystyrène permettaient de maximiser la collecte de matière sur le filtre par rapport aux cassettes en polypropylène et minimiser le dépôt de matière sur les parois des cassettes. Un filtre en PTFE a été sélectionné parmi des filtres

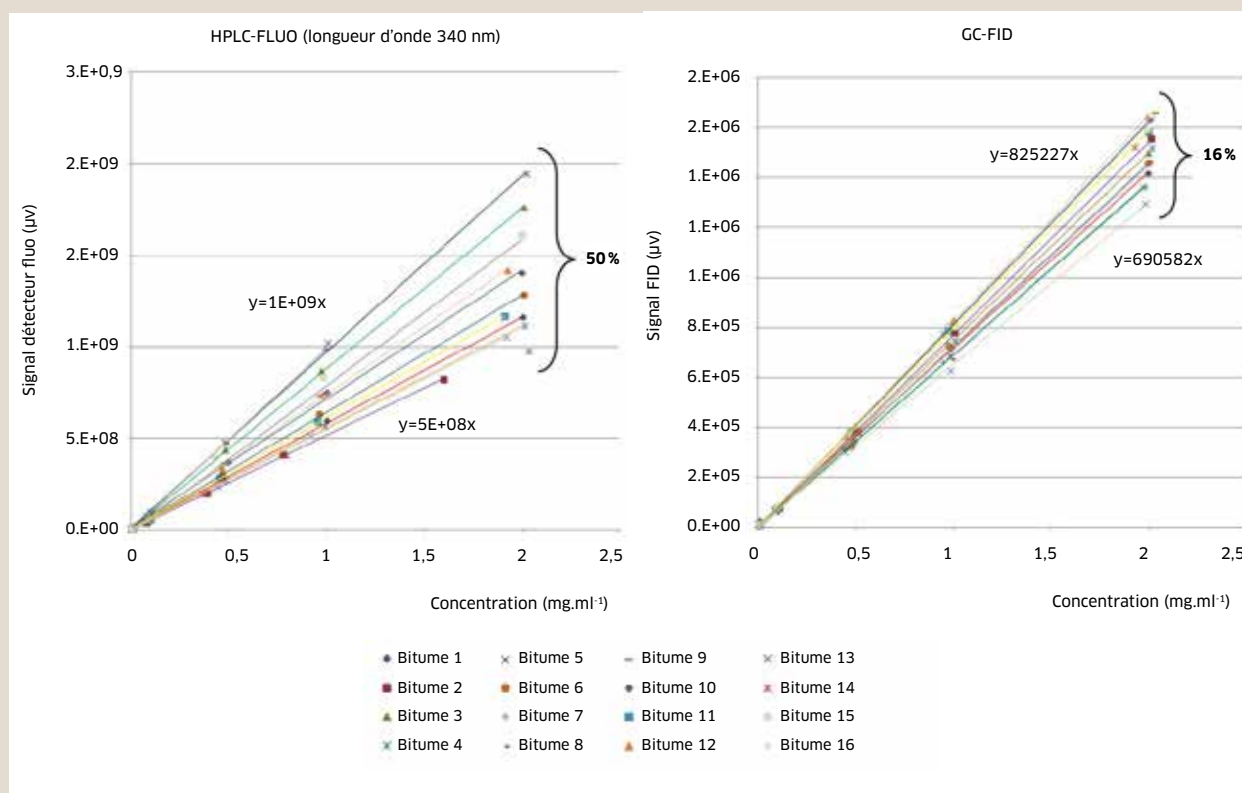
en fibres de quartz, de verre et de cellulose. Seuls, les filtres en PTFE n'introduisent pas d'interférent pouvant perturber l'analyse. La présence d'une grille métallique sur laquelle repose le filtre PTFE est essentielle pour diminuer la perte de charge induite par le filtre lors du passage de l'air (débit de prélèvement: 1 l/min).

Un consensus existe dans la littérature sur l'utilisation de la résine adsorbante amberlite XAD-2. La réalisation des tests requis pour la mise au point de cette méthode a permis de démontrer une excellente performance de cette résine pour capter les vapeurs à l'aval du filtre tout en permettant une désorption efficace par le solvant d'extraction.

Le benzène fût le solvant historiquement utilisé pour extraire la matière organique de la fraction particulaire des fumées de bitume collectée sur un filtre (NIOSH 5042²). Cependant, sa classification CMR a été un frein pour préconiser son utilisation dans une nouvelle méthode Métropol. Ainsi, une démarche de substitution a été entreprise en réalisant une comparaison systématique des capacités d'extraction du benzène avec onze solvants préalablement identifiés. Parmi ces solvants, seul le *n*-heptane permet d'obtenir les mêmes performances d'extraction sur filtre et XAD-2 par rapport au benzène, en termes de quantité extraite et de qualité³.



↑ FIGURE A Installation de génération de fumées en laboratoire permettant la réalisation de 12 prélèvements simultanés.



↑FIGURE B Courbes d'étalonnage de 16 condensats de fumées différents pour les techniques analytiques par HPLC-FLUO et GC-FID.

Méthode analytique

Classiquement, lors d'une mise au point de méthode, un agent chimique est clairement identifié et la mise en œuvre des essais préconisés par les guides de mise au point sont réalisables. Or, la composition chimique des fumées est particulièrement complexe, avec un nombre de molécules différentes estimé entre 500 et 1000. Quatre classes de composés (saturés, aromatiques, résine et asphaltènes) composent le bitume. Seuls les composés des trois premières classes sont susceptibles d'être émis pour former les fumées lorsque le bitume est chauffé.

L'analyse bibliographique montre une grande variété de techniques analytiques utilisées pour l'analyse des bitumes ou de leurs émissions avec, pour chacune, des avantages et des inconvénients en fonction de la grandeur que l'on veut mesurer. Cependant, l'INRS se donne pour priorité d'utiliser des techniques conventionnelles déjà présentes dans les laboratoires interrégionaux de chimie des Carsat/Cramif et les laboratoires privés. Ainsi, les techniques suivantes ont été testées en termes de linéarité, sensibilité et constance des réponses en fonction des bitumes utilisés :

- la chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à ionisation de flamme (GC-FID) : quantification d'une enveloppe globale formée par des centaines de composés non résolus (non séparés). Le détecteur FID a l'avantage de fournir une réponse linéaire sur

une grande plage de concentration et de détecter tous types de composés organiques ;

- la chromatographie liquide haute performance couplée à un détecteur à fluorescence (HPLC-FLUO), associée à une colonne d'exclusion stérique : grande sensibilité de ces détecteurs pour les composés contenant des noyaux aromatiques. Cette technique est donc « semi-spécifique », car elle ne détecte pas la part de composés organiques non aromatiques, non négligeable par ailleurs. D'autres techniques analytiques ont fait l'objet d'investigations mais elles se sont révélées soit pas assez sensibles, soit non linéaires en fonction de la concentration. La technique analytique par chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à ionisation de flamme (également appelée GC-FID) permet d'obtenir la plus faible dispersion des courbes d'étalonnage pour les différents bitumes utilisés (Cf. Figure B). Ainsi, cette technique a été sélectionnée pour réaliser les essais inhérents à la mise au point de la méthode Métropol. ●

1. SUTTER B. et al. Performances of a bitumen fume and condensate generation system for sampling method development. *Journal of Environmental Protection*, 2016, No. 07, pp. 973-984.

2. NIOSH - Benzene-soluble fraction and total particulate (asphalt fume) - 5042. *Cincinnati, NIOSH Manual of Analytical Methods, Fourth Edition*, 1998, pp. 1-7.

3. SUTTER B. et al. Alternatives for benzene in the extraction of bitumen fume from exposure sample media. *Annals of Occupational Hygiene*, 2015.

VERS UNE MÉTHODE D'ÉVALUATION DE L'EXPOSITION CUTANÉE AUX SUBSTANCES CONTENUES DANS LE BITUME

Les travailleurs mettant en œuvre les enrobés sur des chantiers de revêtements routiers sont exposés aux substances présentes dans le bitume, non seulement par inhalation, mais aussi par contact cutané. Un groupe de travail piloté par l'INRS a cherché à mieux comprendre les situations pouvant exposer les salariés par voie cutanée et leur perception du risque. Cette démarche participative a permis de proposer des mesures de prévention concrètes et ouvre la voie à l'élaboration d'une stratégie d'évaluation de l'exposition cutanée.

ALAIN GARRIGOU
professeur
d'ergonomie,
Université
de Bordeaux

**NATHALIE JUDON,
FLORENCE HELLA**
INRS,
département
Homme
au travail

WILLIAMS ESTÈVE
INRS,
département
Métrologie
des polluants

Début 2011, différents organismes ont mis leurs ressources en commun, afin d'améliorer la prévention du risque chimique dans les travaux routiers. Le comité de pilotage national mis en place par plusieurs organismes professionnels et institutionnels (Cf. Article page 22) a décidé de constituer des groupes de travail pour travailler à la mise en place de solutions de prévention. Entre autres, l'INRS pilotait un sous-groupe, dont les travaux portaient sur l'évaluation de l'exposition par voie cutanée.

En l'absence de données épidémiologiques et de méthode partagée d'évaluation de l'exposition cutanée à ces substances, ce groupe a souhaité mieux appréhender les situations au cours desquelles les salariés sont exposés à des substances chimiques par contact cutané. La réalisation d'une étude portant sur l'activité d'opérateurs chargés de la mise en œuvre d'enrobés a donc été engagée. Cette étude ergonomique a été menée sur plusieurs chantiers de pose de revêtement routier, avec l'objectif de développer de nouveaux leviers d'action pour la prévention.

Elle a été conduite en favorisant la participation des différents acteurs de l'entreprise et en s'appuyant sur une démarche originale en ergonomie, qui prend en compte les différentes dimensions de l'activité de travail [1]. Il s'agissait de permettre aux différents acteurs de s'investir et de mobiliser leurs ressources, afin d'évaluer l'exposition globale, sans pour autant la lier à un effet sanitaire.

Analyser l'activité réelle sur les chantiers

Cette étude ergonomique comportait plusieurs étapes dont les objectifs étaient complémentaires:

- repérer et identifier des situations de travail susceptibles de provoquer une exposition cutanée des opérateurs de revêtement routier aux substances présentes dans le bitume. Il s'agissait, en collaboration avec des experts chimistes [2], de réaliser des prélèvements sur chantier, dans le but d'identifier les niveaux de contamination des surfaces de contact et d'exposition cutanée des opérateurs. Un recueil de données physiologiques (cardiofréquence-métrie) a été mené en parallèle de ces prélèvements;
- s'engager dans la recherche de nouvelles solutions de prévention pragmatiques, grâce à la compréhension de la réalité du travail des opérateurs sur le terrain, effectuée dans le cadre d'une démarche participative. Cette démarche visait à rassembler des professionnels d'entreprises de construction routière (encadrement de proximité, préventeurs, chef d'agence, décideurs) qui étaient porteurs de savoirs, d'objectifs et de pouvoirs différents;
- accompagner la construction de ces préconisations originales, issues du dialogue collectif qui, *via* des outils partagés, pourront être utilisées rapidement en prévention.

Un dispositif méthodologique en trois étapes

Première étape: observations, mesures et prélèvements

La première étape de la démarche ergonomique a consisté en des observations vidéo de l'activité de travailleurs sur plusieurs chantiers, couplées à des mesures physiologiques et à des prélèvements chimiques.

→ Des niveaux d'exposition différents selon les postes de travail et les phases d'activité

	MANŒUVRE		RÉGLEUR DE VIS		RÉGLEUR D'ENROBÉ	
	SCORE SURFACE	SCORE FRÉQUENCE	SCORE SURFACE	SCORE FRÉQUENCE	SCORE SURFACE	SCORE FRÉQUENCE
Vêtements						
Finisseur					2	1
Cigarette					2	2
Pulvérisateur (anti-colle)						
Outils: pelles raclettes, truelles, balais...	2	10	1	1	2	2
Nourriture	1	1				
Cordelette	2	1	1	1		
Tissu de protection (pour égoûts)	2	1				
Éléments de signalisation (cônes..)	2	1			1	1
Bidon et arrosoir (anti-colle)	2	1				
Panneaux de commande					2	5

Indicateur de surface exposée (1 à 10): 1 correspond à une main et 10 aux membres supérieurs et au torse, et/ou le bassin et/ou les jambes; indicateur de fréquence d'exposition (1 à 10): 1 correspond à une fréquence occasionnelle < 30 min/jour, 10 à une fréquence permanente > 6 h/jour.

↑TABLEAU 1 Indicateurs de surface exposée et de fréquence d'exposition selon les postes de travail.

Les résultats issus d'une analyse d'activité préliminaire (Cf. Tableau 1) avaient montré que les principales situations d'exposition cutanée au bitume résultaient d'un contact entre la main non gantée et différents outils de travail souillés (pelle, raclette, truelle, balai, panneau de commande).

Ces données ont permis de préciser les zones du corps et les outils sur lesquels des prélèvements surfaciques pouvaient être réalisés. Ces prélèvements ont donc été effectués sur les gants de coton des deux mains (Cf. Figure 1) portés par les six opérateurs observés sur une journée de travail, ainsi que sur les principaux outils de travail par essuyage au moyen de lingettes imbibées de tétrahydrofurane ou THF (Cf. Figure 2).

Les masses de dépôt recueillies (en mg) montrent que ce niveau d'exposition dépend des phases d'activité et du poste occupé sur ces chantiers (Cf. Figure 3) et qu'elles se différencient selon les outils (Cf. Figure 4).

Les niveaux de pollution des gants sont globalement élevés chez le manœuvre, qui étale manuellement le bitume à l'aide d'une pelle ou d'une raclette. Les niveaux importants de pollution sur les mains du régleur de finisseur sont relevés essentiellement pendant les phases d'attente de livraison du bitume (réglages sur le panneau de commande du finisseur, aide aux collègues pour répandre l'enrobé).

Les dépôts de bitume sont plus élevés sur la raclette qui est un outil à main utilisé pour assurer les finitions.

→ Des « coûts cardiaques » variables selon les postes de travail et les phases d'activité
La fréquence cardiaque de trois opérateurs dans deux entreprises observées a été mesurée en



←FIGURE 1 Gants de coton recueillis auprès de deux opérateurs, après utilisation.



←FIGURE 2 Essuyage d'un manche de pelle en fin de journée de travail.



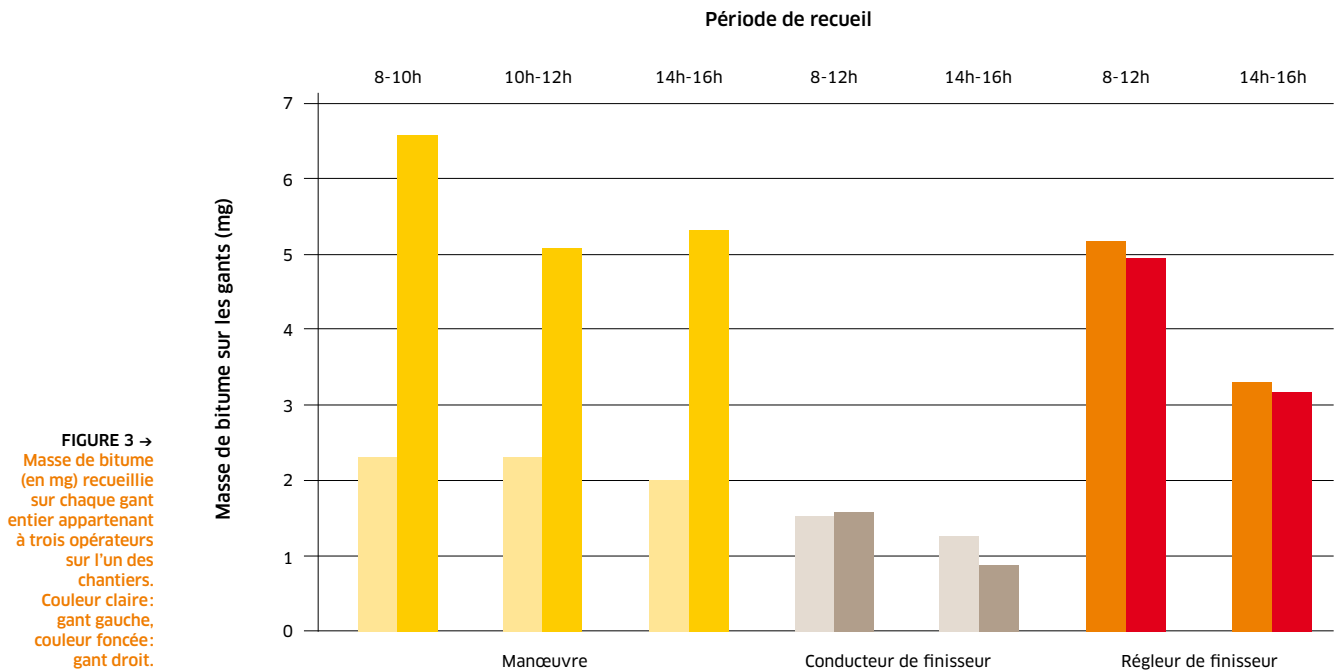
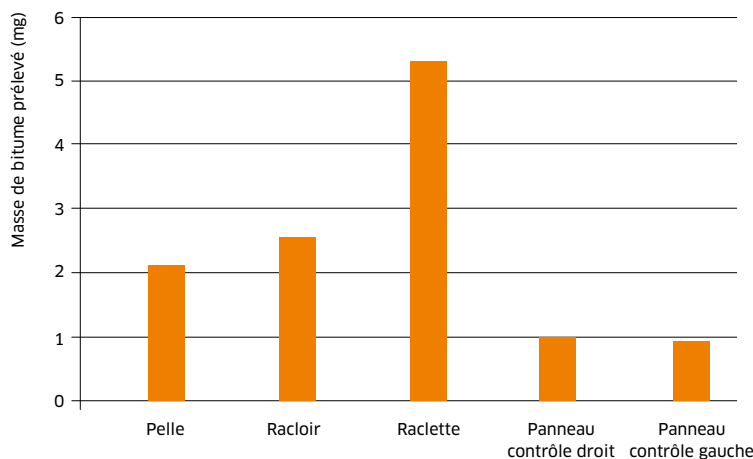


FIGURE 3 → Masse de bitume (en mg) recueillie sur chaque gant entier appartenant à trois opérateurs sur l'un des chantiers. Couleur claire: gant gauche, couleur foncée: gant droit.

continu sur la totalité d'une journée de travail (8 heures) au moyen d'un cardiofréquencemètre (ceinture thoracique CFM Polar NV®). En référence à la grille d'évaluation de l'astreinte cardiaque de travail de Meunier, Smolik et Knoche de 1994 [3], les résultats indiquent que, selon les phases d'activité et le poste occupé, le coût cardiaque des opérateurs sur l'ensemble de la journée de travail est modéré jusqu'à plutôt lourd (Cf. Tableau 2).

Le coût cardiaque se révèle le plus élevé dans trois situations: le démarrage du chantier (entre 8 et 10 h), la réalisation du joint entre deux bandes d'enrobé sous circulation extérieure (de 14 à 16 h) et la reprise d'activité après la pause (de 13 à 15 h). Lorsque l'effort révélé par l'élévation du coût cardiaque est important, le débit sanguin augmente et contribue à la vasodilatation, pour évacuer la chaleur excédentaire. La peau devient alors plus perméable aux substances exogènes, ce qui accroît le risque d'absorption cutanée de ces substances.

FIGURE 4 ↓ Masse de bitume (en mg) prélevée sur une surface de 100 cm² environ sur le manche de cinq outils sur l'un des chantiers.



Les données de cardiofréquencemétrie et d'exposition mettent en lumière deux types de questions dans l'activité: l'intensité physique du travail, d'une part, et une aggravation de l'exposition aux substances lors d'efforts physiques importants, d'autre part.

Deuxième étape: représentation des dangers et perception des risques

La deuxième étape de cette étude a consisté à confronter les opérateurs, d'abord individuellement, puis collectivement, aux vidéos de leurs situations de travail, ainsi qu'aux résultats des mesures physiologiques et des prélèvements chimiques. Cet exercice a permis à ces professionnels de s'exprimer sur ce que les ergonomes ont pu révéler de leur activité quotidienne de travail. Dans chaque agence, des entretiens individuels autour du montage vidéo retraçant la journée de travail de leur équipe ont été réalisés avec le chef d'agence, le chef de chantier et le délégué QSE (qualité, sécurité et environnement).

→ Les connaissances sur les effets sur la santé possibles d'une exposition au bitume

La perception par les opérateurs d'un danger lié au travail avec les enrobés est essentiellement liée à l'odeur sentie, puisque ces opérateurs s'interrogent sur les sensations olfactives inconfortables, l'irritation des yeux et des voies respiratoires, ainsi que leurs conséquences sur la santé. Pour les autres professionnels de ces entreprises, une perception des risques variable est observée selon le niveau hiérarchique. Les verbatim présentés dans le tableau 3 illustrent les niveaux de connaissances différents des acteurs, qui s'affinent selon leur fonction hiérarchique. Les propos recueillis soulignent également

	MANŒUVRE 1	MANŒUVRE 2	RÉGLEUR DE FINISSEUR	CONDUCTEUR DE FINISSEUR	RÉGLEUR D'ENROBÉ
Coût cardiaque global (sur l'ensemble de l'activité)	Modéré	Modéré	Plutôt lourd	Modéré	Plutôt lourd
Coût cardiaque sur certaines phases	Plutôt lourd	Plutôt lourd	Lourd	Plutôt lourd	Lourd
Phase 1	08 h 16 à 10 h 29	08 h 12 à 09 h 20	13 h 24 à 14 h 58	08 h 38 à 08 h 56	08 h 44 à 09 h 29
Phase 2	14 h 02 à 15 h 23	14 h 26 à 15 h 23			09 h 54 à 11 h 49
Phase 3	15 h 49 à 16 h 42	15 h 33 à 16 h 52			13 h 27 à 15 h 03
Temps d'activité cumulé	4 h 27	3 h 24	1 h 34	18 min	4 h 06

↑TABLEAU 2 Estimation des « coûts cardiaques »: synthèse des résultats de mesures de cardiofréquence-métrie.

que les connaissances sur les produits utilisés restent partielles à tous les niveaux de l'entreprise. Cela est en grande partie explicable par l'absence de données précises sur la composition des bitumes.

→ Des représentations du risque et des mesures de protection qui dépendent du contexte

L'analyse a mis en évidence, lors des entretiens individuels, des freins au port des gants de protection et des tee-shirts couvrants. Différentes contraintes sont citées (gêne à la prise de l'objet, perte de sensibilité, sensation de chaleur, intensification des contraintes physiques). La majorité des opérateurs estiment que ces équipements de protection individuelle (EPI) « gênent », « contraignent » et ne les protégeraient pas. On observe également que parler d'une éventuelle exposition est difficile, dans la mesure où la composante affective et émotionnelle est forte lorsqu'on évoque ces risques. Des mécanismes de défense se développent dans un contexte où personne ne parle du danger, ce qui rend difficile le fait de s'informer et de partager les connaissances disponibles.

Pourtant, lorsque les conditions d'un débat entre opérateurs autour des vidéos d'activité sont réunies, on découvre comment ces derniers prennent des précautions afin que leur entourage familial ne soit pas exposé aux résidus de produits sur leurs tenues de travail: « Parce que moi, je vois, on a deux gamins. Quand j'arrive le soir, je ne veux pas qu'ils me touchent parce que c'est l'odeur et... On a

été constamment avec... Donc avec les fumées qui sont venues sur nous. [...] Quand on voit le gamin qui arrive, on veut quand même le protéger le maximum de ça parce que lui, il arrive bien sûr. Il arrive au niveau du pantalon. Vu qu'on a mis un peu de produit sur les chaussures, ça a pu gicler sur le pantalon, donc lui, il va venir sur le pantalon, après il met les mains à la bouche [...] C'est pour ça que... On esquive, on esquive ». Loin de provoquer le refus de continuer à travailler avec ces produits, ces échanges mettent au jour des connaissances intériorisées par les opérateurs, qui devront être mises en discussion pour avancer collectivement.

Troisième étape: recherche de nouvelles solutions de prévention

La troisième étape a consisté à réunir un groupe de travail rassemblant les différents professionnels de l'entreprise autour des observables de l'activité de travail et des enregistrements audio et vidéo réalisés avec les opérateurs (« objets intermédiaires de prévention »¹). Cet espace de débat a permis la mise en commun et l'échange des savoirs: ceux des opérateurs, des différents niveaux hiérarchiques et des préventeurs. Ainsi, tous les participants ont été impliqués dans le diagnostic et la recherche de solutions nouvelles de prévention.

Cette étape finale considérait chaque membre du groupe comme détenteur d'une compétence particulière à partager avec les autres. Des salariés hiérarchiquement éloignés des activités de chantier

Opérateurs	Chefs de chantier	Délégués QSE/QPE	Chefs d'agence
« On ne sait pas ce qu'il y a dans l'enrobé ».	« Apparemment, c'est pas nocif... Enfin, je sais pas ».	« Pas de risque du côté inhalatoire, mais peut-être incertitudes sur le niveau cutané ».	« Quand on inhale un peu, les fumées d'enrobé, c'est pas forcément bon ».
« On en parle des fois pour déconner ».	« C'étaient beaucoup les vapeurs de fuel qui étaient mauvaises; après, sur les vapeurs d'enrobé, je n'ai jamais rien eu de concret ».	« Sur le côté cutané, c'est pour ça qu'il y a peut-être des incertitudes sur la réaction au niveau cutané ».	« Les fumées de bitume, mais il y a eu beaucoup d'études faites là-dessus, je ne sais pas la vérité là-dessus ».
« Les fonds de cuve de bitume, c'est pareil que le goudron ».			« De l'aspect cutané, on ne le sait pas ».

←TABLEAU 3 Extraits de verbatim relatifs aux connaissances et représentations des différents acteurs.



ont ainsi dialogué avec des opérateurs de terrain, sur la base de ces objets intermédiaires de prévention construits tout au long de l'étude. En voici un exemple :

- Opérateur entreprise A: « *Et sur les enrobés qu'on fait très peu, comme clairs, les enrobés comme clairs... ?* »

- Responsable prévention entreprise B: « *Les bio...* »

- Opérateur entreprise A: « *C'est bio ?* »

- Responsable prévention entreprise B: « *Comment dire... ? Donc en fait, on mélange du bitume avec des huiles, qui elles sont bio-sourcées, c'est-à-dire qu'elles sont issues de ressources végétales, mais elles peuvent avoir été modifiées. Elles sont pas bio dans le sens où on peut pas les manger, on peut pas les lécher. Alors est-ce que c'est mieux ou alors est-ce que c'est moins bien... ? Bonne question, je ne peux pas répondre comme ça..., Enfin là, je peux pas répondre...* »

- Opérateur entreprise A: « *Je sais qu'il y a beaucoup moins de dégagements de vapeurs quand on...* »

- Responsable prévention entreprise B: « *Encore une fois, il faudrait avoir vraiment des données...* »

On constate que lorsque les échanges sont en lien avec les situations de travail connues des opérateurs, il est possible de parler du risque chimique dans les entreprises et d'envisager des pistes de prévention, ainsi qu'un passage à l'action.

Des solutions de prévention concrètes

En offrant la possibilité à chacun d'énoncer les représentations et savoir-faire professionnels qu'il détient et de décrire sa propre perception du risque et son implication dans la maîtrise de la sécurité, le dispositif méthodologique mis en place a généré une dynamique collective au sein des entreprises. Des solutions de prévention collectivement partagées et mieux adaptées à la réalité de l'activité ont émergé, parmi lesquelles on retiendra :

- traduire les connaissances scientifiques actuelles dans un langage simplifié, accessible à tous les acteurs, dans un guide à destination des préventeurs d'entreprise, pour sensibiliser et informer sur les risques liés à l'exposition cutanée au bitume ;
- développer les marges de manœuvre pour la mise en œuvre d'actions de prévention au niveau local, en s'appuyant sur les ressources individuelles et collectives détenues par les opérateurs de terrain. Les « quarts d'heure sécurité » doivent être plus en adéquation avec les problématiques locales et adaptées aux spécificités des équipes chargées de la pose d'enrobés ;
- mener des actions de sensibilisation au lavage régulier des tenues et donner les moyens pour que celles-ci soient changées ou nettoyées autant que nécessaire (afin de ne pas transférer les salissures sur les vêtements ou autres objets au domicile) ;
- engager une réflexion sur la possibilité de nettoyer les outils de travail régulièrement (notamment les

manches d'outils) au sein des agences de travaux publics ;

- mettre au point des tee-shirts à manches longues dans une matière plus aérée, ce qui permettrait un port plus systématique de ces vêtements, jugés inconfortables lors des activités à coûts cardiaque et thermique élevés. Un frein demeure en ce qui concerne la protection aux UV, qui n'est pas nécessairement compatible avec une matière plus confortable à porter. Des actions pédagogiques devraient accompagner la mise en circulation de ces nouvelles tenues, ainsi qu'un guide pour aider au choix des vêtements de travail et des casquettes couvrantes (Cf. Article p. 39 « Travaux routiers : attention au risque UV solaire »).

Au-delà de ces préconisations, les résultats de l'étude ont permis de réfléchir à l'élaboration de sessions de sensibilisation et de formation sur les sujets suivants :

- « Regarder et analyser le travail », afin de mettre en valeur les bonnes pratiques et d'impulser des changements sur les façons de se protéger ;
- « Détecter et analyser des situations d'exposition », afin d'identifier, de comprendre et de prévenir les expositions.

Cette étude a également permis de proposer deux pistes de développement d'une future méthode d'évaluation de l'exposition cutanée : le prélèvement surfacique sur les outils et le prélèvement par gants de coton sur les mains. Cette approche, qui n'est pas associée à un effet sur la santé ou à une quantité définie de produits traversant la barrière cutanée, permettra de comparer les niveaux d'exposition cutanée entre chantiers et d'identifier les bonnes pratiques limitant cette exposition.

Enfin, le dispositif méthodologique fournit un cadre dont les entreprises peuvent s'inspirer pour l'organisation d'échanges entre les différents acteurs. ●

1. Les objets intermédiaires sont des objets (ou des entités) médiateurs, facilitateurs des échanges et des vecteurs de création de connaissances entre différents acteurs [4].

BIBLIOGRAPHIE

[1] GARRIGOU A. - Habilitation à diriger des recherches. *Le développement de l'ergotoxicologie: une contribution de l'ergonomie à la santé au travail*. Bordeaux, Université Victor-Segalen - Bordeaux 2, 2011, 141 p.

[2] JUDON N., ESTÈVE W. - *Dermal exposure to bitumen: mutual contributions of ergonomics and metrology*. In: Le risque chimique: méthodes et techniques innovantes, 4^e Conférence. Nancy, INRS, 8-10 avril 2015.

[3] MEUNIER P., SMOLIK H.J., KNOCHE C. - *Astreinte cardiaque et travail: quelle grille d'évaluation choisir? Cahiers de médecine interprofessionnelle (Camip)*, 1994, n° 2, pp. 153-158.

[4] VINCK D. - L'instrumentation du travail interdisciplinaire: cadrage des échanges et médiation par les objets intermédiaires. *Esprit Critique*, 2003, vol. 5, n° 1, 9 p.

TRAVAUX ROUTIERS: ATTENTION AU RISQUE ULTRAVIOLET SOLAIRE

Les travaux routiers sont en grande partie réalisés en plein air, comme c'est le cas de nombreuses autres activités professionnelles (couvreurs, agriculteurs, marins-pêcheurs, sportifs, etc.). Dès lors, une exposition aux rayonnements solaires est inévitable et doit être prise en compte au quotidien, comme cela est le cas dans le cadre privé. Cet article rappelle les différents risques du rayonnement UV solaire pour la peau et les yeux, et les moyens de s'en protéger.

**D^R VINCENT
BESSE**
responsable
scientifique,
Direction de
l'Environnement
Colas

Le rayonnement ultraviolet (UV) (Cf. Encadré 1) est dû à la lumière du soleil. Le danger n'est pas créé par l'activité professionnelle spécifique, mais il est associé à toute activité qui se déroule en plein air¹. Ce rayonnement est insidieux, car il est totalement imperceptible à l'œil humain; pourtant, il est dangereux à la fois pour notre peau et pour nos yeux. Les éléments présentés dans cet article constituent des recommandations que l'employeur pourra utilement s'approprier dans le cadre de sa démarche globale d'évaluation et de prévention des risques.

Risques liés aux UV solaires

L'exposition aux rayonnements solaires des salariés travaillant à l'extérieur peut avoir des effets néfastes: coups de soleil ou érythèmes, éruptions cutanées, vieillissement prématuré, allergies voire, à long terme, cancer de la peau. Il est important de noter que l'exposition aux UV ne dépend pas de la sensation de chaleur; elle peut être très forte, même par temps nuageux ou froid.

Effets spécifiques

→ La peau

Parmi les risques les plus graves liés aux UV, figure celui des cancers de la peau. C'est la raison pour laquelle le rayonnement UV est classé cancérigène avéré pour l'homme (groupe 1) par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) depuis 2012. Il existe deux types de cancers de la peau: les carcinomes (les plus fréquents) et les mélanomes (les plus dangereux). On dénombre chaque année, en France, dans la population générale, environ 60000 nouveaux cas de carcinomes et 7000 nouveaux cas de mélanomes². Si les carcinomes baso-cellulaires ne donnent jamais de métastases (c'est-à-dire de localisations vers d'autres organes), il n'en est pas de même des carcinomes épidermoïdes et surtout

des mélanomes. Ces derniers ont été responsables de 1775 décès en 2015 et représentent la cause de mortalité par cancer la plus importante pour la tranche d'âge comprise entre 25 et 35 ans. La présence de nombreux grains de beauté sur le corps est un facteur de risque important de mélanome.

→ Les yeux

Les UV peuvent également provoquer des lésions graves des yeux, que cela soit à court terme (kératite ou cécité des neiges) ou encore à long terme (cataracte ou dégénérescence de la rétine).

Les rayons UV peuvent pénétrer la cornée et être absorbés par le cristallin, avec possibilité de cataracte (opacification de tout ou partie du cristallin) qui provoque: une baisse très progressive de l'acuité visuelle, surtout de loin; une sensation de flou ou de brouillard; et une augmentation de la sensibilité aux lumières vives. L'évolution est très progressive mais aboutit, sans traitement, à l'opacification totale du cristallin et à la perte de la vue. Selon l'Organisation mondiale de la santé, 20% des cataractes sont liées aux expositions solaires répétées. La cataracte est la première cause de cécité dans le monde. La photo-kératite³ est, quant à elle, une brûlure de la cornée (couche protectrice de l'œil) par les UV, c'est un véritable « coup de soleil » de l'œil provoquant notamment larmoiements, gonflement des paupières, douleurs oculaires et réduction de l'acuité visuelle.

Ces effets sont réversibles. L'encadré 2 rappelle les signes qui doivent alerter, tant au niveau de la peau que des yeux.

Photosensibilité chimique

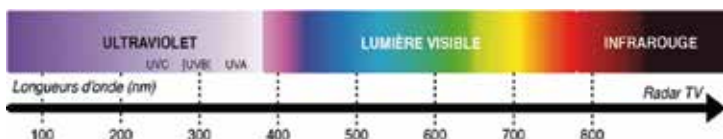
L'interaction entre le rayonnement UV et certains produits chimiques [1] peut provoquer des lésions sur la peau: c'est ce que l'on appelle la photosensibilisation chimique [2]. Pour que ces effets sur-



ENCADRÉ 1

LE RAYONNEMENT ULTRAVIOLET

Le rayonnement solaire peut se décomposer en trois types de rayonnements de longueurs d'onde (λ) différentes: les infra-rouge ($\lambda > 800$ nm), le domaine visible ($400 < \lambda < 800$ nm) et les ultraviolets (UV, $200 < \lambda < 400$ nm).



Les UV se répartissent en trois sous-familles que l'on nomme UV-A, UV-B et UV-C:

- les UV-A ($\lambda = 320-400$ nm) sont très peu filtrés par l'atmosphère et représentent 95% des UV parvenant à la surface de la Terre. Ils sont capables d'atteindre le cristallin, la cornée, l'épiderme et même le derme;
- les UV-B ($\lambda = 280-320$ nm) sont mieux filtrés mais leur intensité augmente au cours de la journée. Ils atteignent la cornée et l'épiderme;
- les UV-C ($\lambda = 200-280$ nm) sont arrêtés par la couche d'ozone.

UV-A, UV-B, UV-C, quels effets ?

L'exposition solaire d'un individu est liée aux rayonnements directs du soleil, mais aussi aux rayonnements diffusés par le ciel (nuages) et aux rayonnements diffusés par le sol. Plus la longueur d'onde des ultraviolets est courte, plus leur énergie est importante, mais moins ils sont pénétrants.

- Les rayonnements UV-A, dont les longueurs d'onde sont les plus longues, sont les plus nombreux à atteindre la Terre. Ce sont eux qui ont le plus grand pouvoir de pénétration dans la peau, une partie atteignant le derme moyen (20-30%). Les UV-A stimulent la production de mélanine responsable du bronzage immédiat ou de la pigmentation retardée. Ils provoquent très difficilement des érythèmes cutanés, car des doses importantes sont requises (20-50 J/cm²). Ils présentent une toxicité indirecte et peuvent avoir des effets cancérogènes, se manifestant une dizaine d'années plus tard. Ils traversent le verre d'une vitre ou d'une baie vitrée, ainsi que les nuages. En cas d'exposition répétée et prolongée, ils peuvent provoquer une perte de la transparence du cristallin (cataracte).
- Les rayonnements UV-B, de longueurs d'onde moyennes, ne sont en revanche pas capables de pénétrer la peau aussi profondément que ces derniers. Ils peuvent néanmoins atteindre l'épiderme et créer des dommages au niveau de la cornée et irriter l'œil (conjonctivite). Leur quantité varie selon les saisons, l'heure et l'altitude. Ils sont arrêtés par une vitre. Ils sont notamment responsables du bronzage durable et des coups de soleil.
- Les rayonnements solaires UV-C, dont les longueurs d'onde sont les plus courtes, sont pour l'essentiel arrêtés par la couche d'ozone (ils pourraient provoquer des érythèmes cutanés ou des conjonctivites s'ils atteignaient la couche terrestre).

ENCADRÉ 2

LES SIGNES QUI DOIVENT ÊTRE SURVEILLÉS EN PRIORITÉ

Sur la peau :

- des grains de beauté qui se modifient: une augmentation de taille (une augmentation de 2 ou 3 millimètres suffit à alerter, une modification de la couleur...);
 - une plaie qui ne cicatrise pas;
 - un bouton ou une croûte qui persiste.
- Dans ces circonstances, il faut demander rapidement un avis médical.

Au niveau des yeux :

Tout signe évoquant une atteinte oculaire - baisse de la vision, larmoiements, douleurs - doit faire l'objet d'une consultation chez un ophtalmologiste pour un examen approfondi.

viennent, la présence de ces deux facteurs, UV et produits chimiques, est nécessaire. Les produits chimiques les plus courants responsables de ces effets sont certains médicaments (antibiotiques, anti-inflammatoires, etc.), certaines plantes et leurs extraits (céleri, bergamote, colophane, etc.), le goudron (issu du charbon) et ses dérivés, les produits antibactériens, etc. Actuellement, il n'existe aucune étude montrant un effet de photosensibilité chimique associée au bitume (issu du pétrole) et ses dérivés [3].

Exposition professionnelle

Les facteurs qui influent sur le risque lié aux UV sont les suivants:

- la durée et la fréquence des expositions;
- le moment de l'exposition (intensité maximale entre 12 et 16 heures). Le soleil est à son zénith et les UV-B ne sont alors que très peu réfractés par l'atmosphère.

Prévention

Il convient de se prémunir des effets des UV en mettant en place des mesures organisationnelles et des dispositifs de protection (mis à disposition par l'employeur).

Mesures organisationnelles

Le risque UV peut être géré en mettant en place des mesures organisationnelles telles que:

- s'informer des prévisions météo (température et indice UV⁴, Cf. Tableau 1) quelle que soit la saison;
- organiser, dans la mesure du possible, le travail, afin de limiter les tâches les plus pénibles et les plus exposées entre 12 et 16 heures;
- aménager des temps de pause à l'ombre durant la journée de travail.

VALEUR DE L'INDICE UV	NIVEAUX DE RISQUE
de 1 à 2	Faible
de 3 à 5	Modéré
de 6 à 7	Élevé
de 8 à 10	Fort
11+	Extrême

↑ TABLEAU 1 Indices UV et niveaux de risque.

Informers les salariés du risque UV

La profession et ses partenaires (Fédération nationale des travaux publics [FNTP], Union des syndicats de l'industrie routière française [Usirf], Organisme professionnel de prévention du bâtiment et des travaux publics [OPPBTP], INRS, CNAMTS et Groupement national multidisciplinaire de santé au travail dans le BTP [GNMSBTP]) travaillent ensemble depuis plusieurs années pour diffuser des messages de prévention du risque UV⁵. Il s'agit en particulier de:

- partager les bonnes pratiques lors des moments dédiés à la sécurité, dont l'objectif est de sensibiliser tout le personnel aux risques liés à l'exposition aux UV solaires; c'est le bon moment pour rappeler les bonnes pratiques de prévention et expliquer la raison de chaque décision;
- informer sur la nécessité de se protéger, quel que soit le niveau de bronzage et quel que soit l'âge du salarié.

Équipements de protection individuelle

Des équipements de protection individuelle doivent être mis à disposition des travailleurs pour réduire le risque UV:

- fournir et faire porter des vêtements de protection couvrant l'ensemble du corps et la tête. Le port de vêtements à manches courtes et de short est donc à proscrire;
- fournir et faire porter des lunettes de protection anti-UV EN 170 ou EN 172 (teintées). Attention, certaines lunettes teintées vendues dans le commerce n'ont pas la protection nécessaire et sont à proscrire car elles sont inefficaces et dangereuses (et donnent un sentiment trompeur de protection);
- l'utilisation d'écrans solaires (Cf. Encadré 3) se révèle moins efficace que le port de vêtements protecteurs. Utiliser un écran solaire uniquement

ENCADRÉ 3

L'INDICE DE PROTECTION (IP) DES CRÈMES SOLAIRES OU ÉCRANS SOLAIRES

Cet indice mesure le pouvoir retardateur de la crème solaire contre les coups de soleil, mais l'application de celle-ci n'empêche pas la survenue des coups de soleil dans la durée, si cette application n'est pas répétée régulièrement (la plupart des fabricants recommandent une application toutes les deux heures).

La DGCCRF (Direction générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des fraudes) indique que les mentions « écran total » ou « protection totale », que l'on retrouve encore sur certaines étiquettes « ne devraient plus être utilisées (...) car aucun produit solaire n'offre une protection totale contre les rayonnements ultraviolets ».

Pour en savoir plus: www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/dgccrf/documentation/fiches_pratiques/fiches/protection-solaire.pdf

POUR EN SAVOIR +

- Exposition au rayonnement ultraviolet solaire: un sujet brûlant? *Hygiène et sécurité du travail*, mars 2016, n° 242, VP 12, pp. 92-96. Accessible sur: www.hst.fr
- *Travail et chaleur d'été*. INRS, 2004, ED 931, dépliant. Accessible sur: www.inrs.fr
- Rayonnements optiques et électromagnétiques au travail. *Hygiène et sécurité du travail*, N° hors-série, décembre 2016, CC 16. Accessible sur: www.hst.fr

lorsque certaines parties du corps ne peuvent pas être protégées par un vêtement;

- porter un casque de sécurité est une protection efficace; il peut être complété par un protège-nuque adaptable. ●

1. NDLR: qui comprend donc l'activité professionnelle et toutes les autres activités: loisirs, etc.
2. D'après les données de la Ligue contre le cancer: www.ligue-cancer.net/article/28650_les-chiffres-du-melanome
3. D'après l'OMS: www.who.int/uv/faq/uvhealthfac/fr/index3.html
4. Pour en savoir plus: www.who.int/uv/intersunprogramme/activities/uv_index/fr/index1.html
5. Pour en savoir plus: www.usirf.com/les-actions-de-la-profession/les-risques-uv/

BIBLIOGRAPHIE

[1] DELEO V. Occupational phototoxicity and photoallergy. In: KANEVA L., ELSNER P., WAHLBERG J.E., MAIBACH H.J. (eds) – Handbook of Occupational Dermatology. Heidelberg, Springer-Verlag, 2000, 1300 p, pp. 314-324.

[2] CREPY M.N. Photosensibilisation, cancers cutanés et exposition professionnelle aux ultraviolets. *Documents pour le médecin du travail*, 2004, n° 97, réf. TA 69, pp. 109-119. Accessible sur: www.rst-sante-travail.fr

[3] DAVIES M.G. A large outbreak of bitumen-induced phototoxicity in a dockyard. *Contact Dermatitis*, 1996, vol. 35, n° 3, pp. 188-189.