

**CRAM des PAYS de la LOIRE**  
Laboratoire Interrégional de Chimie de l'Ouest  
N° 0050  
CTN BB  
FL/ES



**Diffusion**

CRAM : 2 (dont 1 Laboratoire) - Entreprise : 2 (dont 1 CHSCT/DP) - Médecin du Travail : 1

**Évaluation  
de l'exposition des opérateurs  
aux fumées de bitume**

**LUC DURAND**  
49 PRUILLE

Le 29 avril 2010

**Intervenants :**

**Fabrice Leray**, Direction des Risques Professionnels, Laboratoire  
**Pierre Boudet**, Direction des Risques Professionnels

Les résultats présentés dans ce rapport devront être utilisés dans un but exclusif de prévention ;  
ils ne sauraient ni avoir valeur d'expertise, ni être reproduits ou utilisés sans notre accord.



# SOMMAIRE

---

Objet de l'intervention.....	4
Risques toxicologiques .....	5
Valeurs de référence.....	8
Conditions rencontrées .....	10
Résultats et commentaires.....	13
Conclusion .....	17

Annexe : Méthodes de mesures

## Objet de l'intervention

Monsieur Boudet, de la CRAM des Pays de la Loire, a sollicité le laboratoire de la CRAM des Pays de la Loire afin d'évaluer les expositions des opérateurs aux fumées de bitume.

Cette action s'inscrit dans le cadre du programme national d'actions coordonnées de la Direction des Risques Professionnels de la CNAMTS, dont une des priorités est de réduire les expositions des salariés aux substances Cancérogènes, Mutagènes et Reprotoxiques.

Le 29 avril 2010, le laboratoire de chimie de la Direction des Risques Professionnels de la CRAM est intervenu lors de travaux de bitume dans un parking souterrain sur le chantier du CHU d'Angers en présence de M. Nieuport, responsable d'exploitation.

# Risques toxicologiques

## Fumées de bitume

Lors de l'application à chaud de bitume, les fumées peuvent conduire à un risque par inhalation et/ou perméabilité cutanée.

Les fumées de bitume sont irritantes pour les yeux, la peau et les voies respiratoires. Des effets chroniques de type asthme sont également rapportés.

## Risque de cancer

Le bitume est un résidu de distillation du pétrole. Il renferme des substances de la famille des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques, HAP, dont certains sont classés par l'Union européenne en catégorie 2 des cancérogènes : *"peut être cancérogène pour l'homme"*.

Les concentrations en HAP dans les bitumes, aujourd'hui mis en œuvre, sont largement en-dessous du seuil de classement, moins de 50 ppm ou 50 mg/kg de Benzo(a)pyrène, élément traceur du risque cancérogène. Mais d'autres substances, en particulier les polycycliques soufrés, pour lesquelles le caractère cancérogène est évoqué, sont également présentes. Substances pour lesquelles nous ne disposons ni de méthode de mesurage, ni de valeur de référence.

Par ailleurs, plusieurs études épidémiologiques ont été réalisées pour déterminer si l'exposition aux fumées de bitume est associée ou non à un risque accru de cancer. Les divers résultats obtenus ne sont pas concordants et toutes les études présentent des limites et des biais. Le Centre International de Recherche sur le Cancer a classé les "Extraits de bitumes [8052-42-4], raffinés à la vapeur et raffinés à l'air" en catégorie 2B *"peut être cancérogène pour l'homme"*.

Compte tenu de tous ces éléments, une approche globale basée sur l'évaluation de la totalité des fumées est plus appropriée pour l'appréciation du risque. Les concentrations en Benzo(a)pyrène, qui sert de traceur de l'ensemble des HAP, et qui a une valeur de référence, seront mentionnées mais ne sont pas à considérer comme traceur unique du risque cancérogène.

*Dans le tableau de maladie professionnelle n° 36 bis, les travaux exposant habituellement au contact cutané avec des extraits aromatiques pétroliers, utilisés notamment comme fluxant des bitumes, sont mentionnés dans la liste des travaux susceptibles de provoquer des épithéliomas primitifs de la peau.*

## Emissions des moteurs thermiques

### Nature des émissions

Les carburants, diesel, essence, GPL, lors de leur combustion, produisent des gaz d'échappement composés d'un grand nombre de substances plus ou moins toxiques.

La composition des émissions d'échappement dépend de nombreux paramètres :

- nature du carburant ;
- réglage et entretien du moteur ;
- régime du moteur (ralenti, accélération) ;
- d'équipements tels que pot catalytique, barboteur...

Les polluants majeurs rencontrés sont :

Diesel	Essence	GPL
Particules de carbone	CO : monoxyde de carbone	
NO <sub>x</sub> : oxydes d'azote	CO <sub>2</sub> : dioxyde de carbone	CO <sub>2</sub> : dioxyde de carbone
SO <sub>2</sub> : dioxyde de soufre		

L'intensité de la pollution dépendra fortement des facteurs environnementaux (plein-air, local ouvert ou fermé) et de l'intensité du trafic.

### Risques Toxicologiques

#### Particules de carbone

Elles sont le « principal » polluant dû au diesel. La taille des particules (submicronique), leur permet de pénétrer dans le poumon profond. Elles constituent un vecteur de pénétration des hydrocarbures.

L'inhalation répétée de particules de carbone pourrait être à l'origine d'une augmentation de la fréquence de cancers du poumon. Cet effet est imputé à la fois aux particules carbonées elles-mêmes et aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (et dérivés) absorbés sur ces particules. Le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer) a classé les émissions diesel dans le groupe 2A : peuvent être cancérogènes pour l'homme.

#### SO<sub>2</sub> - NO<sub>x</sub> -

Le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote sont des irritants oculaires et respiratoires. La répétition des irritations des voies aériennes supérieures serait la cause d'une réduction de la capacité respiratoire et d'une augmentation de la fréquence de pathologies telles que pharyngite, bronchite chronique, dyspnée.

## **Monoxyde de Carbone**

Le CO entre en compétition avec l'oxygène pour se fixer sur l'hémoglobine du sang. Son affinité pour l'hémoglobine est 220 fois plus grande que celle de l'oxygène (le taux de CO fixé par l'hémoglobine se note HbCO correspondant à la carboxyhémoglobine).

Le tableau suivant indique la correspondance entre la concentration en CO dans l'air inhalé et le taux de carboxyhémoglobine :

<b>Concentration CO (ppm)</b>	<b>Taux HbCO (%)</b>
25	3,5
35	5
200	22,6
500	44,8
1000	62
2000	78

A des teneurs qui peuvent paraître modérées par rapport à celles de l'oxygène, le CO est responsable de troubles consécutifs à une asphyxie plus ou moins importante des cellules de l'organisme.

Ces troubles vont dépendre de la concentration respirée, du temps d'exposition et de la ventilation pulmonaire liée à la charge physique de la personne exposée. Ils se traduisent, au début, par une modification des performances physiques (HbCO < 10 %), une réduction des performances mentales (HbCO de l'ordre de 10%), des maux de tête (HbCO de l'ordre de 20 %), des troubles visuels (HbCO de l'ordre de 30 %), des difficultés respiratoires puis des nausées, accompagnées de battements au niveau des tempes (HbCO compris entre 40 % et 50 %).

L'intoxication aiguë provoque la perte de connaissance et peut conduire à la mort (HbCO compris entre 60 % et 70 %).

Le CO est classé toxique par inhalation et toxique pour la reproduction de catégorie 1 : risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant (relation de cause à effet prouvée). L'exposition à l'oxyde carbone augmente les risques de prématurité, de petits poids de naissance (moins de 2,5 kg) et d'avortements spontanés.

Ces affections sont reprises au tableau n° 64 des maladies professionnelles indemnisables.

# Valeurs de référence

## Valeurs limites d'exposition professionnelle - VLEP

Les valeurs limites d'exposition professionnelle servent de référence dans l'évaluation de l'exposition des travailleurs aux différents polluants présents dans l'atmosphère au poste de travail.

Il existe en France trois listes de VLEP :

- **des valeurs réglementaires contraignantes**
- **des valeurs réglementaires indicatives**
- *des valeurs indicatives fixées par circulaires*

Les VLEP sont établies par rapport à une durée d'exposition :

**VLEP CT**, Valeur Limite d'Exposition Professionnelle Court terme, ou **VLE**, Valeur Limite d'Exposition, qui se rapportent à une courte durée de référence ( $\approx$  15 min.),

*Pour protéger des effets à court terme liés à des pics de pollution.*

**VLEP 8 heures**, Valeur Limite d'Exposition Professionnelle sur 8 h, ou **VME**, Valeur Limite de Moyenne d'Exposition,

*Pour protéger des effets sur la base d'une journée de travail de 8 h.*

Les VLEP sont généralement indicatives. Le respect de ces valeurs limites ne garantit pas contre toute atteinte de la santé l'ensemble des personnes exposées. Elles sont révisables en fonction de l'évolution des connaissances scientifiques. En conséquence, elles doivent être considérées comme des objectifs minimaux à atteindre.

Les valeurs limites contraignantes sont des valeurs soumises à une obligation réglementaire de non dépassement (contrôle annuel). Les autres valeurs constituent des objectifs de prévention. Toutes les valeurs devraient, à terme, avoir un statut réglementaire.



## Valeurs utilisées

Valeurs limites : . réglementaires contraignantes,  
. réglementaires indicatives,  
. indicatives fixées par circulaires.

Substances	VLEP 8h /VME
<i>Fumées de bitume</i>	<i>0.5 mg/m<sup>3</sup> <sup>(1)</sup></i>
<i>Benzo(a)pyrène</i>	<i>150 ng/m<sup>3</sup> <sup>(2)</sup></i>
<i>Pyrène</i>	-
<i>Naphtalène</i>	<i>50 mg/m<sup>3</sup></i>
<i>Particules de carbone (émises par les moteurs diesel)</i>	<i>0.10 mg/m<sup>3</sup> <sup>(3)</sup> (en carbone élémentaire)</i>
<i>Monoxyde de carbone</i>	<i>50 ppm</i>

(1) Valeur préconisée par l'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)

(2) Recommandation du comité technique national des industries chimiques (1 ng = 10<sup>-9</sup>g)

(3) Il n'existe pas de valeur limite d'exposition en France. En revanche, deux valeurs guides TRK, exprimées en carbone élémentaire, préconisée en Allemagne peuvent servir de guide :

- o mines souterraines et travaux souterrains = 0.30 mg/m<sup>3</sup>
- o à l'air libre = 0.10 mg/m<sup>3</sup>

## Interprétation des résultats

Pour les substances cancérigènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (CMR), l'objectif est de se situer le plus bas possible.

## Conditions rencontrées

Les prélèvements ont eu lieu dans un parking souterrain du CHU d'Angers (surface totale = env. 1 800 m<sup>2</sup>).

La zone ne doit, cependant, pas être considérée comme confinée, au vu des nombreuses ouvertures vers l'extérieur :

- 3 soupirails de 13 m<sup>2</sup>
- 1 rampe d'accès 10 m<sup>2</sup>
- 1 porte piétons 2 m<sup>2</sup>
- 1 vasistas de 15 m<sup>2</sup>
- 3 ouvertures en trémie de 16 m<sup>2</sup>.

Le chantier a duré environ 8 h, toutes tâches confondues (dépose du bitume env. 7 h).

Pour réaliser 600 m<sup>2</sup> dans la journée (env. 1/3 du parking), 75 tonnes de bitume ont été livrées sur le site (chauffeur livreur Luc Durand) à une température de 103°C.

Le matériel mis à la disposition des 10 opérateurs a été le suivant :

- une chargeuse Benotec le matin et deux l'après-midi
- un cylindre
- un dameur.

Ces derniers n'ont pas utilisé de "finisher".

Afin d'abaisser les niveaux d'exposition des opérateurs, l'entreprise a installé deux ventilateurs de 80 cm.



Les vêtements de travail ne sont pas couvrants et ne protègent pas les avants-bras des opérateurs. Certains opérateurs portent en revanche des masques FFP3.



Pour nettoyer les outils, ils utilisent soit du Bitugliss® (green synergie), soit du gasoil (cf. photo ci-dessous : bidon non identifié). Les constituants du Bitugliss® ne font pas l'objet d'une classification et d'un étiquetage au niveau européen (cf. FDS). L'entreprise doit substituer définitivement le gasoil par le Bitugliss®, celui-ci donne, selon les informations communiquées par les opérateurs, entière satisfaction.



**Bidon de gasoil non identifié**



**Livraison du bitume**



Parking souterrain



Dépose du bitume

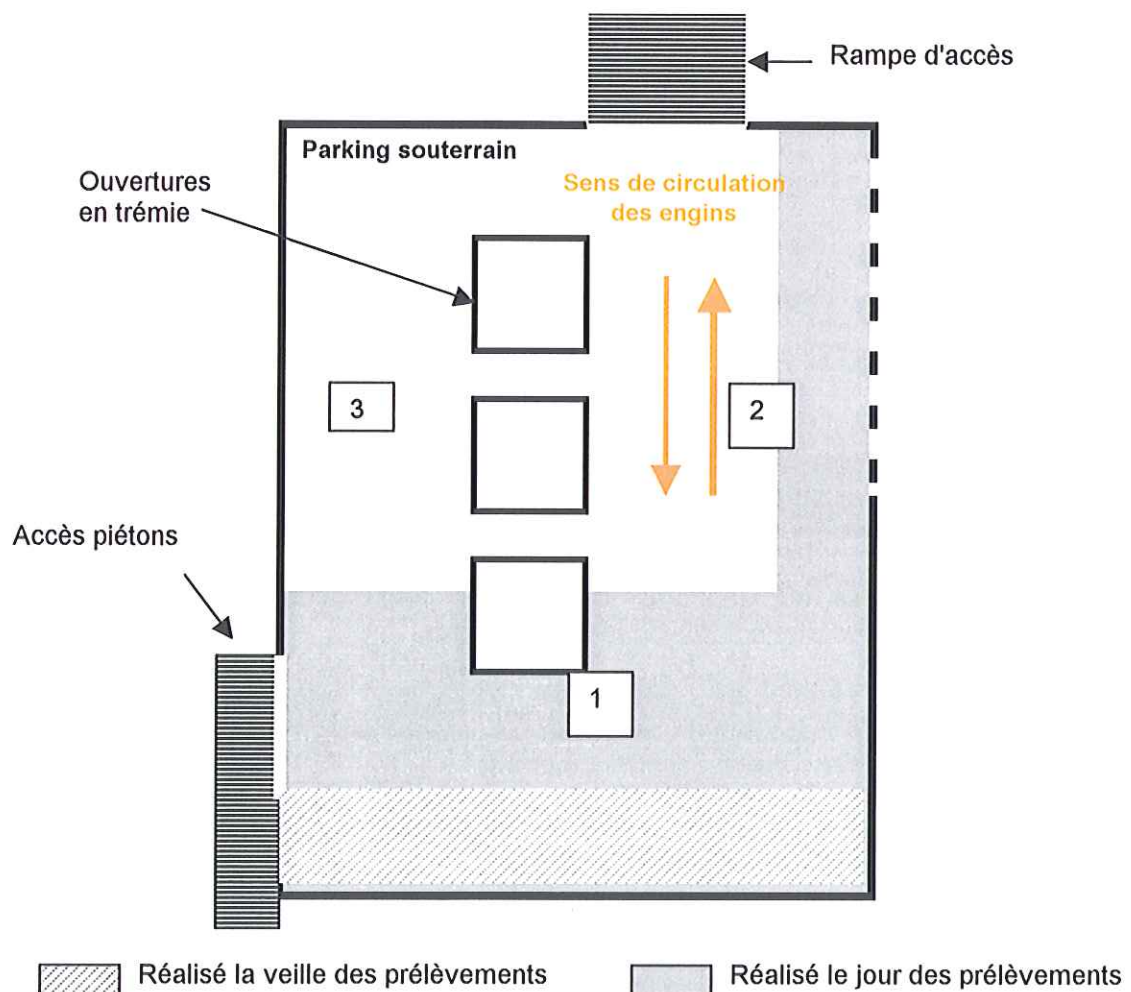
## Résultats et commentaires

Plusieurs types de prélèvements ont été réalisés :

- auprès des voies respiratoires des opérateurs sur de longues durées, afin de mesurer leur exposition moyenne et se référer aux VME ;
- à postes fixes afin de mesurer la pollution ambiante à proximité des postes de travail.

En complément, des mesures ont été réalisées à l'aide d'un détecteur en continu de monoxyde de carbone. Ce détecteur permet de suivre l'évolution de l'exposition des opérateurs en fonction des tâches réalisées.

Les différents points de prélèvements sont identifiés sur le schéma ci-après.



## 1) Prélèvements d'atmosphère

Les prélèvements des salariés mettant en œuvre le bitume ont duré près de 6 h et seront comparés à la VLEP (8 h).

### a) Fumées de bitume

Prélèvement	VME	Unité	M. Guérin Brouette	M. Nieuport Tireur	M. Pigeon Tireur	M. Dupont Tireur	[1] Au milieu du parking	[2] À côté du vasistas	[3] Côté CHU
Fraction soluble CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0.5	mg/m <sup>3</sup>	0.2*	0.2*	0.2*	0.2*	0.2*	0.2*	0.2*
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques</b>									
Pyrène	-	ng/m <sup>3</sup>	3	5	6	<6	4	3	5
Benzo[a]pyrène	150	ng/m <sup>3</sup>	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Naphtalène	50	mg/m <sup>3</sup>	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Benzo(e)acéphénanthrylène	-	ng/m <sup>3</sup>	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Benzo[ghi]perylène	-	ng/m <sup>3</sup>	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Benzo[k]fluoranthène	-	ng/m <sup>3</sup>	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3

\* limite de dosage de la technique analytique

Les expositions des opérateurs aux fumées de bitume sont modérées. Visuellement, le bitume tiède émet beaucoup moins de fumées et de vapeur odorante que le bitume classique.

Celles en Benzo(a)Pyrène et en naphtalène sont faibles et toujours inférieures à 10 % de la valeur limite.

A noter, les opérateurs travaillent bras nus, et sans porter systématiquement de gants. Le risque d'exposition cutanée et de brûlures est donc avéré et reste important.

Il est à préconiser le port de vêtements couvrants, à manches longues, et de gants de protection adaptés.

**b) Fumées de combustion de moteur diesel**

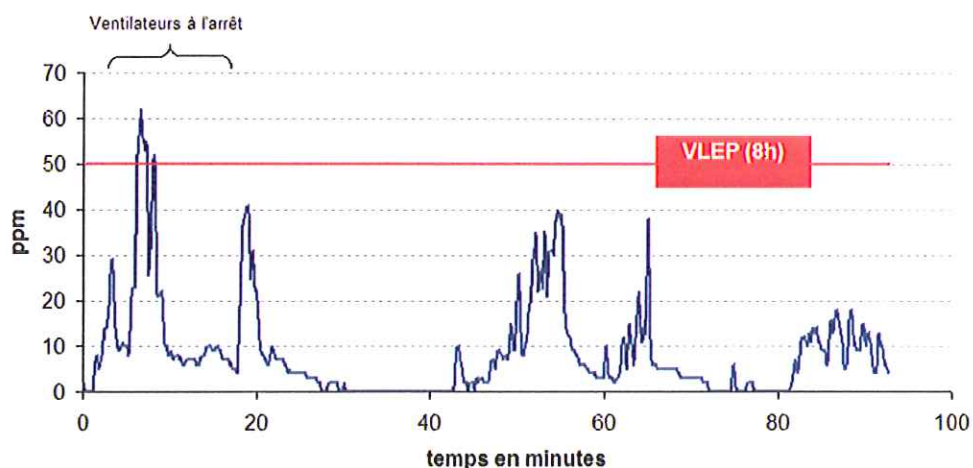
Prélèvement	M. Renaud Chargeuse	M. Mignon Cylindre	M. Renaudier Dameur	M. Meunier Tireur	[1] Au milieu du parking	[2] À côté du vasistas	[3] Côté CHU
Carbone élémentaire ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) valeur limite = 100	29	29	29	21	21	83	22

Les prélèvements individuels réalisés montrent que les niveaux d'exposition potentiels aux fumées diesel sont modérés et proches des 30 % de la valeur limite préconisée.

La mesure effectuée à côté du vasistas [2] est logiquement importante et proche de la valeur préconisée. Contrairement aux autres points fixes, les différents engins sont passés à coté du vasistas pendant toute la journée.

**2) Prélèvement avec des détecteurs à lecture directe**

Le monoxyde de carbone émis par les moteurs thermiques a été évalué à l'aide d'un appareil à lecture directe de type miniwarn.



La pollution moyenne (9 ppm) est modérée et très inférieure à la VLEP (8 h).

A la suite d'un dysfonctionnement ponctuel des deux ventilateurs, celle-ci a dépassé, très rapidement, la VLEP (8 h).

Il est important de vérifier que les ventilateurs fonctionnent correctement. La pollution en monoxyde de carbone peut devenir, en fonction du nombre d'engins, importante voire excessive dans des zones confinées.

Au préalable du chantier, un bilan aéraulique doit être réalisé par l'entreprise.



## Conclusion

Dans les conditions de travail rencontrées (application de bitume tiède à 103°C pendant 7 h, surface de 600 m<sup>2</sup>), les expositions des opérateurs aux fumées de bitume sont modérées au regard de la valeur limite préconisée.

Concernant le benzo(a)pyrène et le naphthalène, les expositions sont inférieures à 10 % des valeurs objectifs.

Les expositions aux fumées diesel et au monoxyde de carbone sont modérées et dépendent fortement du nombre d'engins et de l'aération du parking. Celles-ci peuvent être importantes, voire excessives, dans les zones confinées ou mal aérées.

S'agissant de CMR, les niveaux d'exposition les plus bas possibles doivent être recherchés :

- vérifier que les ventilateurs fonctionnent correctement. L'entreprise doit s'appuyer, au préalable du chantier, sur un bilan aéraulique.
- mettre à disposition des vêtements de travail couvrant les bras et avant-bras.

L'intervenant,



Fabrice Leray

Pour le Directeur,  
Le Responsable du Laboratoire,



Jean-François Certin

Nantes, le 22 juin 2010

## Méthodes de mesures

### Fumées de bitume

#### Prélèvement

- Matériel : Pompe individuelle.
- Débit : 2 litres par minute.
- Support : Filtre en fibres de quartz lavé au dichlorométhane associé à un tube de résine poreuse pour la fraction volatile.
- Sélecteur : Cassette porte-filtre avec un orifice calibré de diamètre 4,1 mm.

- Analyse : Pesée des filtres exposés et de filtres témoins pour prendre en compte les variations dues à l'hygrométrie.  
Gravimétrie de l'extrait au dichlorométhane par pesée des filtres avant et après extraction à chaud.  
Dosage par chromatographie liquide HPLC du benzo(a)pyrène et du pyrène .

### Particules diesel

#### Prélèvement

- Matériel : pompe individuelle
- Débit : 1,7 litre par minute.
- Support : filtre quartz calciné
- Sélecteur : cyclone 10 mm

- Analyse** : analyse gravimétrique de la fraction alvéolaire et combustion à température variable et sous atmosphère variable pour transformation des particules de carbone et des composés carbonés en CO<sub>2</sub> analysé dans une cellule coulométrique de Strölein :
- à 500° C sous N<sub>2</sub> → carbone organique : C.O.
  - à 1000° C sous O<sub>2</sub> → carbone élémentaire : C.E.
- le carbone total, C.T. = C.O. + C.E.
- Norme** : X43-259 ; Qualité de l'air.  
Air des lieux de travail.  
Prélèvement individuel ou à poste fixe de la fraction alvéolaire de la pollution particulaire.  
Méthode de la séparation par cyclone 10 mm.

### Oxyde de carbone (Miniwarn)

#### Prélèvement

- Matériel** : détecteur spécifique à lecture directe Miniwarn permettant l'enregistrement et l'exploitation a posteriori des données.
- Débit** : 0,35 à 0,40 L/min.
- Analyse** : en continu par cellule électrochimique  
plage de lecture :  
CO de 0 à 500 ppm

