

Exposition au plomb chez les vitraillistes : évaluation et prévention

AUTEURS :

L. Coates¹, H. Hasni-Pichard², H. Laborde-Castérot³

1 : AP-HP, hôpital Fernand-Widal, Consultation de pathologie professionnelle et environnementale, Paris

2 : Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France, pôle Risque chimique et biologique, Paris

3 : Université Paris 13, AP-HP, Hôpital Avicenne, Unité de pathologies professionnelles et environnementales, Bobigny

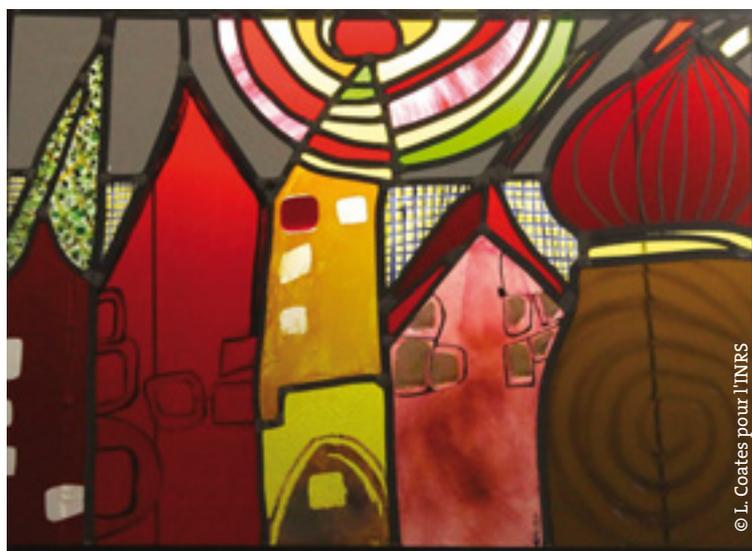
EN RÉSUMÉ

Le vitrailliste, créateur ou restaurateur de vitraux, est exposé à de nombreux risques et, en particulier, au risque chimique lié à l'omniprésence du plomb dans son activité. Cette étude a évalué l'exposition au plomb chez trois salariés reçus en consultation de pathologie professionnelle et pour lesquels des études de postes ont été réalisées. La voie digestive *via* le portage mains-bouche (mains souillées lors de l'activité ou à partir de surfaces contaminées) est apparue comme la principale voie de contamination et la rénovation, comme l'activité la plus exposante. Des solutions d'amélioration pour la prévention consisteraient donc d'abord en des mesures simples comme le renforcement de l'hygiène et l'information des travailleurs.

MOTS CLÉS

Plomb / risque chimique / artiste

Remerciements : Les auteurs remercient le Dr R. Garnier (responsable de la consultation de pathologie professionnelle et environnementale de l'hôpital Fernand-Widal à Paris) et le Dr D. Beaumont (conseiller médical pour les risques professionnels à la Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France) qui ont permis la réalisation de ce travail, ainsi que Mme C. Puzin (vitrailliste à l'atelier Vitrail du Temple à Paris) qui leur a ouvert les portes de son atelier. Les auteurs remercient également le Dr M. Falcy (INRS, département Études et assistance médicales) pour sa contribution à la finalisation de cet article.



Vitrail réalisé par C. Puzin, associant différentes techniques : plomb, Tiffany, fusing... (atelier Vitrail du Temple, Paris).

Entre harmonie artistique et défi technique, le vitrail traverse les siècles depuis le Moyen-Âge. Traditionnellement, il se compose d'un assemblage de pièces de verre, fixées entre elles par du plomb utilisé sous forme de baguettes.

Qu'il restaure de vieux vitraux ou fabrique des vitraux neufs, le vitrailliste (ou « maître verrier ») est exposé à de nombreux risques, en particulier physiques (travail en hauteur lors de la pose et dépose du vitrail, mouvements répétitifs pour les travaux de précision, port de charges lourdes lors du transport des panneaux et plaques de

Exposition au plomb chez les vitraillistes

Évaluation et prévention

verre...) et chimiques, notamment par l'omniprésence du plomb. Ce travail s'est intéressé exclusivement au risque d'exposition au plomb des vitraillistes, en étudiant les cas de trois salariés reçus en consultation de pathologie professionnelle à l'Hôpital Fernand Widal (Paris) pour lesquels des études de poste ont été effectuées. Cet article sera centré sur l'évaluation de l'exposition et sa prévention.

LE DANGER DU PLOMB [1]

Le plomb et ses composés minéraux peuvent être absorbés par deux voies : respiratoire par inhalation de poussières ou fumées, et digestive par déglutition de particules inhalées ou portage à la bouche de mains contaminées. L'absorption dépend des propriétés du dérivé (hydrosoluble, acidophile...) et de sa taille. Puis il est distribué dans le sang, les tissus mous et l'os où se fait l'essentiel du stockage (jusqu'à plusieurs dizaines d'années) : os compact (forme biologiquement inactive) et os trabéculaire (forme biologiquement active). Son élimination se fait ensuite très lentement par le rein.

Le plomb peut être à l'origine d'intoxications aiguës ou chroniques avec des effets multiples : hématologiques (anémie), neurologiques (encéphalopathie, troubles mentaux organiques, neuropathies périphériques...), rénaux (néphropathies), digestifs (syndrome douloureux abdominal, coliques au plomb), cardiovasculaires (HTA), hépatiques, métaboliques et endocriniens.

Le plomb peut également être responsable de troubles de la reproduction :

- chez la femme : effets sur le développement fœtal (risque augmenté

d'avortement, d'accouchement prématuré et de petits poids de naissance) et neurotoxicité par passage de la barrière fœto-placentaire.

- chez l'homme : toxicité testiculaire (oligospermie, asthénospermie, tératospermie).

Enfin, le plomb est classé cancérigène possible (groupe 2B) par le Centre international de recherche sur le cancer.

L'ACTIVITÉ DU VITRAILLISTE [2]

Le patrimoine français, avec ses cathédrales notamment, abrite la plus grande surface de vitraux au monde. Ainsi, l'activité de restauration de vitraux anciens prédomine sur la création de vitraux neufs. En France, le travail du vitrail concernerait environ 1 100 professionnels dans 450 entreprises [3], pour l'essentiel des petites structures aux moyens de prévention limités.

LA CONSTRUCTION DE VITRAUX NEUFS

LA RÉALISATION DE LA MAQUETTE

Dans un premier temps, le vitrailliste se déplace sur le lieu d'installation du futur vitrail (église, maison...). Il prend les mesures précises, apprécie la luminosité et note les caractéristiques du lieu. Les étapes suivantes se font à l'atelier.

À partir de ces mesures et de l'idée originelle du client, le vitrailliste élabore la maquette. Il s'agit d'un dessin détaillé du futur vitrail à l'échelle 1/10°. La maquette rend compte précisément du tracé des baguettes de plomb, du détail des peintures, des limites des différents panneaux. Toutes les informations y sont retranscrites pour servir de base à la construction du vitrail.

LA COLORATION

Le vitrailliste choisit ses verres parmi des échantillons en fonction de leur teinte, leur forme et leur granulation, pour s'adapter au mieux aux contingences physiques du futur emplacement : luminosité, espace... tout en restant le plus fidèle possible à l'idée initiale. Selon les besoins, le vitrailliste peut ensuite travailler les verres afin d'obtenir un rendu plus fin en transparence, opacité, matité, brillance... Pour ce faire, il existe plusieurs procédés.

Le *fusing* consiste à obtenir une pièce de verre homogène grâce à un collage de différents verres par fusion. Des morceaux de verres de couleurs ou d'aspects différents sont superposés sur une plaque de verre qui sert de support, puis le tout est cuit dans un four aux environs de 800 °C.

Le thermoformage, associé ou non au *fusing*, est utilisé pour donner une forme, un relief ou une texture particulière à un verre plat, grâce à un moule, sous l'effet de la cuisson. Pour ces deux procédés, les difficultés rencontrées tiennent à la maîtrise de la cuisson et de la compatibilité des verres.

Enfin, le sablage est la gravure d'une plaque de verre par projection de sable sous pression.

LA RÉALISATION DU TRACÉ

Le tracé est le dessin précis du futur vitrail, panneau par panneau à l'échelle 1/1. Souvent réalisé sur du papier bulle, il servira de patron pour la découpe des pièces de verre à bonnes dimensions (photo 1).

LE CALBRAGE ET LE DÉCOUPAGE DU VERRE

Dans la méthode traditionnelle, les pièces de verre sont fixées entre elles par du plomb utilisé sous forme de baguettes dont la section



↑ **Photo 1** : Vitrail et traçé (atelier Vitrail du Temple à Paris).

dessine un « H » (photo 2). Les pièces de verre peuvent ainsi se glisser entre les ailes du H, ce qui assure la stabilité du vitrail. Lorsque cette méthode est utilisée, le calibrage précède donc le découpage du verre. Pour calibrer, le vitrailiste découpe le tracé en suivant le trajet des baguettes de plomb, afin d'individualiser chaque pièce. Or il doit tenir compte de l'épaisseur des baguettes c'est-à-dire du « H », autrement appelée l'âme du plomb. Pour ce faire, il utilise des ciseaux dits « à calibrer » portant trois lames qui soustraient un ruban à l'exacte épaisseur de l'âme du plomb (le plus souvent 1,75 mm) (photo 3).

Si la méthode au cuivre est utilisée, le découpage est fait en utilisant des ciseaux ordinaires, puisque les rubans de cuivre sont fins.

Le vitrailiste réalise ainsi des calibres ou gabarits, qu'il placera sur le verre. Puis, la découpe du verre est faite le long de ces calibres maintenus à la main, en découpant le verre avec un diamant ou coupe-verre (photo 4).

LA DÉCORATION DES PIÈCES DE VERRE

Il s'agit de peindre les pièces de verre découpées. Cette opération n'est pas réalisée de façon systématique, cela dépend du vitrail souhaité, les différentes teintes

de verre pouvant suffire à rendre compte du dessin souhaité. Une table lumineuse est souvent utilisée pour poser les pièces de verre pendant l'application de la peinture afin de se rendre compte du résultat final. Pour cette étape, le vitrailiste dispose de plusieurs techniques de peinture : la grisaille, les émaux, le jaune d'argent...

La grisaille est la technique la plus anciennement et souvent utilisée. C'est une peinture vitrifiable, c'est-à-dire qu'elle adhère au verre après cuisson. Elle se présente sous la forme d'une poudre qui contient un pigment, un oxyde métallique généralement à base de plomb et un fondant. La gamme de couleurs proposée est aujourd'hui vaste, mais traditionnellement ce sont des teintes de brun à noir (photo 5 page suivante). Le vitrailiste dilue cette poudre en fonction de la teinte souhaitée. Les diluants utilisés sont l'eau, le vinaigre, l'essence de térébenthine, le lait... Le vitrailiste applique ensuite cette grisaille diluée avec un fin pinceau sur les différentes pièces de verre pour obtenir le motif final. Puis, ces pièces peintes sont cuites au four à une température d'environ 650 °C pour fixer la peinture sur le verre. Après séchage, la grisaille peut être grattée pour produire des effets de couleurs.



↑ **Photo 2** : Baguette de plomb, avec aperçu de l'âme du plomb, en forme de « H ».



↑ **Photo 3** : Ciseaux à calibrer à trois lames.



↑ **Photo 4** : Découpe du verre au coupe-verre.

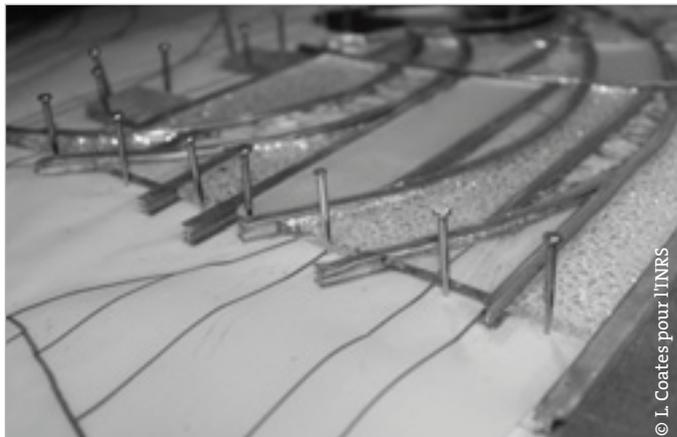
Exposition au plomb chez les vitraillistes

Évaluation et prévention



© L. Coates pour l'INRS

↑ Photo 5 : Grisailles avec palettes de couleurs disponibles.



© L. Coates pour l'INRS

↑ Photo 6 : Sertissage au plomb des pièces de verre.



© L. Coates pour l'INRS

↑ Photo 7 : Sertissage au cuivre.

LE SERTISSAGE

Il existe plusieurs techniques de finition, qui diffèrent par les matériaux d'assemblage : réseau de baguettes de plomb (méthode traditionnelle) ou de rubans de cuivre adhésifs (méthode Tiffany).

La méthode traditionnelle au plomb est la plus courante. Le vitrailliste place une pièce de verre sur son plan de travail à l'emplacement prévu par le tracé, puis sur tout le contour de la pièce, encastre des baguettes de plomb coupées aux bonnes dimensions. La même action est répétée pour chaque pièce (photo 6). L'organisation du réseau de plomb est préalablement étudiée pour garantir la rigidité du vitrail. Puis ces baguettes de plomb sont fixées entre elles par un point de brasage sur chaque intersection. Il s'agit de brasage tendre. Le vitrailliste utilise un fer à souder électrique à une température de chauffe approchant les 200 °C avec un fil d'alliage plomb-étain (40 % - 60 %).

La méthode Tiffany, plus récente, date du XIX^e siècle et consiste à utiliser des rubans de cuivre auto-collants à la place des baguettes de plomb pour sertir les pièces de verre (photo 7). Le rendu est donc différent, son utilisation sera appréciée en fonction du motif souhaité.

LE MASTICAGE

Le vitrailliste applique ensuite un mastic à base d'huile de lin, de blanc de Meudon (craie des falaises de Meudon) et de siccatif sur le vitrail pour assurer son étanchéité. Pour finir, le vitrail est mis en place, encasté à l'endroit prévu en utilisant chaux, plâtre, voire ciment, et outils à mains.

LA RESTAURATION DE VITRAUX ANCIENS

Intempéries, vandalisme, pollution, négligence humaine... le vieillissement du patrimoine de vitraux français est à l'origine d'une augmentation des besoins en réparation. Pour la restauration d'un vitrail, plusieurs opérations sont nécessaires.

Dans un premier temps, le vitrailliste se rend sur place (le plus souvent dans des églises), pour procéder à la dépose du vitrail abîmé. Celui-ci est descellé en utilisant des outils à mains comme le burin. Les étapes suivantes se font souvent à l'atelier.

Les panneaux de vitraux sont brossés pour éliminer la poussière qui les recouvre. Le vieillissement des vitraux, accentué par les intempéries et la pollution atmosphérique, crée une couche de poussière qui contient notamment des produits d'altération des verres et grisailles, en particulier de l'oxyde de plomb.

Puis, le vitrailliste démonte le vitrail, c'est le dessertissage. Les anciennes baguettes de plomb oxydées sont coupées avec une pince pour être retirées.

Les différents verres sont ensuite nettoyés à l'éponge humidifiée et/ou au grattoir. C'est la restauration du vitrail à proprement parler. Si nécessaire, le vitrailliste peut être amené à reprendre les peintures en utilisant, comme pour la confection de vitraux neufs, soit de la grisaille, soit des émaux.

Une fois lavées et recolorées, les différentes pièces de verre sont réassemblées. Les étapes de sertissage et de masticage sont les mêmes que pour la création de vitraux neufs.

Pour finir, le vitrail ainsi restauré est remis en place, rescellé avec de la chaux, du plâtre ou du ciment.

ÉTUDE DES CAS DE TROIS SALARIÉS REÇUS EN CONSULTATION DE PATHOLOGIE PROFESSIONNELLE

ENTREPRISE A : SALARIÉS 1 ET 2

DESCRIPTION DE L'ENTREPRISE A

Il s'agissait d'une petite entreprise familiale, qui fabriquait des vitraux neufs et réparait des vitraux anciens. L'atelier faisait 150 m² et comprenait au maximum 10 salariés, dont un affecté à la mise en peinture et un autre au démontage. Il existait un petit vestiaire, sans point d'eau, ni douche. Le chauffage se faisait par soufflerie, il n'y avait ni hotte, ni système de captation. Le nettoyage de l'atelier se faisait habituellement par balayage à sec et occasionnellement à l'aspirateur ordinaire. Les salariés travaillaient en vêtements de ville qu'ils lavaient eux-mêmes. Il n'y avait donc pas de vêtement de protection individuelle. Les salariés mangeaient et buvaient dans l'atelier ou dans la cuisine attenante.

CAS DU SALARIÉ 1

Mme X., âgée de 42 ans était adressée par son médecin du travail en consultation de pathologie professionnelle pour une plombémie élevée à 310 µg.L⁻¹. Elle était vitrailliste depuis 9 ans. Auparavant, une seule plombémie avait été dosée, trois ans plus tôt alors que Mme X. travaillait dans un autre atelier avec une activité similaire. La plombémie était alors à 120 µg.L⁻¹.

Salariée depuis un an dans l'entreprise A, Mme X. vivait sur son lieu de travail la semaine, dormant dans une mezzanine au dessus de l'ate-

lier. Elle répartissait son activité pour trois-quarts du temps en la restauration de vitraux anciens et pour le quart restant en la construction de vitraux neufs.

Mme X. ne présentait aucun antécédent particulier, pas d'onychophagie, ni de tabagisme. Elle n'avait pas d'enfant. L'examen clinique était sans particularité.

Sur le plan biologique, la plombémie a été contrôlée à 251 µg.L⁻¹, les ZPP (protoporphyrine liée au zinc) étaient inférieures à 2,1 µg.g⁻¹ d'hémoglobine (pour des individus non exposés au plomb les ZPP sont inférieures à 3 µg.g⁻¹ d'Hb), l'acide delta-aminolévulinique (ALA) urinaire à 2,9 mg.g⁻¹ de créatinine et la plomburie provoquée à 290 µg/5 h.

En synthèse, Mme X. présentait une élévation modérée de la plombémie, non compliquée, en rapport avec une contamination professionnelle au plomb, vraisemblablement du fait d'un manque de règles de prévention et d'hygiène. Le bilan clinique et biologique étant rassurant, des examens complémentaires ne semblaient pas nécessaires. Le traitement par chélation n'était pas indiqué. Cependant, il convenait de surveiller l'évolution des plombémies et renforcer la surveillance médicale. Une information sur les risques d'exposition au plomb et les voies de contamination a été donnée à Mme X. ainsi que les mesures de prévention et les règles d'hygiène à appliquer, notamment ne pas manger ni boire sur le lieu de travail, changer de vêtements pour le travail et la ville, se laver en fin de poste.

CAS DU SALARIÉ 2

M. Y., âgé de 28 ans, était adressé par son médecin du travail en consultation de pathologie profession-

Exposition au plomb chez les vitraillistes

Évaluation et prévention

nelle pour une plombémie élevée à 470 µg.L⁻¹ trois mois auparavant. Vitrailliste depuis deux ans dans l'entreprise A, il n'avait eu dans le passé qu'un seul dosage de la plombémie lors de son apprentissage deux ans plus tôt, alors à 180 µg.L⁻¹.

Son activité dans l'entreprise A consistait essentiellement en la restauration de vitraux anciens et, de façon occasionnelle, en la fabrication de vitraux. Il mangeait et buvait régulièrement dans l'atelier et ne se lavait pas les mains de façon systématique. Il ne prenait pas de douche en fin de poste.

Dans ses antécédents, on notait un tabagisme actif, pas d'onychophagie. L'examen clinique était sans particularité.

Sur le plan biologique, la plombémie a été contrôlée à 344 µg.L⁻¹, les ZPP étaient inférieures à 2,1 µg.g⁻¹ d'Hb, les ALA urinaires étaient à 1,2 mg.g⁻¹ créatinine et la plomburie provoquée à 869 µg.g⁻¹ de créatinine et 36 µg/5 heures.

Au total, M. Y. présentait une plombémie élevée vraisemblablement par contamination aiguë au regard de la diminution spontanée en quelques semaines de la plombémie de 470 à 344 µg.L⁻¹. Par ailleurs, le bilan clinique et biologique était rassurant. Les marqueurs d'effets précoces du plomb étaient dans les normes : ZPP et ALA urinaires. Au moment de la consultation, M. Y. venait d'être licencié de l'entreprise, une surveillance simple des plombémies était donc décidée et une information sur les risques d'exposition et mode de contamination au plomb était donnée.

MÉTROLOGIE

À la suite de ces consultations, l'aide de la Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (CRAMIF) a été sollicitée par le service de patho-

logie professionnelle et le médecin du travail de l'entreprise A, dans le but d'évaluer l'exposition au plomb des salariés et de préconiser des mesures de prévention adaptées.

La CRAMIF a réalisé des prélèvements aux différents postes de travail de l'atelier : démontage, montage, désassemblage, soudage et peinture (annexe). Au moment des prélèvements, quatre salariés étaient présents.

Trois prélèvements atmosphériques d'ambiance (tableau I) avec capteurs actifs ont été réalisés à proximité des différents postes de travail. La valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) sur 8 h de 0,10 mg.m⁻³ (article R. 4412-149 du Code du travail) n'a pas été dépassée. Cependant, le faible nombre de prélèvements ne permettait pas de garantir le non-dépassement puisque l'on considère qu'il n'y a pas de risque de dépassement de

la valeur limite si l'ensemble des mesures ne dépasse pas 1/10^e de la valeur limite soit 0,01 mg.m⁻³. Or ici, la mesure effectuée à proximité du poste de démontage était de 0,036 mg.m⁻³, donc au-dessus de ce seuil.

Quatre prélèvements atmosphériques individuels avec capteurs actifs ont été réalisés au niveau des voies respiratoires des salariés (tableau II). Les valeurs retrouvées étaient plus élevées que les prélèvements d'ambiance et variaient de 0,016 à 1,41 mg.m⁻³. La valeur la plus élevée était retrouvée pour le salarié 4 au poste de démontage, toutes ces mesures dépassaient le 1/10^e de la valeur limite d'exposition en milieu professionnel.

Quatre prélèvements surfaciques ont été effectués sur des surfaces qui ne devraient pas être contaminées par le plomb, à savoir deux sur la table où étaient pris les repas et

↓ Tableau I

> RÉSULTATS D'ANALYSE DES PRÉLÈVEMENTS ATMOSPHÉRIQUES D'AMBIANCE EFFECTUÉS À PROXIMITÉ DES POSTES DE TRAVAIL.

	Plomb (mg.m ⁻³)
À proximité des postes de travail sur vitraux neufs et anciens	< 0,009 < 0,0089
À proximité du plan de travail du démontage de vieux vitraux	0,036

↓ Tableau II

> RÉSULTATS D'ANALYSE DES PRÉLÈVEMENTS ATMOSPHÉRIQUES INDIVIDUELS EFFECTUÉS AU NIVEAU DES VOIES RESPIRATOIRES DES SALARIÉS.

	Plomb (mg.m ⁻³)
Salarié 1 : travail sur vitraux neufs et anciens	0,019
Salarié 2 : montage de vitraux neufs	0,016
Salarié 3 : création de vitraux neufs, démontage de vieux vitraux	0,095
Salarié 4 : démontage de vieux vitraux	1,41

deux sur un plan de travail dans la cuisine de l'atelier (figure 1). La valeur de 1 mg.m^{-2} recommandée en santé publique pour mesurer le seuil de contamination des sols par le plomb après travaux a été prise comme référence (article L. 1334-2 du Code de la santé publique). Bien qu'il ne s'agisse pas d'une valeur réglementaire dans le cadre professionnel, elle sert de référence pour évaluer la contamination des surfaces. Un prélèvement au niveau du plan de travail était supérieur à cette valeur.

Quatre prélèvements surfaciques ont été réalisés au niveau des mains des salariés après lavage (figure 2) : trois prélèvements pour les salariés affectés au poste de travail sur vitraux anciens et neufs, et un prélèvement pour le salarié affecté au poste de démontage. Il n'existe pas de valeur de référence pour les métaux déposés sur les mains. La valeur de $6 \mu\text{g}$ a été prise comme référence, elle correspond à la quantité de plomb sur des mains non exposées professionnellement au plomb. Tous les prélèvements effectués étaient largement supérieurs à cette valeur.

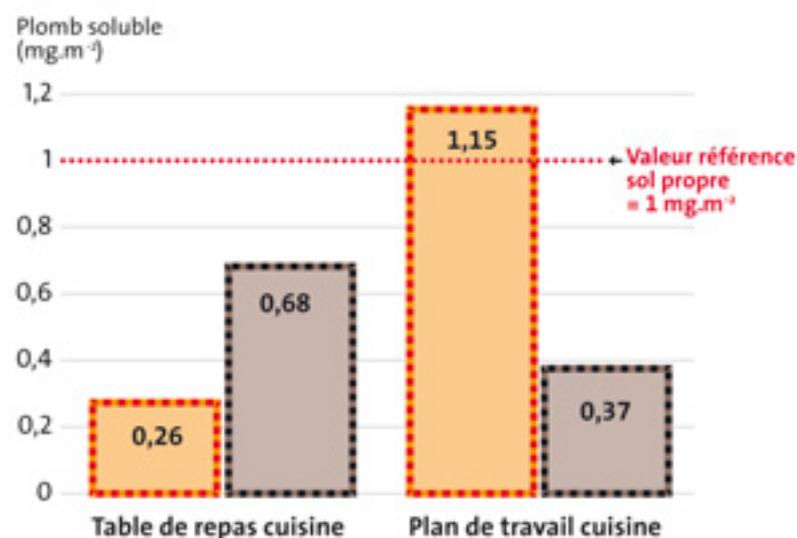
ENTREPRISE B : SALARIÉ 3

DESCRIPTION DE L'ENTREPRISE B

Il s'agissait d'une entreprise de fabrication de vitraux neufs et de restauration de vitraux anciens. L'atelier faisait 80 m^2 et comprenait 10 salariés. Il existait un côté chantier (assemblage et démontage) et un côté atelier (restauration et création). Les plans de travail étaient partagés entre les deux activités. Un poste était dédié à la peinture sur vitrail. Il n'y avait pas d'aération générale. Les équipements de protection individuelle comprenaient des vêtements fournis par l'employeur et nettoyés par les salariés chez eux.

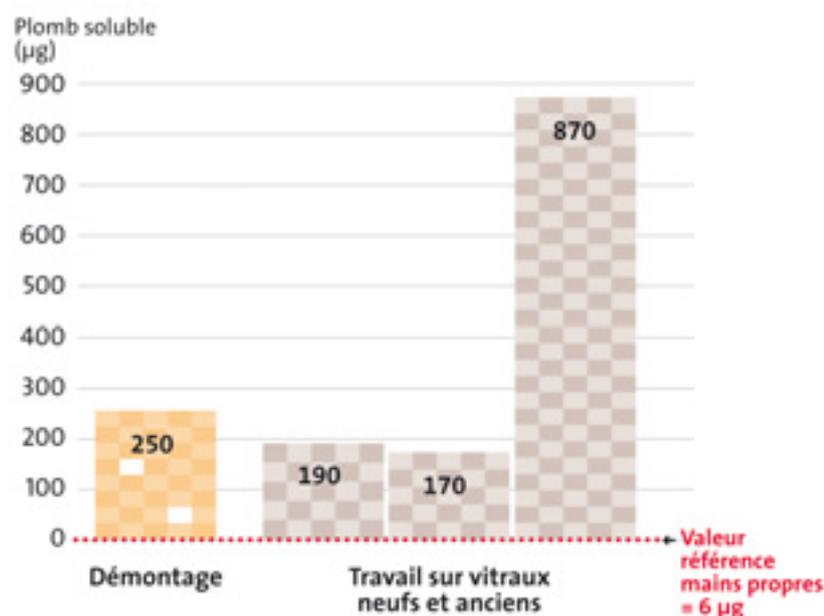
↓ Figure 1

Résultats d'analyse des prélèvements de plomb effectués sur des surfaces qui ne devraient pas être contaminées dans l'entreprise A.



↓ Figure 2

Résultats d'analyse des prélèvements surfaciques effectués au niveau des mains des salariés dans l'entreprise A après lavage.



Exposition au plomb chez les vitraillistes

Évaluation et prévention

Le nettoyage de l'atelier était fait à l'aspirateur une fois par semaine (sans précision sur la présence ou non d'un filtre absolu). Un petit vestiaire et une douche étaient disponibles. Les salariés mangeaient dans un local de l'atelier, en vêtements de travail.

CAS DU SALARIÉ 3

M. Z., âgé de 47 ans, était adressé par son médecin du travail en consultation de pathologie professionnelle pour avis sur son aptitude au poste de vitrailliste en raison d'une élévation de sa plombémie.

M. Z. était vitrailliste depuis 25 ans, salarié dans la même entreprise. Son activité était jusque là également partagée entre la restauration de vitraux anciens et la construction de vitraux neufs. Il ne faisait pas de peinture. Il nettoyait les vitraux anciens à l'eau sous pression dans un poste isolé. Il portait des gants, mais pas de masque. Puis M. Z. démontrait les vitraux et les nettoyait à la balayette. Il utilisait la méthode traditionnelle au plomb.

Surveillée tous les ans, la plombémie était jusque là stable autour de $200 \mu\text{g.L}^{-1}$, mais à la suite d'une augmentation de la part de travail sur vitraux anciens à 70 % de son activité, elle s'était élevée à $468 \mu\text{g.L}^{-1}$, puis à $374 \mu\text{g.L}^{-1}$ un an plus tard, M. Z. restant asymptomatique.

Dans ses antécédents, on retenait uniquement un tabagisme actif. L'examen clinique était sans particularité. Il n'y avait pas d'onychophagie.

Sur le plan biologique, la plombémie a été contrôlée à $537 \mu\text{g.L}^{-1}$, les ZPP étaient basses à $3,50 \mu\text{g.g}^{-1}$ d'Hb, la plomburie provoquée basse à $406 \mu\text{g}/5 \text{ h}$, soit $1069 \mu\text{g.g}^{-1}$ créatinine et $0,48 \mu\text{g}/5\text{h}/\text{mg}$ d'EDTA (acide éthylène diamine tétraacétique). Par ailleurs, le reste du bilan biologique était sans particularité :

fonction rénale, uricémie, microalbuminurie, alpha-1-microglobulinurie et TSH.

Devant l'élévation importante de la plombémie, la recherche de complications a été complétée sur le plan neurologique. Les tests psychométriques, les potentiels évoqués visuels, les potentiels évoqués cognitifs, somesthésiques et l'électromyogramme, n'ont pas montré de signe en faveur d'une atteinte neurologique due à l'intoxication par le plomb.

Au total, M. Z. présentait une élévation récente de sa contamination par le plomb, sans complication retrouvée. Cela concordait dans le temps avec l'augmentation de son activité de restauration de vitraux anciens, qui génère beaucoup de poussières d'oxyde de plomb. Un traitement par chélation par EDTA a été réalisé et a permis une diminution de la plombémie à $274 \mu\text{g.L}^{-1}$ deux mois après la fin du traitement. Dès lors, M. Z. paraissait pouvoir reprendre son activité de vitrailliste. Une information sur les

risques d'exposition et de contamination par le plomb lui a été donnée et les mesures de prévention et d'hygiène à respecter lui ont été rappelées.

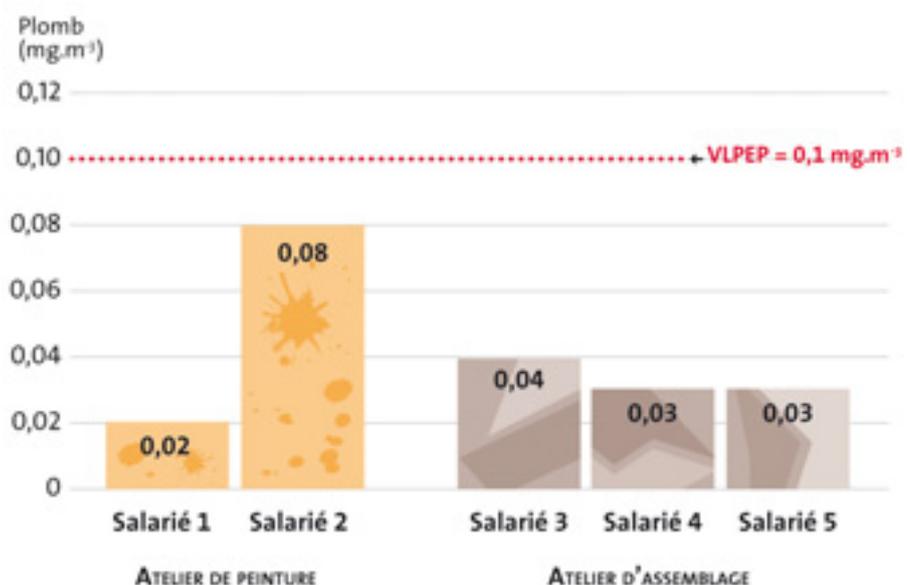
MÉTROLOGIE

Trois ans avant la consultation de M. Z., la CRAMIF avait réalisé des prélèvements dans l'entreprise B pour évaluer les niveaux d'exposition au plomb et préconiser des mesures de prévention (annexe). Les prélèvements concernaient deux postes à risque d'exposition au plomb *a priori*, c'est-à-dire l'assemblage des vitraux (manipulation de baguettes de plomb et brasure au fil étain-plomb) et la peinture (manipulation et mélange de grisaille contenant du plomb). Cinq salariés étaient présents le jour des prélèvements : trois pour l'assemblage et deux pour la peinture.

Cinq prélèvements atmosphériques individuels avec capteurs actifs ont été réalisés au niveau des voies respiratoires des salariés des deux ateliers (figure 3). La

↓ Figure 3

Résultats d'analyse des prélèvements atmosphériques individuels effectués au niveau des voies respiratoires des salariés de l'entreprise B.



valeur la plus élevée correspondait au salarié effectuant le plus de mélanges de peintures. Si la VLEP fixée à $0,1 \text{ mg.m}^{-3}$ n'a pas été dépassée, toutes les mesures effectuées étaient supérieures au $1/10^{\circ}$ de cette valeur.

Onze prélèvements surfaciques ont été réalisés sur des surfaces qui n'auraient pas dû normalement être contaminées, comme la table du réfectoire et le combiné du téléphone dans le bureau, et sur d'autres surfaces comme la commande du robinet dans les sanitaires, la porte du vestiaire et les établis de peinture et d'assemblage (tableau III). La valeur de 1 mg.m^{-2} prise comme référence (sol propre après travaux, article L. 1334-2 du Code de la Santé publique) était dépassée pour une table du réfectoire, une commande de robinet et les deux établis. La valeur la plus faible retrouvée était dans le bureau et la plus élevée au niveau de l'établi d'assemblage. On notait une augmentation des valeurs sur la journée, augmentation du niveau de contamination en 4 heures d'intervalle au niveau de la même surface.

Dix prélèvements surfaciques ont été réalisés sur les mains des salariés des deux ateliers avant et après lavage (tableau IV). Les prélèvements variaient entre $1\,009$ et $23\,043 \mu\text{g}$ avant lavage et entre 61 et $409 \mu\text{g}$ après lavage. Ces valeurs étaient toutes largement supérieures à la valeur prise comme référence pour des mains « propres » non exposées professionnellement au plomb de $6 \mu\text{g}$. Les valeurs les plus élevées étaient retrouvées pour les salariés travaillant à l'atelier d'assemblage, que ce soit avant ou après lavage des mains.

Tableau III

➤ RÉSULTATS D'ANALYSE DES PRÉLÈVEMENTS SURFACIQUES EFFECTUÉS.

	Plomb soluble (mg.m^{-2})
RÉFECTOIRE	
Table de repas	0,550
Table à dessins	7,460
Micro-ondes	0,710
BUREAUX	
Combiné téléphone	0,012
SANITAIRES	
Robinet	0,970 6,130 (H+4, contrôle à 4 h)
Porte	0,860 0,480
ATELIER D'ASSEMBLAGE	
Établi	388
ATELIER DE PEINTURE	
Établi	45
Robinet	0,110

Tableau IV

➤ RÉSULTATS D'ANALYSE DES PRÉLÈVEMENTS SURFACIQUES EFFECTUÉS AU NIVEAU DES MAINS DES SALARIÉS.

		Plomb (μg)
ATELIER PEINTURE		
Salarié 1	Mains avant lavage	1 009
	Mains après lavage	61
Salarié 2	Mains avant lavage	4 990
	Mains après lavage	64
ATELIER D'ASSEMBLAGE		
Salarié 3	Mains avant lavage	15 169
	Mains après lavage	409
Salarié 4	Mains avant lavage	7 176
	Mains après lavage	225
Salarié 5	Mains avant lavage	23 043
	Mains après lavage	111

Exposition au plomb chez les vitraillistes

Évaluation et prévention

DISCUSSION

ÉVALUATION DE L'EXPOSITION AU PLOMB

MÉTROLOGIE

La métrologie permet d'évaluer la contamination par le plomb de l'environnement de travail du salarié, dans l'atmosphère et sur les surfaces. Les prélèvements atmosphériques sont utiles pour apprécier l'exposition par inhalation tandis que les prélèvements surfaciques renseignent sur le risque d'ingestion.

Prélèvements atmosphériques

Dans les cas étudiés, la CRAMIF a réalisé des prélèvements atmosphériques d'ambiance et individuels. Les prélèvements atmosphériques d'ambiance ont permis d'évaluer la pollution générale de l'air de l'atelier par le plomb. Les valeurs obtenues étaient toutes en dessous de la VLEP, mais pouvaient dépasser l'objectif fixé à 1/10^e de la VLEP, en particulier à proximité des postes de travail sur vieux vitraux, suggérant que ces postes étaient une source possible de pollution de l'air par le plomb. Le niveau de contamination de l'air par le plomb n'était donc pas négligeable, constituant un risque de contamination par inhalation, en particulier lors des activités de restauration.

Pour les prélèvements atmosphériques individuels, la tête de captage était placée sur le salarié, au niveau de ses voies aériennes supérieures. Ils renseignaient donc sur le risque de contamination respiratoire pour le salarié à son poste de travail. Ces prélèvements pouvaient dépasser la VLEP, en particulier pour le salarié affecté au démontage de vieux vitraux (1,41 mg.m⁻³). Des valeurs élevées (supérieures à 0,05 mg.m⁻³) ont également été retrouvées à la

confection de mélanges de peintures ou grisaille et la réfection de vieux vitraux. Pour ces postes, l'exposition au plomb par inhalation semblait donc réelle, justifiant la surveillance médicale renforcée des travailleurs (articles R. 4624-18 et 4412-160 du Code du travail). Les valeurs les plus basses étaient retrouvées pour les activités sur vitraux neufs (assemblage, sertissage...).

Enfin, les valeurs d'ambiance semblaient inférieures aux valeurs individuelles, ce qui suggérait une pollution spécifique aux postes de travail.

Prélèvements surfaciques

La CRAMIF a également effectué des prélèvements surfaciques de plomb : les uns sur des surfaces ou objets de l'atelier, les autres sur les mains des salariés. Ils sont intéressants pour évaluer l'exposition au plomb par la voie digestive, les poussières de plomb pouvant contaminer les mains des travailleurs puis être ingérées en cas de portage main-bouche. Ils permettent de localiser les surfaces contaminées, donc de repérer des sources d'exposition.

● Prélèvements surfaciques sur des objets

Pour ce type de mesures, il n'existe pas de valeur réglementaire de référence en milieu de travail. La valeur de 1 mg.m⁻² recommandée en santé publique pour évaluer le risque de contamination du sol des habitations après travaux était donc prise comme référence (article L. 1334-2 du Code de la Santé publique).

Dans les cas étudiés, toutes les surfaces apparaissaient contaminées par le plomb, en particulier celles qui n'auraient pas dû l'être. Des valeurs supérieures à la valeur référence ont ainsi été retrouvées pour

les tables de la cuisine, où étaient pris les repas. Les valeurs les plus élevées étaient logiquement observées pour les surfaces de travail, à savoir les établis d'assemblage et de peinture, avec des valeurs dépassant largement la valeur référence (respectivement 45 et 388 mg.m⁻²). La valeur la plus importante concernait l'établi d'assemblage, ce qui peut s'expliquer par le fait que cette activité est fortement génératrice de poussières de plomb.

Enfin, il a été noté une augmentation de la contamination des surfaces au cours de la journée, avec l'activité.

● Prélèvements surfaciques sur les mains des salariés

Quant aux prélèvements réalisés au niveau des mains des salariés, ils permettaient d'évaluer leur niveau de contamination cutanée et donc le risque de contamination interne par ingestion. Ici encore, il n'existe pas de valeur limite pour les métaux déposés sur les mains. La valeur de 6 µg correspondant à des mains non exposées professionnellement au plomb était donc prise comme référence (référence interne CRAMIF).

Dans cette étude, on observait une contamination majeure des mains des salariés et notamment après lavage et avant le repas. Toutes les valeurs étaient largement supérieures à la valeur indicative et variaient après lavage entre 61 et 870 µg. Le risque de contamination par ingestion après portage main-bouche était donc majeur.

BIOMÉTROLOGIE

La biométrie permet d'évaluer l'exposition au plomb par des marqueurs biologiques et ce, quelle que soit la voie d'absorption. Elle permet une intégration temporelle des expositions, tient compte des

différents types d'exposition (aiguë, accidentelle ou chronique), des différentes voies d'exposition (dans le cas du plomb, respiratoire et digestive) et intègre les facteurs individuels : insuffisance rénale...

Il existe des marqueurs de l'exposition au plomb (la plombémie, la plomburie spontanée et provoquée, le plomb osseux) et des marqueurs des effets du plomb (ALA-U, ALA-D, ZPP, hémoglobine, urée, créatinine, bilan hépatique...) [4].

Les marqueurs de l'exposition au plomb

● La plombémie

Meilleur indicateur de l'exposition au plomb, la plombémie présente une bonne corrélation avec les effets. Le dosage doit être réalisé par un laboratoire accrédité depuis le 1^{er} janvier 2012 (arrêté du 15 décembre 2009) avec contrôle de qualité externe, en évitant toute contamination lors du prélèvement. Idéalement, le dosage est fait le lundi matin, en dehors des locaux de travail, après retrait des vêtements de travail et décontamination soigneuse de la peau.

Dans les cas étudiés, les plombémies variaient entre 251 et 537 $\mu\text{g.L}^{-1}$ et étaient toutes supérieures aux valeurs d'une population non exposée ($<100 \mu\text{g.L}^{-1}$). La valeur la plus élevée concernait un salarié restaurateur de vitraux depuis 25 ans, tabagique actif, ayant récemment travaillé sur une commande de vieux vitraux. Pour rappel, la valeur limite réglementaire à ne pas dépasser est de 300 $\mu\text{g.L}^{-1}$ pour les femmes, et 400 $\mu\text{g.L}^{-1}$ pour les hommes (article R. 4412-152 du Code du travail). La plombémie de ce salarié dépassait donc cette valeur limite. La plombémie la plus basse, 251 $\mu\text{g.L}^{-1}$, était celle d'une salariée restauratrice de vieux vitraux pour les trois-quarts de son activité, depuis 9 ans.

● Autres marqueurs

Pour les salariés étudiés, seule la plomburie provoquée a été effectuée. Bon indicateur de la dose interne de plomb, elle reflète le *pool* biologiquement actif. Elle était relativement basse pour tous les cas, variant entre 36 et 406 $\mu\text{g}/5 \text{ h}$, et entre 869 et 1 069 $\mu\text{g.g}^{-1}$ créatinine. Associée à des plombémies élevées, elle orientait vers des contaminations aiguës par le plomb, sans imprégnation importante de l'organisme, qui pouvaient correspondre à une modification récente de l'activité professionnelle.

Le plomb osseux est un bon indicateur de la dose interne mais rarement dosé en routine, il n'a pas été mesuré chez les trois patients.

Les biomarqueurs d'effets du plomb évaluent sa toxicité aiguë et/ou chronique.

L'intoxication aiguë, rare en milieu professionnel, comprend surtout des troubles digestifs, une anémie hémolytique et une insuffisance rénale. Sa gravité tient aux troubles neurologiques à type d'encéphalopathie. Aucun des salariés ne présentait de tels symptômes. Les premiers signes de l'effet biologique du plomb sont liés à l'action inhibitrice des enzymes de la synthèse de l'hème : ALA-déshydratase (ALA-D), hème synthétase et coproporphyrinogène décarboxylase [4]. Pour les salariés étudiés, l'ALA-D n'a pas été dosée, elle n'est plus couramment utilisée car peu spécifique du plomb et peu sensible pour des plombémies supérieures à 400 $\mu\text{g.L}^{-1}$. En revanche, les ALA urinaires, bon indicateur d'effets en cas de forte exposition, ont été dosées. Les valeurs étaient basses. Enfin, les ZPP sont un bon indicateur de l'exposition au plomb des mois précédents. Les valeurs de ZPP retrouvées étaient également basses, au maximum de 3,5 $\mu\text{g.g}^{-1}$ d'Hb, corroborant le carac-

tère récent de la contamination par le plomb.

Pour évaluer la toxicité chronique, retardée du plomb, d'autres examens complémentaires peuvent être réalisés. Ils sont orientés par la clinique, la plombémie et les marqueurs d'effets précoces. Ainsi, dans cette étude, un seul salarié a bénéficié de cette recherche d'effets chroniques : il s'agissait du salarié le plus exposé, avec la plombémie la plus élevée et la durée d'exposition la plus longue. Des effets neurologiques ont été recherchés, notamment des troubles mentaux organiques avec la réalisation de tests psychométriques (pertinents dès 500 $\mu\text{g.L}^{-1}$), des potentiels évoqués visuels, somesthésiques et cognitifs. Un électromyogramme a été réalisé à la recherche d'une neuropathie périphérique. Aucun signe d'atteinte lié au plomb n'a été retrouvé. De plus, une numération formule sanguine, ainsi qu'un bilan biologique des fonctions rénale et thyroïdienne, ont complété le bilan qui a permis d'écarter une complication de l'imprégnation saturnine.

CONCLUSION

SUR LES CAS CLINIQUES

Il ressort de cette étude que la voie préférentielle d'exposition par le plomb chez les vitraillistes était digestive par le portage main-bouche de poussières. Les mains étaient contaminées lors du travail des vitraux, mais également à partir des surfaces souillées par le plomb dans l'ensemble des locaux, même dans les lieux de vie, soulignant les manquements aux règles de prévention et d'hygiène. Ce résultat était en accord avec d'autres études, notamment celle de Pant et al. qui, en 1994 [5], retrouvaient des concentrations en plomb dans l'air d'un atelier de vitraillistes bien inférieures au seuil choisi à l'époque de 1,5 mg.m^{-3} , alors

Exposition au plomb chez les vitraillistes

Évaluation et prévention

que les concentrations surfaciques étaient très élevées. Même s'il n'était pas tout à fait possible d'exclure un dépassement des valeurs limites, ces résultats étaient en faveur d'une contamination préférentielle par voie digestive à partir des surfaces contaminées. L'étude de Baxter et al. [6], réalisée dans les quatre plus grands ateliers de vitraillistes de Grande-Bretagne, montrait quant à elle que l'inhalation de fumées et de poussières de plomb ne pouvait pas, à elle seule, expliquer l'élévation des plombémies observées.

Par ailleurs, les activités du vitrailliste les plus exposantes semblaient être celles sur vitraux anciens. En effet, la restauration comprend notamment le nettoyage par brossage à sec des panneaux et le des-sertissage par découpe à la pince des anciennes baguettes de plomb qui mettent en suspension des poussières d'oxyde de plomb, ces poussières grossières sont inhalées puis dégluties. D'autre part, le poste de confection de peinture semblait également à risque élevé d'exposition au plomb. En effet, le grattage de la grisaille sèche à la brosse et la réalisation de peintures obtenues en mélangeant les poudres de grisaille génèrent de la poussière de plomb. D'ailleurs, la contamination des vitraillistes à partir de ces peintures avait déjà été présentée par l'étude de Polato et al. [7], qui observaient des plombémies élevées chez des décorateurs de vitraux, ciblant la manipulation de grisaille comme source de contamination. La pose de la grisaille serait, quant à elle, moins exposante puisqu'elle génère moins de poussières. En comparaison, l'activité sur vitraux neufs apparaissait être une moindre source d'exposition au plomb. La manipulation de baguettes de plomb neuves lors du sertissage semble en effet peu contaminante car le plomb neuf ne

libère pas beaucoup de poussières lorsqu'il est coupé à la pince.

Quant aux fumées de brasage obtenues au fer à souder chauffé à 200 °C avec un fil étain-plomb, elles ne contiennent *a priori* ni plomb, ni étain. Le plomb se volatilise vers 550 °C et l'étain à des températures encore plus élevées. Ces fumées contiennent des produits de dégradation des flux, produits organiques irritants et sensibilisants.

Pour les cas étudiés dans ce travail, les niveaux d'imprégnation au plomb suggéraient une relation entre la durée et l'intensité de l'exposition. Ceci avait déjà été noté par Landrigan et al. [8] qui observaient une augmentation de la plombémie avec le nombre d'années de travail, le nombre d'heures travaillées par semaine et le pourcentage d'activité réalisée en utilisant du plomb. Ils notaient des plombémies significativement plus élevées chez les vitraillistes professionnels que chez les vitraillistes occasionnels amateurs.

Par ailleurs, pour les trois cas étudiés ici, les plombémies semblaient plus élevées chez les fumeurs que chez les non-fumeurs, suggérant une relation entre le tabagisme actif et le risque de contamination par le plomb, comme l'avait déjà évoqué Ratkajec [9].

Enfin, si les salariés étudiés présentaient des plombémies élevées, ayant même nécessité pour l'un d'entre eux une chélation, il s'agissait de contaminations aiguës non compliquées, imposant néanmoins de renforcer les mesures de prévention de l'exposition au plomb.

PRÉVENTION DE L'EXPOSITION AU PLOMB

LA SUBSTITUTION

Le premier principe de la prévention est la substitution du plomb par un autre matériau. L'idée avait

déjà été soulevée notamment par l'étude de Pant et al. [5] qui préconisait un changement de la composition des peintures utilisées chez les décorateurs de vitraux présentant des plombémies élevées. Néanmoins ce principe de prévention semble en pratique peu réalisable. Utilisé depuis très longtemps pour sa résistance à la corrosion et sa malléabilité, le plomb se trouve à différents niveaux de l'activité du vitrailliste : le sertissage, la grisaille, les fils de brasage. Si certaines techniques alternatives permettent de diminuer son utilisation, comme la méthode Tiffany (qui utilise des rubans de cuivre pour le sertissage), le *fusing* (qui permet d'obtenir des teintes variées par fusion des verres sans nécessité de peinture) ou encore l'utilisation d'émaux plutôt que de grisaille, la suppression totale de l'utilisation du plomb paraît difficile. De plus, il ressortait de cette étude que la principale source d'exposition au plomb était le travail sur vitraux anciens, pourvoyeur de grandes quantités de poussières d'oxyde de plomb produites lors du vieillissement du vitrail.

LES MESURES DE PRÉVENTION COLLECTIVE

Lorsque la substitution n'est pas possible, l'employeur doit réduire l'exposition au maximum puis évaluer l'exposition qui ne peut être évitée. C'est l'évaluation des risques qui donnera l'orientation des mesures de prévention, en fonction des sources de contamination identifiées et de la voie de contamination principale. Cette étude a montré que les poussières pouvaient être source de contamination par inhalation mais aussi, et surtout, par ingestion *via* le portage à la bouche des mains souillées lors du travail des vitraux ou par contact

avec des surfaces contaminées. La rénovation des vieux vitraux génère davantage de poussières qui vont se déposer sur les surfaces. La prévention de l'exposition au plomb chez les vitraillistes doit donc s'attacher à diminuer l'émission des poussières et leur dépôt sur les surfaces.

Pour diminuer le risque, l'employeur doit privilégier les mesures de prévention collective en combattant les risques à la source. Il convient d'utiliser un système clos et, si cela n'est pas possible, d'isoler les postes à risque avec des systèmes de captage des poussières et fumées au niveau des zones d'émission. Le système de ventilation générale doit être continu, sans recyclage de l'air. À noter qu'il faut éviter les systèmes de soufflerie pour chauffer l'atelier comme cela a été observé dans l'entreprise A, puisqu'ils brassent l'air de l'atelier et participent à la mise en suspension des particules.

LES MESURES DE PRÉVENTION ORGANISATIONNELLE

Les zones propres doivent être séparées des zones contaminées. Ainsi, la loi prévoit que « *les travailleurs exposés au plomb ou à ses composés disposent de deux locaux aménagés en vestiaires collectifs situés près de la sortie de l'établissement, le premier étant exclusivement réservé au rangement des vêtements de ville et le second au rangement des vêtements de travail* » (article R. 4412-156 du Code du travail). Et « *l'employeur veille à ce que les travailleurs exposés n'accèdent au second vestiaire qu'après avoir déposé dans le premier leurs vêtements de ville et ne pénètrent dans ce dernier, postérieurement à toute intervention les exposant au plomb et à ses composés, qu'après leur passage dans les installations de douches* » (article R. 4412-157 du Code du travail), « *des douches assurant la communication*

entre les deux vestiaires » (article R. 4412-156 du Code du travail).

Dans les deux entreprises étudiées, ces conseils de prévention ont été donnés, mais tous n'ont pas pu être réalisés du fait notamment de contingences financières. Dans l'entreprise B, après l'intervention de la CRAMIF, un double vestiaire et un système de ventilation générale ont été installés. Cependant la consultation d'un salarié, plusieurs années plus tard, prouve que ces mesures étaient insuffisantes. Le médecin du travail de l'entreprise, contacté à ce sujet, signalait que l'activité de l'entreprise avait changé avec une multiplication des travaux sur vitraux anciens hors de l'atelier, notamment dans des églises. Or comme déjà évoqué, ce sont les postes de démontage et brossage de vieux vitraux qui sont les plus à risque d'exposition et la réalisation de ce travail en dehors de l'atelier minimise l'intérêt des installations de prévention collective à l'intérieur de l'entreprise.

Les deux ateliers étudiés n'étaient pas maintenus dans un état de propreté satisfaisant. Le nettoyage n'était pas quotidien et fait par balayage à sec ou aspirateur simple, ce qui est à proscrire à cause de la mise en suspension des poussières. L'utilisation d'un aspirateur avec filtre à très haute efficacité est à privilégier. Si ce n'est pas possible, le nettoyage des surfaces doit être effectué par balayage à l'humide pour les sols et par linge humide pour les autres surfaces (tables, établis...).

De plus, alors que le nettoyage des vêtements de travail revient à l'employeur, les salariés utilisaient souvent des vêtements de ville qu'ils ne changeaient pas en fin de poste et lavaient chez eux. La loi prévoit une alternative « *lorsque le lavage des vêtements de travail est réalisé par une entreprise extérieure, ces vêtements*

sont transportés dans des récipients clos, comportant un affichage clairement lisible indiquant la présence de plomb » (article R. 4412-159 du Code du travail). Cette disposition n'a pas non plus été observée.

LES MESURES DE PRÉVENTION INDIVIDUELLE

Réglementairement, les équipements de protection individuelle sont fournis par l'employeur qui s'assure de leur port effectif, gère leur entretien et leur lavage (article R. 4534-132 du Code du travail). Ils comprennent des vêtements de travail, des gants adaptés à la manipulation de vieux vitraux et de grissaille (comme des gants en nitrile jetables), une coiffure, des chaussures de travail et des équipements de protection respiratoires lors du démontage et du brasage. Pour la pollution, essentiellement par poussières de plomb, une pièce faciale filtrante ou un masque de type P3 suffit. En revanche lors du brasage, il convient d'ajouter un filtre pour les substances organiques. Ces équipements sont renouvelés aussi souvent que nécessaire et stockés à l'écart de toute pollution. Les salariés ne portaient pas d'équipement de protection adapté. Et dans l'entreprise B, s'ils bénéficiaient d'équipements de protection individuelle, les salariés n'avaient pas toujours la connaissance de leur entretien. Par exemple, les masques de protection étaient gardés jusqu'à changement de couleur de la cartouche, soit l'hyperméaturation du filtre, alors qu'il est conseillé de les changer au moins après chaque poste de travail. Enfin, il ressort de cette étude que les mesures simples de prévention et d'hygiène comme le lavage des mains n'étaient pas correctement prises, les mains des salariés restant contaminées après lavage. Le lavage doit effectivement être soigneux

Exposition au plomb chez les vitraillistes

Évaluation et prévention

et comprendre mains, avant-bras, ongles et visage à chaque fin de poste. De plus manger, boire et fumer sont proscrits sur le lieu de travail, mais étaient pratique courante dans les ateliers étudiés.

LA PRÉVENTION MÉDICALE

Réglementairement, une surveillance médicale renforcée est mise en place pour les salariés exposés au plomb, si la concentration de plomb dans l'air est supérieure à $0,05 \text{ mg.m}^{-3}$ (calculée comme une moyenne pondérée en fonction du temps sur une base de huit heures) ou si la plombémie est supérieure à $200 \mu\text{g.L}^{-1}$ de sang pour les hommes ou $100 \mu\text{g.L}^{-1}$ de sang pour les femmes (article R. 4412-160 du Code du travail). Les trois salariés étudiés relevaient donc d'une surveillance renforcée.

La surveillance médicale comprend différents aspects.

D'une part, un examen clinique régulier recherche des effets de la contamination par le plomb. Pour les cas étudiés, aucun salarié ne présentait de signe d'imprégnation (tâches de Gùbler, liseré gingival de Burton) ni de signe de complications ou d'intoxication saturnine. Il est également important, par l'interrogatoire, de rechercher des facteurs qui sensibiliseraient les salariés aux effets du plomb : grossesse, porphyrie, dysthyroïdie, hépatopathie, néphropathie... Aucun des salariés considéré ne présentait de telles caractéristiques. Et aucune exposition extraprofessionnelle au plomb n'a été retrouvée (tir au pistolet, chasse, pêche, manipulation de soldat de plomb, utilisation de médecines traditionnelles, consommation d'eau du robinet, travaux de réfection de peinture...). D'autre part, la surveillance médicale comprend la biométrie. Ainsi, pour les cas étudiés, le médecin du travail

a pu alerter sur les conditions de travail à partir de la surveillance des plombémies et ce, alors même que l'examen clinique ne relevait pas d'anomalie.

Par là même, la surveillance médicale a permis de prévenir l'apparition d'une maladie professionnelle indemnisable (les salariés ne remplissaient pas les critères pour qu'une déclaration en maladie professionnelle au titre du tableau n° 1 du régime général ne leur soit conseillée).

FORMATION, INFORMATION

L'employeur organise la formation et l'information des salariés en concertation avec le médecin du travail et le Comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail (CHSCT), quand il existe. Les entreprises étudiées comprenaient trop peu de salariés pour disposer d'un CHSCT, c'est pour cela que le rôle du médecin du travail et du service de santé au travail est important (lors des visites périodiques et lors des actions sur les lieux de travail), dans l'information auprès des salariés sur les risques liés à leur activité et l'importance des mesures de prévention.

Dans un premier temps, l'information concerne le risque d'exposition au plomb, ses effets et les voies d'absorption. Il convient d'insister sur la voie principale de contamination qui justifie l'intérêt du respect des règles de prévention et d'hygiène. Théoriquement, une notice d'information sur le poste est donnée aux salariés. Elle concerne les dangers, les risques, les moyens de prévention, les méthodes de travail, l'utilisation des équipements de protection et les modalités de la surveillance médicale. Pour les salariés étudiés, il apparaissait que leur connaissance sur le plomb et les risques de contamination était

médiocre. Ce constat était en accord avec l'étude de Baxter et al. [6] qui recommandait alors un renforcement de l'information des salariés sur les risques liés à leur activité, en particulier au plomb et sur les voies de contamination pour appuyer la prévention.

Enfin, l'information concerne la surveillance biométrie et métrologique mise en place, leur réalisation, leur intérêt et la surveillance médicale.

DE LA DIFFICULTÉ À METTRE EN ŒUVRE LA PRÉVENTION

Dans l'entreprise B. étudiée, la consultation de M. Z. trois ans après une intervention de la CRAMIF pose question. Alors qu'une évaluation des niveaux d'exposition au plomb a été faite sur le terrain, que les postes à risques ont été identifiés, que le médecin du travail et l'employeur ont eu connaissance de ces résultats, des salariés présentent encore des intoxications aiguës par le plomb.

La mise en place des mesures de prévention n'est pas aisée dans des petits ateliers ne disposant pas de ressource interne pour la prévention. Cependant, elle n'est pas impossible, comme en témoigne le cas d'un atelier de vitraillistes spécialisé dans la restauration de vieux vitraux, qui a bénéficié d'un plan de prévention *via* la CARSAT (Caisse d'assurance retraite et de la santé au travail) [10]. Cette prise en charge avait permis des aménagements adaptés pour diminuer l'ensemble des risques auxquels étaient exposés les vitraillistes. Des mesures de prévention collective avaient été prises, comme l'installation de hottes amovibles aspirantes avec bras articulés, de casiers illuminés pour ranger les feuilles de verre et diminuer les accidents liés à leur transport, de lumières individuelles

pour les postes de précision et de systèmes de rangement pour diminuer le risque de chute et faciliter le ménage de l'atelier.

Dans l'étude présente, tous les salariés ont bénéficié d'une prise en charge en partenariat impliquant leur médecin du travail, une consultation de pathologie professionnelle et la CRAMIF. Dans le cas de M. Z., sa plombémie avait diminué de 537 $\mu\text{g.L}^{-1}$ à 354 $\mu\text{g.L}^{-1}$ trois mois après la consultation en pathologie professionnelle et, dans tous les cas, l'intervention de la CRAMIF a permis de préciser le risque d'exposition au plomb sur le terrain et d'identifier des solutions de prévention. Une telle approche pluridisciplinaire entre le service de santé au travail, les consultations de pathologie professionnelle et les CARSAT, doit être encouragée.

Ensuite, les recommandations issues de ce travail en partenariat doivent être largement diffusées aux salariés et aux employeurs, en les accompagnant dans leur mise en œuvre.

CONCLUSION

Ce travail illustre la réalité de l'exposition au plomb chez les vitraillistes. L'évaluation du risque doit considérer de façon privilégiée l'exposition par voie digestive qui est la principale voie de contamination, par le portage à la bouche des mains souillées lors du travail des vitraux ou à partir de surfaces contaminées. L'activité la plus exposante paraît être la rénovation de vitraux anciens. Pour prévenir l'exposition, plusieurs pistes d'amélioration sont à engager. Cependant, le passage de l'évaluation du risque à la prévention est rendu difficile par des contingences techniques et financières. L'accent doit être mis sur les mesures de pré-

vention simples et peu onéreuses que sont le renforcement de l'information des salariés, notamment sur la voie de contamination préférentielle et le respect des règles d'hygiène. Enfin, le travail en partenariat entre les services de santé au travail, les consultations de pathologie professionnelle et les CARSAT peut permettre une prise en charge globale de situations complexes, à la fois sur le plan individuel (investigations médicales, diagnostic et traitement) et sur le plan collectif (évaluation des risques, proposition de solutions de prévention).

POINTS À RETENIR

- Le travail des vitraux peut occasionner une exposition au plomb importante, justifiant des mesures de prévention et une surveillance médicale renforcée.
- La principale voie d'exposition au plomb des vitraillistes paraît être digestive par portage à la bouche des mains souillées lors de l'activité ou à partir de surfaces contaminées.
- La restauration de vieux vitraux expose davantage au plomb que la réalisation de vitraux neufs.
- Des mesures de prévention simples sont à mettre en œuvre, comme le renforcement de l'hygiène et le développement de l'information des travailleurs concernant notamment la voie de contamination préférentielle par le plomb.
- Le travail en partenariat entre les services de santé au travail, les consultations de pathologie professionnelle et les CARSAT est à encourager.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 | BONNARD N, FALCY M, HESBERT A, JARGOT D ET AL. - Plomb et composés minéraux. Fiche toxicologique FT 59. Paris : INRS ; 2006 : 12 p.
- 2 | Manuel de conservation, restauration et création de vitraux. Ministère de la Culture et de la Communication, 2006 (www.culture.gouv.fr/culture/organisation/dapa/pdf/manuel_vitrail.pdf).
- 3 | Fiche métiers d'art. Vitraillistes, les métiers du verre. Institut national des métiers d'art, 2010 (<http://www.institut-metiersdart.org/metiers-d-art/verre/maitre-verrier-vitrailliste>).
- 4 | Plomb et composés. In : BIOTOX. Guide biotoxicologique pour les médecins du travail. Inventaire des dosages biologiques disponibles pour la surveillance des sujets exposés à des produits chimiques. INRS, 2014 (www.inrs.fr/biotox).
- 5 | PANT BC, HARRISON JR, LONG GW, GUPTA S - Exposure to lead in stained glass work. An environmental evaluation. *Sci Total Environ*. 1994 ; 141 (1-3) : 11-15.
- 6 | BAXTER PJ, SAMUEL AM, HOLKHAM MP - Lead hazard in British stained glass workers. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1985 ; 291 (6492) : 383.
- 7 | POLATO R, MOROSI G, FURLAN I, MORO G - Rischio di abnorme assorbimento di piombo nella decorazione del vetro. *Med Lav*. 1989 ; 80 (2) : 136-39 (résumé).
- 8 | LANDRIGAN PJ, TAMBLYN PB, NELSON M, KERNDT P ET AL. - Lead exposure in stained glass workers. *Am J Ind Med*. 1980 ; 1 (2) : 177-80.
- 9 | RATKAJEC T - Lead in the blood and protoporphyrin levels in erythrocytes in glass workers exposed to lead. *Arh Hig Rada Toksikol*. 1997 ; 48 (4) : 383-89 (résumé).
- 10 | CLERGIOT J - Travail du verre. L'atelier des restaurateurs restauré. *Trav Secur*. 2011 ; 713 : 46-47.

ANNEXE Méthodologie de la métrologie effectuée par la CRAMIF

Prélèvements atmosphériques de plomb

Le système de prélèvement était composé d'une cassette en configuration fermée, dans laquelle était placé un filtre en fibres de quartz, reliée à une pompe régulée assurant un débit d'environ 1 L.min⁻¹ (entreprise A) ou 2L.min⁻¹ (entreprise B). Les durées d'échantillonnage variaient pour l'entreprise A de 66 à 89 minutes, et pour l'entreprise B de 498 à 511 minutes. Pour l'analyse, après dissolution des filtres (généralement par acide fluorhydrique (HF) et acide nitrique (HNO₃) dans leurs cassettes porte-filtres respectives, l'élément plomb était dosé par spectrométrie d'émission atomique – ICP (*Inductively Coupled Plasma* - plasma induit par couplage inductif).

Prélèvements surfaciques de plomb soluble

Les frottis ont été réalisés à l'aide de lingettes ANIOS® (nettoyantes et désinfectantes). Pour l'analyse, la lingette était ensuite placée dans une solution d'acide chlorhydrique 0,15 N (arrêté du 25/04/2006 relatif au contrôle des travaux en présence de plomb, réalisés en application de l'article L. 1334-2 du Code de la Santé publique) ; après filtration, le plomb soluble était dosé par spectrométrie d'émission atomique – ICP (*Inductively Coupled Plasma* - plasma induit par couplage inductif).