



HAL
open science

Évaluation des niveaux d'exposition et des effets toxiques des peintures polyuréthannes chez les peintres en réparation automobile

Eric Laporte

► **To cite this version:**

Eric Laporte. Évaluation des niveaux d'exposition et des effets toxiques des peintures polyuréthannes chez les peintres en réparation automobile. Médecine humaine et pathologie. 1995. dumas-00855246

HAL Id: dumas-00855246

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00855246>

Submitted on 29 Aug 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il n'a pas été réévalué depuis la date de soutenance.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact au SICD1 de Grenoble : **thesebum@ujf-grenoble.fr**

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

1^{re} exemplaire



UNIVERSITE JOSEPH FOURIER
FACULTE DE MEDECINE DE GRENOBLE

ANNEE 1995

N° D'ORDRE 5074

**EVALUATION DES NIVEAUX D'EXPOSITION ET DES EFFETS
TOXIQUES DES PEINTURES POLYURETHANNES
CHEZ LES PEINTRES EN REPARATION AUTOMOBILE**

THESE

PRESENTEE POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE
DIPLOME D'ETAT

par

Eric LAPORTE

Né le 13 avril 1963 à Nantes

Thèse soutenue publiquement le 19 octobre 1995 à 16 heures 30
devant le Jury composé de :

Monsieur le Professeur J.M. MALLION

Président du Jury

Monsieur le Professeur J. AMEILLE

Monsieur le Professeur R. DE GAUDEMARIS

Madame le Docteur A. MAITRE

Monsieur le Docteur A. PERDRIX



UNIVERSITE JOSEPH FOURIER
FACULTE DE MEDECINE DE GRENOBLE

ANNEE 1995

N° D'ORDRE

**EVALUATION DES NIVEAUX D'EXPOSITION ET DES EFFETS
TOXIQUES DES PEINTURES POLYURETHANNES
CHEZ LES PEINTRES EN REPARATION AUTOMOBILE**

THESE

PRESENTEE POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE
DIPLOME D'ETAT

par

Eric LAPORTE

Né le 13 avril 1963 à Nantes

Thèse soutenue publiquement le 19 octobre 1995 à 16 heures 30

devant le Jury composé de :

Monsieur le Professeur J.M. MALLION

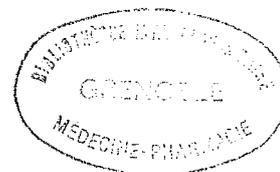
Président du Jury

Monsieur le Professeur J. AMEILLE

Monsieur le Professeur R. DE GAUDEMARIS

Madame le Docteur A. MAITRE

Monsieur le Docteur A. PERDRIX



UNIVERSITE JOSEPH FOURIER FACULTE DE MEDECINE DE GRENOBLE

Domaine de la Merci 38700 LA TRONCHE

Doyen de la Faculté
Vice-Doyen
Assesseurs

M. le Professeur J. L. DEBRU
M. le Professeur A. HADJIAN
M. le Professeur B. RAPHAEL
M. le Professeur J.P. ROMANET
M. le Professeur B. SELE

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

MM.

| | | | | | |
|-----------------|-------------|--|------------|------------|--|
| AMBLARD | Pierre | Dermato. Vénérologie | HOSTEIN | Jean | Hépto-Gastro-Entérol. |
| AMBROISE-THOMAS | Pierre | Parasitologie et Mycol. | JUVIN | Robert | Rhumatologie |
| BACONNIER | Pierre | Biostatistiques et Informatique Méd. | JALBERT | Pierre | Génétique. |
| BACHELOT | Ivan | Endocrinologie et Maladies Métaboliques | KOLODIE | Lucien | Hématologie |
| BARGE | Michel | Neurochirurgie | LEBAS | François | Biophys. et Trait. de l'Image. |
| BARRET | Luc | Médecine Légale | LEBEAU | Jacques | Stomato. et Chir. Maxillo-faciale |
| BAUDAIN | Philippe | Radiologie et Imag. Méd. | LENOC | Pierre | Bactér. Virol. Hygiène |
| BEANI | J.-Claude | Dermatologie, Vénérologie | LETOUBLON | Christian | Chirurgie Générale |
| BENABID | Alim-Louis | Biophys. et Trait. de l'image | LEVERVE | Xavier | Thérapeutique |
| BENSA | J. Claude | Immunologie | LUNARDI | Joël | Biochimie et Bio. Molécul. |
| BERNARD | Pierre | Gynéco et Obstétrique | MACHECOURT | Jacques | Cardio. et Mala. Vascul. |
| BESSARD | Germain | Pharma. Fondamentale | MAGNE | Jean-Luc | Chir. Vasculaire |
| BLIN | Dominique | Chir. Thor. et Cardio Vascul. | MAGNIN | Robert | Epidémiologie Economie de la santé et prévention |
| BOLLA | Michel | Radiothérapie | MALLION | J. Michel | Méd. du Trav. et Risques Prof. |
| BOST | Michel | Pédiatrie | MASSOT | Christian | Médecine Interne |
| BOUCHARLAT | Jacques | Psychiatrie d'adultes | MERLOZ | Philippe | Chir. Ortho. et Traumatol. |
| BRAMBILLA | Christian | Pneumologie | MOREL | Françoise | Bioch. et Biol. Molécul. |
| BRAMBILLA | Elisabeth | Anatomie et Cyto. Pathol. | MICOUD | Max | Maladies Infect. et Trop. |
| BRICHON | P. Yves | Chir. Thor. et Cardio. Vasc. | MOUILLOU | Michel | Ophtalmologie |
| CARPENTIER | Patrick | Méd. Interne | MOUSSEAU | Mireille | Cancérologie |
| CHAMBAZ | Edmond | Biologie Cellulaire | MOUTET | François | Chir. Plast. Recon. et Est. |
| CHARACHON | Robert | O.R.L. | PARAMELLE | Bernard | Pneumologie |
| CHIROUSSEL | J. Paul | Anatomie | PASQUIER | Basile | Anat. et Cyto. Pathol. |
| CINQUIN | Philippe | Biostatistique et Inf. Méd. | PASSAGIA | J. Guy | Anatomie. |
| COLOMB | Maurice | Immunologie | PELLAT | Jacques | Neurologie |
| COMET | Michel | Biophys. et Trait. de l'image | PERRET | Jean | Neurologie |
| CORDONNIER | Daniel | Néphrologie | PISON | Christophe | Pneumologie |
| COULOMB | Max | Radiologie et Imagerie Méd. | PHELIP | Xavier | Rhumatologie |
| CROUZET | Guy | Radiologie et Imagerie Méd. | POLLAK | Pierre | Pharmacologie |
| DEBRU | Jean-Luc | Médecine Interne | RACINET | Claude | Gynécologie-Obstétrique |
| DEGAUDEMARIS | Régis | Méd. du Trav. et des risques professionnels. | RAMBAUD | Pierre | Pédiatrie |
| DELORMAS | Pierre | Pneumologie | RAMBEAUD | J. Jacques | Urologie |
| DEMONGEOT | Jacques | Biostatistique et Inf. Méd. | RAPHAEL | Bernard | Stomato. et Chirurgie Maxillo-faciale |
| DENIS | Bernard | Cardio. et Malad. Vascul. | REYT | Emile | O.R.L. |
| DUPRE | Alain | Chirurgie Générale | ROMANET | J. Paul | Ophtalmologie |
| DYON | J. François | Chirurgie Infantile | SARAGAGLIA | Dominique | Chir. Orthopédique et Traumatologique |
| ETERRADOSSI | Jacqueline | Physiologie | SARRAZIN | Roger | Chirurgie Générale |
| FAGRET | Daniel | Bioph. et Trait. Image | SCHAERER | René | Cancérologie |
| FAURE | Claude | Anatomie | SEIGNEURIN | Daniel | Histo. embryo. cytogénét. Reproduction |
| FEUERSTEIN | Claude | Physiologie | SEIGNEURIN | J. Marie | Bactério-Viro - Hygiène. |
| FOURNET | Jacques | Hépto-Gastro-Entéro. | SELE | Bernard | Biologie du Développement et de la Reproduction |
| FRANCO | Alain | Méd. Interne | SOTTO | J. Jacques | Hématologie et Transfusion |
| GAVEND | Michel | Pharma. Fondamentale | STAHL | J. Paul | Maladies Infect. et Trop. |
| GIRARDET | Pierre | Anesthés. et Réa. Chir. | STIEGLITZ | Paul | Anesthés. et Réa. Chir. |
| GOULLIER | Andrée | Parasitologie et Mycologie | VIALTEL | Paul | Néphrologie |
| GUIDICELLI | Henri | Chirurgie Vasculaire | VIGNAIS | Pierre | Biochimie, Biol. Molécul. |
| GUIGNIER | Michel | Réanimation Médicale | VROUSOS | Constantin | Radiothérapie |
| HADJIAN | Arthur | Biochimie et biol. Mol. | ZARSKI | J. Pierre | Hépto-Gastro-Entérol. |
| HALIMI | Serge | Nutrition | | | |
| HOLLARD | Daniel | Hématologie | | | |

A Monsieur le Professeur MALLION

Nous vous remercions de nous faire l'honneur de présider ce jury.

Nous vous exprimons notre profond respect.

A Monsieur le Professeur AMELLE

Vous nous faites l'honneur de siéger dans notre jury.

Soyez assuré de notre sincère reconnaissance.

A Monsieur le Professeur DE GAUDEMARIS

*Nous vous remercions de nous avoir fait partager votre passion pour l'informatique,
les statistiques et l'épidémiologie.*

A Madame le Docteur MAITRE

*Nous vous remercions de nous avoir consacré votre temps et de nous avoir fait
bénéficier de vos compétences pour la réalisation de ce travail.*

A Monsieur le Docteur PERDRIX

Nous avons particulièrement apprécié vos grandes qualités humaines.

Sans vous, ce travail n'aurait pas été possible.

Nous souhaitons également remercier

Madame STOKLOV

vos conseils nous ont été précieux.

Madame le Docteur ROMAZINI

pour vos compétences en statistiques et en épidémiologie.

Mademoiselle MARQUES

pour vos conseils et votre aide dans la partie analytique de cette étude.

Mesdames DIOUDONNAT, GRUNBERG, HAMICI,

JALLON, LIAUDY, PALENZUELA et PAULUS.

Les médecins et internes du service de consultation

de pathologie professionnelle

et plus particulièrement les Docteurs JALBERT et PELLISSIER.

*Le Ministère de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur ainsi que la
Région Rhône-Alpes pour leur soutien financier.*

*Les salariés, les médecins du travail et les directions des quatre
entreprises où a été réalisée la première partie de ce travail.*

*La Caisse Maladie Retraite des Alpes, sa direction et
ses médecins conseils pour la deuxième partie de ce travail.*

*A mes parents,
avec toute mon affection et ma reconnaissance
pour votre patience, votre aide et votre soutien.*

*A ma belle-mère,
A mon beau-père dont la disparition récente m'a profondément affecté.*

A Sylvie.

A Martine, Marc, Marie et Jeanne.

A nos amis.

Introduction

Les isocyanates représentent la première cause d'asthme chimique professionnel en France comme dans la plupart des pays industrialisés (36, 44, 51, 54, 61). Dès 1956, Fuchs et Valade (29) décrivent les premiers cas d'asthme alors que les isocyanates ne sont produits industriellement que depuis la fin de la seconde guerre mondiale. Parmi les professions exposées, sa prévalence peut atteindre 10% pour l'ensemble des isocyanates (79) et 11,8% pour les polyisocyanates (72).

Les isocyanates qui sont à l'origine de la synthèse des polyuréthanes (PU), ont de nombreuses applications industrielles, comme la fabrication de mousses flexibles et rigides, de produits de revêtement de surface (peintures, laques et vernis), de colles et d'adhésifs, de textiles synthétiques, d'élastomères et même de moules et de noyaux de fonderie (4, 52).

Dans le domaine de la réparation automobile, les peintures polyuréthanes sont utilisées depuis le début des années 1970, avec un usage quasi exclusif en 1995 (13). Actuellement, les isocyanates sont présents dans les peintures polyuréthanes sous la forme d'hexaméthylène diisocyanate monomère (HDI) et surtout de polyisocyanates de l'HDI, isocyanurate (HDT) et biuret de l'HDI (HDB).

Une étude cas-témoins récemment réalisée par notre équipe chez 354 sujets exposés professionnellement aux isocyanates et chez 345 témoins, a montré que la profession de peintre en réparation automobile est celle qui présente le plus de signes irritatifs, de crises d'asthme et de perturbations des épreuves fonctionnelles respiratoires (68, 69).

La présente étude a donc été mise en place pour évaluer précisément le risque toxique aux isocyanates des peintres en réparation automobile. Des mélanges de solvants sont également présents dans les peintures polyuréthanes et l'étude du risque qu'ils représentent ne nous semble pas dissociable de celui des isocyanates.

Ce travail comprend deux parties :

1 - L'étude du risque toxique lié à l'utilisation des peintures polyuréthannes dans le secteur de la réparation automobile. Une étude de poste sur le terrain complétée par une métrologie atmosphérique des isocyanates et des solvants nous a permis :

- d'acquérir une bonne connaissance du poste de travail et des risques toxiques qui lui sont associés ;
- d'établir un questionnaire technique et médical pour permettre le suivi de cette population de travailleurs.

2 - La mise en place de la surveillance d'une population exposée. Notre questionnaire est actuellement utilisé dans le cadre de la consultation des artisans carrossiers peintres adhérents à la Caisse Maladie Retraite des Alpes sur quatre départements : l'Isère, la Drôme, la Savoie et la Haute-Savoie. Nous dressons dans la deuxième partie de ce travail, le bilan des résultats de la consultation de 124 peintres en réparation automobile.

Première partie :
Etude du poste de peintre en
réparation automobile,
évaluation du risque toxique
lors de l'utilisation
des peintures polyuréthannes.

1. Introduction

Notre souhait d'être présents plusieurs semaines sur le terrain et de maîtriser un certain nombre de paramètres techniques nous ont conduit à travailler dans de grandes entreprises du secteur de la réparation automobile, c'est à dire les succursales des constructeurs.

Pour cette étude à laquelle a été associé le laboratoire d'Ergonomie de l'Université Claude Bernard de Lyon, nous avons été soutenus par le Ministère de la Recherche et par la Région Rhône-Alpes.

Les succursales des constructeurs sont des entreprises de taille moyenne et celles où nous sommes intervenus comptent entre 150 et 200 salariés.

Au sein de ces entreprises, le service après-vente est lui-même divisé en un secteur pour la mécanique et un pour la carrosserie-peinture.

Dans des entreprises de cette taille chaque employé occupe un poste de travail bien précis. En carrosserie-peinture, il y a des carrossiers, des peintres et quelques carrossiers-peintres ou polyvalents. Chaque salarié a donc sa propre spécialité et souvent de longues années d'expérience. Les peintres ont, en moyenne dans notre étude, 21 ans d'ancienneté et entretiennent leur niveau de spécialisation par des stages de formation (jusqu'à 10 pour les plus anciens). La technicité de leur travail et son importance vis à vis du client sont d'ailleurs reconnues dans l'entreprise.

Cette organisation sectorisée nous a permis d'étudier le poste de peintre dans les meilleures conditions possibles, puisque l'activité de peinture est continue tout au long de la semaine.

Une telle étude chez les artisans carrossiers-peintres serait beaucoup plus difficile et beaucoup plus longue à réaliser puisqu'ils sont le plus souvent à la fois mécanicien, carrossier, peintre et gestionnaire de leur entreprise.

Le poste de peintre comprend plusieurs phases de travail : la préparation du véhicule, la préparation puis l'application de la peinture et enfin, le nettoyage du matériel.

Notre objectif est d'évaluer le risque toxique lors de l'utilisation des peintures polyuréthannes avec des perspectives à long terme d'amélioration de la prévention tant sur le plan technique que médical.

Le premier chapitre est consacré à des données générales sur les peintures polyuréthannes et leurs utilisations en réparation automobile. L'étude de poste est présentée ensuite avec une description des différentes phases de travail du peintre, une analyse des produits utilisés, des modes opératoires, des moyens de prévention collectifs et individuels et du risque potentiel qui en découle.

Les résultats de la métrologie atmosphérique sont présentés dans un troisième chapitre. Enfin, nous faisons des propositions sur les mesures de prévention technique et médicale à mettre en oeuvre compte tenu du risque évalué.

2. L'activité de peinture en réparation automobile

Nous décrivons dans ce chapitre des éléments techniques de l'activité de peinture en réparation automobile. Ces éléments sont nécessaires à une meilleure compréhension de la suite de notre travail. Nous allons évoquer successivement les peintures, les cabines de peinture et les pistolets pneumatiques destinés à la pulvérisation de ces peintures.

2.1. Les peintures

2.1.1. Définitions

- La peinture est un produit liquide ou en poudre contenant des pigments, destiné à être appliqué sur une surface pour former un feuil opaque doué de qualités protectrices, décoratives ou techniques particulières.

Ce terme a un sens assez général qui peut tout aussi bien correspondre à un apprêt qu'à une peinture de finition et c'est bien au sens large qu'il sera employé par la suite dans ce travail.

- Le feuil est un revêtement de très faible épaisseur obtenu après séchage de la peinture. Il assure un rôle décoratif et protecteur.

- Le subjectile est la surface destinée à recevoir la peinture.

- Une peinture de type monocomposant est préparée à partir d'un composé principal, la base et, d'un diluant. Un système bicomposant contient en plus un durcisseur qui permettra une réaction de polymérisation avec un des composés de la base.

Les peintures polyuréthannes sont comme les époxydiques de type bicomposant.

- Les apprêts sont appliqués avant les peintures de finition et, doivent assurer le garnissage nécessaire pour combler les défauts de surface, sécher rapidement pour réduire les temps d'immobilisation du véhicule, être faciles à poncer, participer à la résistance vis à vis des agressions extérieures et posséder une bonne compatibilité avec les peintures de finition (faible pouvoir colorant).

- Parmi les peintures de finition, on distingue les brillants directs et les systèmes vernissés ou métallisés vernis.

- Les brillants directs sont des peintures monocouche permettant d'obtenir l'aspect final en pulvérisant un seul produit (couleur et vernis). Ce sont des systèmes bicomposants et pour l'essentiel des polyuréthanes.

Cette finition correspond aux véhicules utilitaires et aux premiers modèles de chaque gamme de véhicules. Elle représente actuellement 35 % des peintures de finition **(13)**.

- Les métallisées vernies sont des systèmes bicouches. Il y a d'abord application d'une teinte qui est recouverte d'un vernis. Dans un premier temps, la teinte de fond colorée est appliquée et donne après séchage un aspect mat ou satiné. Cette première couche est un système monocomposant. Le vernis appliqué dans un deuxième temps est un vernis polyuréthane bicomposant.

Ce type de peinture qui était réservé aux véhicules haut de gamme il y a quelques années a tendance à se généraliser au détriment des brillants directs. Il représente 65 % des peintures de finition dans l'automobile.

2.1.2. Composition des peintures (13, 48, 52)

Une peinture est constituée par le mélange de six grandes familles de produits : les liants, les solvants, les pigments, les charges, les additifs et les durcisseurs.

2.1.2.1. Les liants

Les liants ou résines sont des composés légèrement pâteux qui définiront la famille chimique du produit et sont à la base de la classification des peintures. Ils représentent la partie non volatile du milieu en suspension des vernis, peintures et préparations assimilées. Il est possible de distinguer 6 grandes familles de liants.

2.1.2.1.1. Les cellulosiques

La cellulose est extraite du coton et du bois après avoir éliminé les matières grasses de ces derniers. La réaction de la cellulose avec un mélange sulfo-nitrique permet d'obtenir la nitro-cellulose ou nitrate de cellulose, que l'on retrouve dans la peinture sous forme de collodions. C'est en combinaison avec des plastifiants, des gommes naturelles ou synthétiques, que l'on obtient des produits applicables au pistolet.

2.1.2.1.2. Les glycérophtaliques

Aussi appelées alkydes ou synthétiques, ce sont des polyesters modifiés par des chaînes d'acides gras.

Elles résultent d'une estérification entre un diacide, comme l'anhydride phtalique, et un polyalcool, comme le glycérol, et d'un acide gras, d'une huile végétale ou animale siccatrice (qui favorise le séchage) pour le séchage à l'air, huiles de lin, de bois de Chine, de tournesol ou de soja.

2.1.2.1.3. Les époxydiques

Elles sont synthétisées par l'action de l'épichlorhydrine sur des polyalcools.

L'estérification des résines époxydiques donne des esters filmogènes séchant à l'air et dont le séchage peut être accéléré par le chauffage.

2.1.2.1.4. Les polyesters

Les polyesters insaturés réagissent avec des catalyseurs de type peroxyde de benzoyle pour donner des mastics et des apprêts garnissants.

Ils peuvent aussi réagir avec les polyisocyanates, sous forme modifiée ou non.

2.1.2.1.5. Les butyral vinyliques

Les résines sont utilisées en combinaison avec des résines phénoliques et époxydiques, à la base des primaires réactifs permettant l'adhérence des peintures de finition. Elles sont présentes dans les apprêts.

2.1.2.1.6. Les acryliques

Ce sont soit des polymères, polyacrylates ou polyméthacrylates de méthyle ou d'éthyle, dissous dans un mélange de solvants (esters, cétones et hydrocarbures), soit des monomères que l'on retrouve dans les peintures à haut extrait sec.

2.1.2.2. Les solvants

Liquides organiques, le plus souvent associés entre eux sous forme de diluants, ils doivent permettre la stabilité du mélange avec les autres composés et pouvoir se séparer du mélange lors de la phase d'évaporation. L'intérêt des mélanges de solvants est de permettre leur évaporation progressive lors du séchage de la peinture en fonction de leur vitesse d'évaporation. Le diluant est fabriqué pour être utilisé avec un liant donné et il n'est pas possible de le remplacer par un autre diluant sans prendre de gros risques quant à l'aspect final de la peinture ou à sa longévité.

Les principales familles de solvants utilisées dans les peintures automobiles sont :

- les hydrocarbures

- * aromatiques (cycliques insaturés) : toluène et xylènes ;

- * aliphatiques (linéaires) : octane, nonane, décane ;

- les solvants oxygénés

- * esters : acétates d'éthyle, de n-butyle ou d'isobutyle, de butylglycol (éther de glycol) ;

- * alcools : méthylique, éthylique, isobutylique ;

- * cétones : méthyléthylcétone, méthylisobutylcétone.

2.1.2.3. Les pigments

Commercialisés sous forme pulvérulente, ils peuvent être constitués de particules sphéroïdes, lamellaires ou aciculaires, et être de nature minérale ou organique. Ils sont responsables de l'opacité et de la couleur des peintures (ils sont absents des vernis). Ils doivent avoir une bonne faculté de dispersion, une grande stabilité en phase liquide, une grande stabilité à la lumière et une bonne résistance aux intempéries et aux agressions chimiques.

Ils peuvent être rassemblés par couleur et sont classés par le Colour Index.

2.1.2.4. Les charges

Substances organiques ou minérales, végétales ou synthétiques, elles permettent de modifier les propriétés des résines (thermiques, mécaniques ou électriques) et d'en abaisser le prix. Exemple : charge ignifugeante à base d'oxyde d'antimoine.

2.1.2.5. Les additifs

Catalyseurs, antifongiques ou encore stabilisants, ils sont présents dans les peintures à de très faibles concentrations (inférieures à 1 %).

2.1.2.6. Les durcisseurs

Produits capables de réagir avec certaines molécules du liant pour permettre une réaction de polymérisation, ils sont utilisés avec les résines époxydiques mais aussi avec les acryliques et les polyesters des peintures polyuréthanes.

2.1.3. Particularités des peintures PU (52)

Ce sont des peintures bicomposants préparées juste avant leur application par le mélange d'une base et d'un durcisseur, auquel est ajouté un diluant.

2.1.3.1. La base

Elle représente environ les deux-tiers de la peinture en volume et contient une résine hydroxylée, de type acrylique ou polyester, dont les fonctions alcools auront un rôle essentiel dans la polymérisation du produit avec les fonctions isocyanates du durcisseur. Cette résine représente environ 40 % de la base, le reste étant composé d'un mélange de solvants contenant des hydrocarbures aromatiques et des esters, de pigments, de charges et d'additifs.

2.1.3.2. Le durcisseur

Il représente environ le quart de la peinture en volume. Il contient des isocyanates pour 40 % environ, le reste étant représenté par un mélange de solvants.

Les isocyanates sont caractérisés par la présence d'une ou de plusieurs fonctions

- $\text{N} = \text{C} = \text{O}$. Leur synthèse industrielle est réalisée à partir de 1937 par Bayer, par phosgénéation d'une amine primaire.

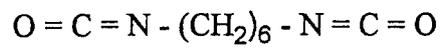
Ces fonctions fortement insaturées sont responsables de réactions exothermiques avec tous les composés porteurs d'un atome d'hydrogène actif, atome qui est transféré sur l'atome d'azote de la fonction isocyanate. Les isocyanates seront responsables de nombreuses réactions d'addition : avec les amines, les acides organiques, l'eau et surtout les alcools. Avec ces derniers, ils donnent une réaction de polymérisation par polyaddition, à l'origine de la synthèse des polyuréthanes.

Les différents types d'isocyanates présents dans les peintures PU utilisées en réparation automobile sont (Figure 1) :

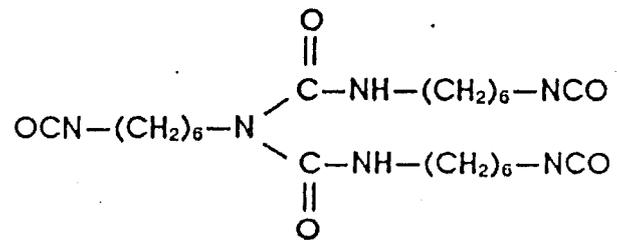
- les diisocyanates monomères comme l'HDI et beaucoup moins fréquemment l'isocyanate d'isophorone (IPDI) ;
- les polyisocyanates de l'HDI comme le Biuret de l'HDI (HDB) et l'Isocyanurate de l'HDI (HDT).

Figure 1

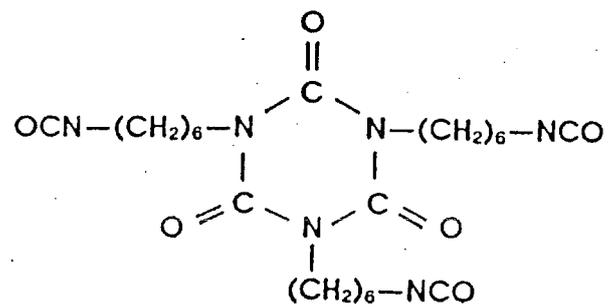
HDI ou 1,6 - Diisocyanate d'hexaméthylène



Prépolymère de l'HDI : Biuret ou HDB



Prépolymère de l'HDI : Isocyanurate ou HDT



La synthèse des polyisocyanates ne permet pas d'obtenir des produits purs et il reste des traces d'HDI monomère dans les durcisseurs commerciaux à base de polyisocyanates. Les durcisseurs à base d'HDT contiennent aussi de l'HDB et des oligomères supérieurs.

Ces molécules ont une masse molaire plus importante (551 g pour l'HDT contre 168 g pour l'HDI) et ont des caractéristiques physiques différentes puisqu'à 25° C la tension de vapeur de l'HDT est de 10^{-11} mm de mercure alors que celle de l'HDI est de 10^{-2} mm. La conséquence de ces caractéristiques est que l'inhalation de vapeurs d'HDI est possible à température ambiante alors que celle de l'HDT ne l'est pas. Par contre, la pulvérisation de la peinture au pistolet expose les voies respiratoires du peintre à l'inhalation des molécules d'HDT.

Une étude de l'INRS sur la composition de 10 durcisseurs commerciaux retrouve pour 7 d'entre-eux de l'HDI (entre 0,12 et 1,6 %) et des polyisocyanates de l'HDI (Biuret entre 16 et 65 % ou isocyanurate entre 35 et 45 %). Dans les trois autres peintures, il retrouve de l'IPDI et du TDI. A la fin des années 1980, le biuret de l'HDI était majoritairement rencontré dans les PU (45), mais depuis le début des années 1990, il a été progressivement remplacé par l'HDT, et c'est d'ailleurs ce polyisocyanate qui est présent dans les produits utilisés dans notre étude.

2.1.3.3. Le diluant

Il ne représente que 5 à 10 % de la peinture en volume. C'est un mélange de solvants dont les principaux sont les mêmes que ceux incorporés dans la base et dans le durcisseur. En quantité, nous trouvons par ordre décroissant :

- toluène, xylènes et acétates de n-butyle ou d'isobutyle ;
- méthyléthylcétone, méthylisobutylcétone, alcools méthylique, éthylique, isobutylique ;
- octane, nonane, décane, acétate de butylglycol (éther de glycol).

2.1.4. Evolution de l'utilisation des peintures automobiles (13)

Après la première guerre mondiale, d'importants stocks de nitro-cellulose destinés à la fabrication de munitions vont être reconvertis sous forme de peintures cellulosiques. Les inconvénients principaux étaient leur faible pouvoir garnissant impliquant la multiplication du nombre de couches et l'absence de brillant direct qui imposait un polissage et un lustrage ultérieur. Utilisées exclusivement jusqu'en 1930, elles étaient communes aux lignes de production et aux ateliers de réparation. Actuellement, elles ne sont plus utilisées que dans quelques mastics et pour la restauration de voitures anciennes.

A partir de 1930 apparaissent les peintures glycérophtaliques. Les préparations à base d'huiles siccatives sont destinées à la réparation automobile puisque le séchage se fait par évaporation des solvants à l'air à température ambiante (présence d'oxygène). Celles préparées avec des huiles semi-siccatives ou non siccatives sèchent au four à 130 ou 140° C et sont réservées aux chaînes de fabrication. Le jaunissement est un des inconvénients de cette famille de produits. Leur utilisation en réparation automobile est en constante diminution surtout depuis une dizaine d'années avec la quasi généralisation de la famille suivante.

Les peintures polyuréthannes sont utilisées dans l'industrie depuis les années 1950. Leur apparition en réparation automobile remonte au début des années 1970, date depuis laquelle leur expansion est constante tant leurs performances de résistance chimique (rayons U.V., projection de solutions salines en hiver) et physiques (projection de gravillons) sont exceptionnelles. Elles ne sont utilisées sur les chaînes de montage que pour quelques éléments comme des boucliers mais représentent pratiquement 100 % des peintures utilisées en réparation.

Les peintures à l'eau contiennent une phase solvant (de l'ordre de 20 à 30 %) à base d'alcools modifiés ou d'éthers de glycol (43). Ces peintures ne sont pas utilisées en réparation automobile car leur séchage s'effectue à plus de 100° C. Ces températures ne sont pas compatibles avec la résistance thermique des éléments en plastique qui restent dans un véhicule lors de sa réparation. Elles sont par contre utilisables dans les usines de fabrication où les caisses sont peintes avant le montage des accessoires.

2.2. Les cabines de peinture (6, 37)

En réparation automobile, il existe deux types de cabines d'application des peintures. L'efficacité des cabines doit être conforme à la norme AFNOR NF T 35009 (6).

2.2.1. Les cabines ouvertes ou SAS

Elles sont munies d'une ventilation horizontale, avec aspiration de l'air à travers un filtre ou captation par un rideau d'eau. L'efficacité de la ventilation de ce type de cabine doit être évaluée sans véhicule à l'intérieur. Les mesures de vitesse d'air sont réalisées dans un même plan vertical parallèle au filtre ou au rideau d'eau, en 9 points dont aucun ne doit être distant de plus de 1,5 m (Figure 2).

Pour que la cabine soit conforme, aucune vitesse ne doit être inférieure à 0,4 m/s et la vitesse d'air moyenne doit être supérieure ou égale à 0,5 m/s.

2.2.2. Les cabines fermées

Elles sont munies d'une ventilation verticale. L'air est soufflé à travers les filtres de plafond (admission) et aspiré à travers les filtres de sol (extraction). Les filtres de plafond ont pour fonction d'arrêter les poussières et de garantir la qualité du travail, alors que les filtres de sol permettent d'éviter le rejet dans l'environnement des produits pulvérisés.

Si les objets à peindre sont de dimensions et de forme homogène, de la taille d'un véhicule de tourisme, la procédure de mesure des vitesses d'air est la suivante :

- un véhicule de taille moyenne est placé au centre de la cabine ;
- 10 mesures sont effectuées autour du véhicule dans un même plan horizontal, à 90 cm de hauteur, à 50 cm du véhicule et au moins à 50 cm des parois de la cabine ;
- les points de mesurage sont répartis de la manière suivante : 2 à l'avant, 2 à l'arrière et 3 de chaque côté (Figure 3).

Si les objets à peindre sont de forme et de dimensions très diverses, la procédure est la suivante :

- les mesures sont effectuées dans la cabine vide ;
- des mesures sont effectuées à 90 cm du sol dans un même plan horizontal, à plus de 50 cm des parois de la cabine selon un quadrillage établi à partir du centre ;
- le nombre de points de mesure est libre mais deux points ne doivent pas être distants de plus de 1,5 m.

Pour que la cabine soit conforme à la norme, aucune vitesse d'air ne doit être inférieure à 0,3 m/s et la vitesse d'air moyenne doit être supérieure ou égale à 0,4 m/s.

2.3. Les pistolets à peinture (13)

2.3.1. Historique

La première "pulvérisation" d'une peinture remonterait à 15000 ans où une technique de soufflage d'une peinture liquide semble avoir été utilisée dans les grottes de Lascaux II.

Dans le domaine de l'automobile, l'application des premières peintures a été effectuée à la brosse. En 1907, un physicien Américain du nom de De Vilbiss fabrique le premier pistolet pour vernir le bois. Dès 1923, ce procédé est utilisé dans l'industrie automobile. En Europe, simultanément, Kremlin, Pistolux et Le Petit mettent au point des pistolets identiques.

Figure 2. Mesurage des vitesses d'air dans une cabine de peinture ouverte

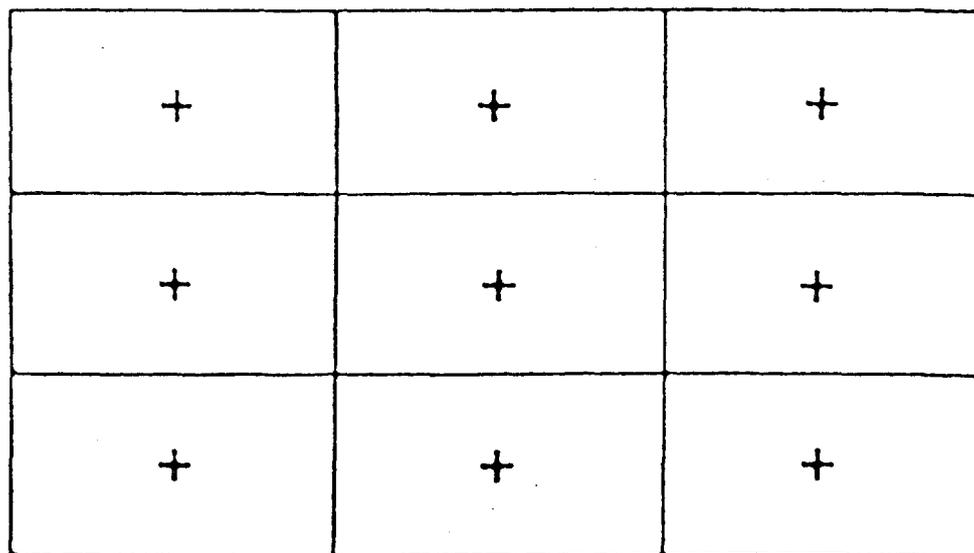
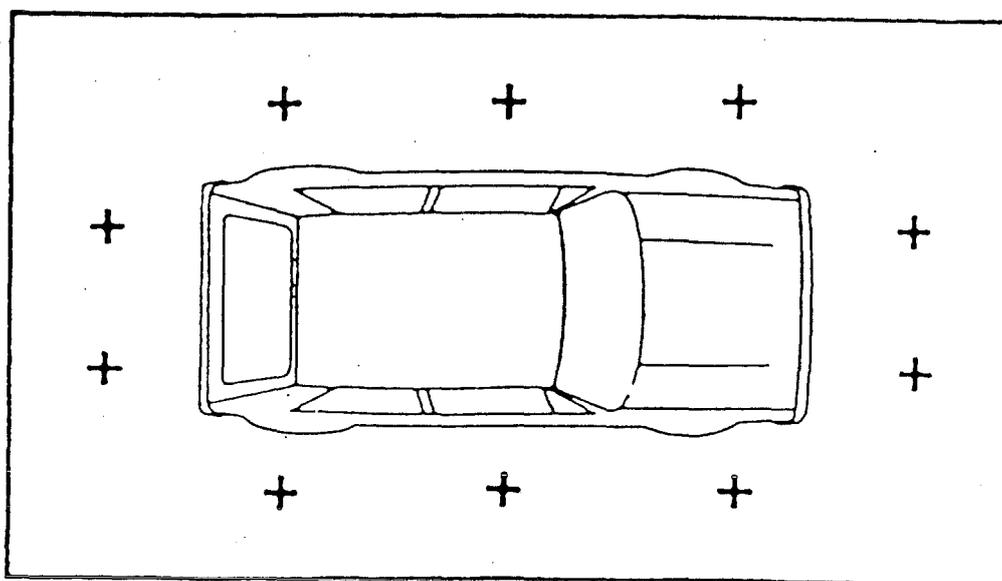


Figure 3. Mesurage des vitesses d'air dans une cabine de peinture fermée



2.3.2. Les différents types de pistolets de pulvérisation

Les pistolets utilisés dans le domaine de la réparation automobile sont uniquement des pistolets pneumatiques.

Ils sont composés de trois parties : le corps muni d'une tête de pulvérisation, le couvercle et le réservoir de peinture.

Le réservoir de peinture d'un volume inférieur à un litre permet de distinguer les deux catégories de pistolets : les pistolets à succion qui ont le réservoir en dessous du pistolet et les pistolets à gravité qui l'ont au dessus.

Le couvercle du réservoir est relié au corps du pistolet par un raccord.

Le corps est la partie la plus complexe, elle même constituée d'une quinzaine de pièces. Trois d'entre-elles constituent la tête de pulvérisation et ont une importance déterminante pour l'application de la peinture :

- la buse permet de laisser passer la peinture et l'air ;
- l'aiguille peut obturer plus ou moins l'orifice de la buse. Avec la buse, elles sont choisies en fonction de la viscosité des produits à pulvériser et du débit de peinture que l'on souhaite obtenir ;
- le chapeau de la buse permet d'obtenir un jet conique plus ou moins ouvert selon l'application à réaliser.

Le principe de fonctionnement des pistolets pneumatiques est basé sur l'effet Venturi : l'air est propulsé sous pression et aspire la peinture qu'il disperse en un brouillard de très fines gouttelettes. La pression de l'air comprimé est l'élément déterminant de la granulométrie des gouttelettes.

Pour les pistolets à gravité, le phénomène de gravité s'ajoute à l'effet Venturi et favorise l'expulsion de la peinture.

La pression de pulvérisation recommandée par les fabricants de peinture se situe autour de 3,5 bars. C'est d'ailleurs cette valeur qui est retenue dans la norme AFNOR NF T 35009 définissant les critères d'efficacité des cabines d'application. Il s'agit là de la pression à l'entrée du pistolet. Dans la réalité, la pression ne peut être lue que sur le manomètre de la cabine et il faudra tenir compte de la longueur du flexible d'alimentation. Pour disposer d'une pression à l'entrée du pistolet de 3,5 bars, il faut 4,2 bars au manomètre de la cabine si le flexible mesure 3 m, 4,5 bars s'il mesure 6 m et 5,45 bars s'il mesure 15 m.

2.3.3. Modalités d'utilisation des pistolets pneumatiques

Les pistolets à succion devraient être de moins en moins utilisés du fait de l'apparition de produits à haut extrait sec (gamme Médium Solid ou High Solid) qui doivent être appliqués avec un pistolet à gravité. Ce deuxième type de pistolet devrait donc se généraliser.

3. Etude de poste

Après avoir décrit les modalités pratiques de notre intervention sur le terrain, nous envisagerons successivement les différentes phases de travail du peintre.

3.1. Modalités d'intervention

3.1.1. Préliminaires

Avant d'intervenir dans les entreprises, nous avons présenté l'étude aux différents partenaires :

- responsables de la direction, des services techniques et médecins du travail des 4 entreprises de la région Rhône-Alpes participant à l'étude, lors d'une réunion préparatoire à Grenoble ;
- délégués du personnel, lors du Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail précédant notre intervention sur le terrain ;
- peintres participant à l'étude, juste avant le début de l'intervention.

3.1.2. Interventions dans les entreprises

Les interventions dans les quatre entreprises ont duré chacune cinq jours consécutifs du lundi matin au vendredi soir pour tenir compte des variations d'activité sur la semaine.

Nous avons suivi l'ensemble des peintres pendant la totalité de leurs activités de peinture, de la préparation des surfaces à peindre jusqu'au nettoyage du matériel. Deux caméras vidéo motorisées étaient disposées à l'intérieur de la cabine de peinture pour suivre l'activité du peintre lors de la pulvérisation de la peinture. La réalisation de ces films a été responsable du refus de participation de deux peintres sur les 37 présents dans les quatre entreprises.

Nous avons recueilli pour chaque phase de travail, le lieu d'action, le type de produits utilisés, les modalités d'application des produits, le temps passé, les moyens de

préventions collectifs et individuels mis en oeuvre. L'ensemble de ces éléments nous a permis de définir le risque toxique potentiel.

3.2. Les différentes phases de l'activité de peinture

3.2.1. Préparation des subjectiles

Les surfaces à peindre peuvent être neuves ou avoir été réparées (passage en tôlerie). Le remplacement des pièces a tendance à se généraliser. La pièce est alors livrée traitée par cataphorèse et un apprêt primaire non PU est appliqué sur la pièce pour la protéger de la corrosion et favoriser l'adhésion de la peinture de finition.

Si la pièce est réparée, un apprêt PU est appliqué. Il n'a pas pour fonction unique de favoriser l'adhérence de la peinture de finition, mais également de protéger la pièce contre la corrosion et d'assurer le garnissage des irrégularités résiduelles de la tôle. La phase d'application de l'apprêt est détaillée plus loin.

Dans les deux cas, l'apprêt est ensuite poncé à la main avec du papier de verre trempé dans l'eau ou avec une ponceuse électrique munie d'un disque abrasif .

Cette activité est réalisée en cabine ouverte pour l'application de l'apprêt puis dans l'atelier principal où les postes de travail sont équipés de ponceuses électriques.

La durée de cette opération est très variable selon, l'étendue des surfaces à traiter, la préparation de la tôle et la qualité de l'application de l'apprêt (présence de coulures).

Le ponçage à la main génère peu de poussières contrairement à celui réalisé avec une ponceuse électrique, bien que celle-ci soit munie d'une aspiration avec un flexible d'évacuation (cobra). Au cours du ponçage, les peintres portent des masques anti-poussières en papier. Le risque d'inhalation de poussières est donc faible.

Une fois l'apprêt poncé, le véhicule ou les éléments du véhicule à peindre sont positionnés à l'intérieur de la cabine de peinture fermée.

Les parties à ne pas peindre sont protégées avec du papier et du ruban adhésif : c'est le marouflage.

Puis, les subjectiles sont dégraissés avec du diluant qui contient principalement des acétates de n-butyle et d'isobutyle, du toluène et du xylène. Il est appliqué à la main à l'aide d'un chiffon largement imprégné de produit. La ventilation des cabines n'est pas en fonctionnement pendant le dégraissage des surfaces et les peintres ne portent ni masque, ni gant (4 peintres sur 35 seulement mettent des gants pour le dégraissage).

Le marouflage des surfaces dure plusieurs dizaines de minutes alors que le dégraissage ne dure que quelques secondes.

Le dégraissage peut être responsable de l'inhalation de solvants fortement volatils (toluène et acétates de butyle), mais aussi de leur pénétration cutanée (pour les xylènes notamment). Il convient de relativiser ce risque compte tenu de la très courte durée de l'opération.

La préparation des subjectiles se termine par un dépoussiérage avec une soufflette à air comprimé.

3.2.2. Préparation de la peinture

3.2.2.1. Local

La préparation de la peinture (apprêt ou peinture de finition) est effectuée dans un local isolé du reste de l'atelier appelé laboratoire commun au nettoyage du matériel. C'est une pièce de 10 à 15 m² dans laquelle se trouvent :

- une table de préparation avec une balance, cette dernière n'étant utilisée que pour préparer des teintes non disponibles, ce qui est en fait assez rare ;
- des étagères de stockage des produits (teintes de base et références les plus utilisées) avec un système de mélange automatique du contenu des pots ;
- des pots de diluant et de durcisseur ;
- une cabine de nettoyage des pistolets équipée d'une hotte aspirante ;
- un bac de récupération des solvants usagés et une poubelle.

3.2.2.2. Mode opératoire

Le peintre prépare sa peinture sur la table de préparation, dans le réservoir de son pistolet à succion ou dans une boîte de peinture vide s'il utilise un pistolet gravitaire dont le fond du réservoir n'est pas plat.

Il place verticalement une réglette graduée dans le réservoir ou dans la boîte et verse la base, le durcisseur puis le diluant. La réglette est spécifique d'une gamme de produits et permet de respecter les proportions volumétriques préconisées par le fabricant. Le peintre ne fait pas de calcul, il doit simplement avoir une idée de la quantité totale de peinture nécessaire.

Par expérience et en fonction de la durée de séchage souhaitée ou de la température de l'atelier, le peintre peut modifier la quantité de diluant ajoutée. Une diminution de la quantité de diluant permettra un séchage plus rapide.

3.2.2.3. Formulation de la peinture

Les fiches de composition des produits utilisés nous ont permis de calculer la proportion exacte des différents constituants de la peinture avant son application.

* Pour les apprêts PU, les proportions utilisées sont en principe les suivantes : 100 parts de base, 25 parts de durcisseur et 10 parts de diluant, ce qui représente 74 % de base, 19 % de durcisseur et 7 % de diluant. Avec 40 % de polyisocyanates de type HDT en moyenne dans le durcisseur, l'apprêt avant application contient 7,6 % d'HDT en volume.

* Pour les peintures brillants directs et les vernis PU, les proportions sont les suivantes : 100 parts de base, 50 parts de durcisseur et 10 parts de diluant, ce qui représente 62,5 % de base, 31,2 % de durcisseur et 6,3 % de diluant. Avec 40 % de polyisocyanates de type HDT en moyenne dans le durcisseur, la peinture de finition avant application contient 12,5 % d'HDT en volume.

Ces compositions sont comparables à celles décrites dans la littérature : Janko (39) relève des proportions de polyisocyanates comprises entre 6 et 15 % dans la peinture avant application, Alexandersson (2) des proportions de 10 % en moyenne dans les peintures de finition et de 3 à 6 % dans les apprêts.

Pour Goyer, ces proportions sont comprises entre 3 et 15 % (32).

3.2.2.4. Evaluation du risque toxique

La durée passée par les peintres dans le local est en moyenne de 5 minutes (3 à 10 minutes) pour la préparation d'un apprêt ou d'une peinture de finition. Il n'est pas rare que les peintres soient deux ou trois en même temps dans ce local.

Une forte odeur de solvants est présente dans le laboratoire, qui peut être expliquée par :

- les pots de produits entamés restant souvent ouverts jusqu'à l'utilisation suivante ;
- la poubelle contenant des papiers imprégnés de solvants ;
- le bac de récupération des solvants usagés qui dégorge ;
- la ventilation du local qui est insuffisante. Elle est assurée par une extraction unique située à la partie supérieure d'un des murs de la pièce.

Le peintre prépare sa peinture sur la table de travail, le nez au dessus du récipient pour respecter les proportions des produits. Sur les 35 peintres de notre étude, aucun ne porte de protection respiratoire pendant la préparation et aucun local ne dispose d'une hotte aspirante au-dessus de la table de préparation.

Quatre peintres portent des gants de protection pour la préparation de la peinture.

Les polyisocyanates de type HDT ne sont pas volatils à température ambiante et les diisocyanates monomères sont présents en très faibles proportions dans les durcisseurs utilisés (moins de 0,5 %). Aussi, le risque isocyanate par inhalation peut être considéré comme négligeable lors de la préparation de la peinture. Ceci devra être confirmé par des mesures des taux atmosphériques d'isocyanates dans le laboratoire.

Pour les solvants, les taux atmosphériques sont certainement élevés et l'évaluation précise du risque nécessite une métrologie atmosphérique. De plus, leur pénétration cutanée est importante, ce qui aura pour effet de majorer l'exposition des peintres.

3.2.3. Application des apprêts (n = 12)

3.2.3.1. Les cabines

3.2.3.1.1. Utilisation des cabines

Dans notre étude, 58 % des apprêts ont été appliqués dans les cabines ouvertes, 25 % dans les cabines fermées et 17 % dans l'atelier.

3.2.3.1.2. Performances des cabines ouvertes

Quatre cabines ouvertes ont été étudiées : deux à rideau d'eau et deux à filtres.

Les performances de ventilation des cabines ont été vérifiées le matin avant les premiers prélèvements selon les recommandations de la norme AFNOR NF T 35-009 avec un thermoanémomètre à fil chaud (GCA 35, Wallac).

Les résultats figurent dans le tableau I avec pour chaque vérification :

- la vitesse minimale relevée ;
- le ou les points où la vitesse d'air est la plus faible ;
- la vitesse maximale ;
- la vitesse moyenne à partir des neuf points de mesure ;
- la conformité ou pas de la cabine à la norme AFNOR : la ou les causes de non conformité sont en gras dans le tableau I.

Les cabines à rideau d'eau sont très rarement conformes (20 % des cas pour la cabine 1, jamais pour la cabine 2). Les vitesses d'air minimales et moyennes sont basses.

Tableau I. Performances des cabines ouvertes

| Numéro | type | nb | vitesse | localisation | vitesse | vitesse | conformité |
|--------|------------------------|----|------------|--------------|----------|-------------|------------|
| | | | minimale | | maximale | moyenne | |
| 1 | rideau d'eau | 1 | 0,2 | centre | 0,5 | 0,40 | non |
| | | 2 | 0,2 | centre | 0,4 | 0,30 | non |
| | | 3 | 0,4 | angle sup. | 0,9 | 0,63 | oui |
| | | 4 | 0,3 | centre | 0,6 | 0,44 | non |
| | | 5 | 0,2 | angle inf. | 0,6 | 0,46 | non |
| 2 | rideau d'eau (1980) | 1 | 0 | angle sup. | 0,5 | 0,19 | non |
| | | 2 | 0 | bord | 0,4 | 0,16 | non |
| | | 3 | 0,1 | angles | 0,4 | 0,20 | non |
| | | 4 | 0 | angle sup. | 0,4 | 0,28 | non |
| | | 5 | 0 | angle sup. | 0,5 | 0,24 | non |
| 3 | filtre (1994) | 1 | 0,4 | angle inf. | 0,7 | 0,57 | oui |
| | | 2 | 0,4 | angle inf. | 0,6 | 0,53 | oui |
| | | 3 | 0,3 | angle inf. | 0,6 | 0,48 | non |
| | | 4 | 0,4 | angle sup. | 0,7 | 0,58 | oui |
| 4 | filtre (1992) | 1 | 0,4 | angle inf. | 0,9 | 0,74 | oui |
| | | 2 | 0,7 | angle sup. | 1 | 0,87 | oui |
| | | 3 | 0,5 | angles inf. | 0,9 | 0,66 | oui |
| | | 4 | 0,5 | angle inf. | 0,9 | 0,70 | oui |
| | | 5 | 0,3 | bord | 0,9 | 0,68 | non |

nb : numéro de la vérification

Deux explications sont à notre avis possibles :

- la vétusté des cabines : les deux cabines ont une quinzaine d'années d'utilisation, la cabine 2 a été installée en 1980 et la cabine 1 sensiblement à la même date ;
- la captation par rideau d'eau rend la cabine moins performante que l'utilisation d'un filtre.

Les cabines sèches ont un filtre qui est déroulé au fur et à mesure de son colmatage et elles sont beaucoup plus récentes (installation en 1992 et 1994). Elles sont conformes dans 75 % des cas pour la cabine 3 et dans 80 % pour la cabine 4. La non conformité de la cabine 4 n'est due qu'à un point de mesure inférieur à 0,4 m/s.

3.2.3.2. Les pistolets

L'application des apprêts est systématiquement réalisée avec des pistolets à gravité du fait de la forte viscosité du mélange.

Nous avons également assisté à l'application d'un apprêt avec un pistolet à basse pression (0,5 bar). L'aérosol émis est de taille moins importante et le coefficient de transfert de la peinture sur le subjectile plus élevé. L'étude de ces nouveaux pistolets est nécessaire.

La pression au manomètre de la cabine est en moyenne de 3,9 bars (\pm 0,8 bar). Les peintres modifient rarement le réglage de la pression au manomètre mais pincement le tuyau pour la faire diminuer.

3.2.3.3. Mode opératoire

Le peintre pulvérise l'apprêt sur les subjectiles disposés horizontalement sur des tréteaux ou suspendus verticalement. Dans le cas d'une application sur un véhicule, le peintre se retrouve par moments entre le véhicule et le rideau d'eau ou le filtre. L'aérosol liquide est alors ramené vers lui et ce d'autant plus que la ventilation est

efficace. La durée de pulvérisation est en moyenne de 4 minutes 27 (entre 2 et 8 minutes).

Les peintres ne portent jamais de gants, 33 % ne portent pas de masque, 17 % portent un masque en papier et 50 % un masque à cartouche de charbon actif.

3.2.3.4. Evaluation du risque toxique lors de l'application des apprêts PU

L'application d'apprêts PU contenant en moyenne 7,6 % d'HDT en volume, est réalisée dans une cabine ouverte dont l'efficacité est bonne dans la moitié des cas (cabines sèches) et très mauvaise dans l'autre (cabines à rideau d'eau). Le peintre se trouve à certains moments très exposé, car dans le nuage de l'aérosol (entre le véhicule et l'aspiration). Enfin, le port d'un masque respiratoire n'est retrouvé qu'une fois sur deux. L'inhalation des isocyanates et des solvants est donc possible lors de l'application des apprêts PU. Ces risques sont à évaluer par des prélèvements portatifs réalisés au niveau des voies respiratoires du peintre.

3.2.4. Application des peintures de finition (n = 78)

3.2.4.1. Les cabines

3.2.4.1.1. Utilisation des cabines

Les peintures de finition sont toujours appliquées dans les cabines fermées pour des critères de qualité du travail. En effet, un résultat satisfaisant sur le plan technique (absence de poussière) ne peut être obtenu que dans une cabine où l'air d'admission est filtré.

La fréquence d'utilisation des cabines dans notre étude n'est probablement pas le reflet de ce qui se passe dans les petites entreprises.

Dans une étude réalisée par Ameille (3) dans 25 petites entreprises de la région parisienne, 12 % des peintres dont les entreprises sont équipées de cabines

reconnaissent ne jamais les utiliser, 38 % peignent souvent en dehors de la cabine et 9 % parfois.

Dans l'étude de Pisanello **(60)**, sur 45 entreprises de réparation automobile, 28 disposent d'une cabine de peinture à ventilation verticale et 57 des 99 peintres (58 %) reconnaissent appliquer parfois les peintures bicomposants en dehors des cabines dont 47 (82 %) au moins une fois par semaine.

La fréquence d'utilisation des cabines fermées est donc bien plus importante dans les succursales des grands constructeurs que dans les petites entreprises.

3.2.4.1.2. Performances des cabines fermées

Huit cabines fermées à ventilation verticale de haut en bas, de la même marque et de la même taille (6,5 m de long, 4 m de large et 2,8 m de haut) ont été étudiées.

Les filtres d'admission placés au plafond sont changés tous les 6 mois selon les conseils du constructeur.

Les filtres d'extraction, placés au niveau du sol, sont changés en fonction du nombre d'heures d'utilisation des cabines ce qui correspond à 2 semaines pour les entreprises étudiées.

Les mesures des vitesses d'air réalisées selon la norme AFNOR NF T 35-009 avec un véhicule placé au centre de la cabine figurent dans le tableau II : plusieurs mesures en 10 points ont été réalisées pour chaque cabine. Les motifs de non conformité à la norme figurent en gras dans le tableau II.

Les vitesses d'air moyennes par cabine sont extrêmement dispersées d'une cabine à une autre. Sur l'ensemble des mesures effectuées, les cabines ne sont conformes que dans 19 % des cas. Pour les cabines où les mesures ont été effectuées plusieurs matins de suite, aucune n'est conforme plusieurs jours de suite.

Dans une étude réalisée par la Caisse Régionale d'Assurance Maladie d'Ile de France **(22)**, aucune des 25 cabines vérifiées n'était conforme à la norme AFNOR.

Tableau II. Performances des cabines fermées

| n° | année | semaine des filtres de sol | nb | vitesse minimale | localisation | vitesse maximale | vitesse moyenne | conformité |
|----|-------|-------------------------------|----|---------------------|--------------|---------------------|--------------------|------------|
| 5 | 1981 | 2ème | 1 | 0 | côtés | 0,4 | 0,15 | non |
| | | | 2 | 0 | côtés | 0,1 | 0,03 | non |
| 6 | 1985 | 2ème | 1 | 0 | arrière | 0,6 | 0,36 | non |
| 7 | ? | 1ère | 1 | 0,3 | arrière | 0,6 | 0,44 | oui |
| | | | 2 | 0,2 | avant | 0,7 | 0,36 | non |
| | | | 3 | 0,1 | arrière | 0,6 | 0,31 | non |
| 8 | 1989 | 1ère | 1 | 0,2 | avant | 0,6 | 0,41 | non |
| | | | 2 | 0,2 | avant | 0,7 | 0,51 | non |
| | | | 3 | 0,7 | arrière | 1 | 0,94 | oui |
| | | | 4 | 0,2 | avant | 0,9 | 0,59 | non |
| 9 | 1989 | 2ème | 1 | 0,3 | côté | 0,5 | 0,42 | oui |
| | | | 2 | 0 | côté | 0,5 | 0,35 | non |
| | | | 3 | 0 | côté | 0,4 | 0,28 | non |
| | | | 4 | 0,1 | côté | 0,6 | 0,38 | non |
| | | | 5 | 0,1 | côté | 0,5 | 0,35 | non |
| 10 | 1991 | 2ème | 1 | 0,5 | côté | 0,7 | 0,61 | oui |
| 11 | 1990 | 1ère | 1 | 0,2 | avant | 0,5 | 0,37 | non |
| | | | 2 | 0,1 | avant | 0,4 | 0,32 | non |
| | | | 3 | 0 | arrière | 1 | 0,39 | non |
| 12 | ? | 1ère | 1 | 0,1 | côté | 0,7 | 0,46 | non |
| | | | 2 | 0,1 | avant | 0,6 | 0,40 | non |

nb : numéro de la vérification

Dans une étude similaire portant sur 15 cabines, l'Institut de Recherche en Santé et en Sécurité du Travail (IRSST) du Québec **(32)** n'en retrouve également aucune conforme à cette même norme.

La date entre le changement des filtres de sol et la date des mesures ne semble pas avoir une influence déterminante puisque dans les deux cabines dont les vitesses d'air moyennes sont les meilleures (8 et 10), les filtres sont neufs dans le premier cas et ont une semaine d'utilisation dans le deuxième. A l'inverse, les cabines 6, 7, 9 et 11 ont des vitesses d'air moyennes très proches alors que les filtres sont neufs pour les cabines 7 et 11 et ont une semaine d'utilisation pour les cabines 6 et 9.

Les points de mesure des vitesses d'air les plus faibles sont en général situés au même endroit pour une même cabine. Ce phénomène est en faveur d'une mauvaise répartition de l'aspiration. Le colmatage localisé des filtres pourrait expliquer ce phénomène mais les différentes localisations (avant, côtés ou arrière) ne sont pas en faveur de cette hypothèse.

Dans la norme AFNOR, il est fait référence à un véhicule de "taille moyenne" placé au centre de la cabine. En effet, plus la surface du véhicule utilisé est grande, plus les vitesses d'air mesurées devraient être importantes, ceci par réduction de la surface d'aspiration pour un débit d'air constant dans la cabine. En fait, les deux comparaisons que nous avons effectuées entre les mesures faites avec deux véhicules de surfaces très différentes dans la même cabine ne sont pas en accord avec cette notion. Une étude de l'IRSST **(32)** est en accord avec nous pour 15 mesures effectuées.

Pour la vérification des performances techniques de la ventilation des cabines, il serait souhaitable que le véhicule utilisé soit toujours de la même dimension ou encore comme le propose le projet de législation européenne, que les mesures soient effectuées sans véhicule dans la cabine **(23)**. La présence du véhicule dans la cabine est motivée par le fait d'approcher les conditions réelles d'utilisation de celle-ci.

En fait, dans notre étude seulement 40 % des opérations d'application de peinture ont été réalisées sur un véhicule seul placé au centre de la cabine. Les autres opérations sont des applications sur éléments séparés du véhicule dans 30 % des cas et des applications réalisées simultanément sur le véhicule et des éléments séparés dans les 30 % restants.

Pour être plus proches des conditions opératoires du peintre, nous avons réalisé des mesures des vitesses d'air autour des surfaces telles qu'elles étaient positionnées juste avant l'application de la peinture. Lorsqu'un véhicule était placé seul au centre de la cabine, les points de mesurage étaient réalisés en face des parties de la voiture à peindre. La moyenne des vitesses d'air mesurées selon cette méthode est appelée vitesse d'air de l'essai. Les moyennes des vitesses d'air des essais par cabine figurent dans le tableau III où elles sont comparées aux moyennes des vitesses d'air mesurées selon la norme AFNOR.

Les vitesses d'air des essais sont très variables d'un essai à l'autre dans une même cabine. La moyenne des vitesses d'air des essais dans une même cabine est à l'exception des cabines 5 et 11 plus basse que la moyenne des vitesses d'air mesurées selon la norme.

3.2.4.2. Les pistolets

L'application des peintures de finition est réalisée avec un pistolet à succion dans 78 % des cas et avec un pistolet à gravité dans les 22 % restants.

La pression de pulvérisation est en moyenne de 5 bars (\pm 0,8 bar) avec des valeurs extrêmes de 3 et 6,3 bars. Les pressions de plus de 5,5 bars au manomètre de la cabine sont excessives compte tenu de la longueur des flexibles utilisés (inférieurs à 10 m). Cette situation est retrouvée dans 13 % des cas et pour 8 peintres différents en tout. La pression de pulvérisation préconisée est donc respectée par le plus grand nombre.

Tableau III. Comparaison des vitesses d'air moyennes : norme/essai

| cabine | vitesses d'air moyennes selon la norme | | | | vitesses d'air moyennes des essais | | | |
|-----------|---|-------------|------|------|---------------------------------------|-------------|------|------|
| | n | moy | min | max | n | moy | min | max |
| 5 | 2 | 0,09 | 0,03 | 0,15 | 11 | 0,24 | 0,10 | 0,50 |
| 6 | 1 | 0,36 | - | - | 2 | 0,34 | 0,15 | 0,53 |
| 7 | 3 | 0,37 | 0,31 | 0,44 | 7 | 0,26 | 0,15 | 0,47 |
| 8 | 4 | 0,61 | 0,41 | 0,94 | 10 | 0,57 | 0,34 | 0,90 |
| 9 | 5 | 0,36 | 0,28 | 0,42 | 13 | 0,34 | 0,10 | 0,50 |
| 10 | 1 | 0,61 | - | - | 8 | 0,44 | 0,20 | 0,60 |
| 11 | 3 | 0,36 | 0,32 | 0,39 | 12 | 0,42 | 0,30 | 0,60 |
| 12 | 2 | 0,43 | 0,40 | 0,46 | 11 | 0,37 | 0,23 | 0,48 |

n : nombre de vérifications

3.2.4.3. Mode opératoire

Les peintures appliquées sont des brillants directs dans 42 % des cas et des métallisées vernies dans les 58 % restants.

Les peintures de finition sont toujours appliquées dans une cabine fermée. Le temps passé en cabine est en moyenne de 15 minutes (extrêmes entre 2 et 47 minutes).

La durée de pulvérisation de la peinture est en moyenne de 5 minutes (entre 48 secondes et 19 minutes) et ne représente donc que le tiers du temps passé en cabine. Durant cette période, le peintre est exposé à l'inhalation des solvants et des isocyanates. L'aérosol étant aspiré par la ventilation, il n'est présent que pendant la phase de pulvérisation proprement dite. La durée de pulvérisation est retenue pour la quantification du risque toxique et sa comparaison aux valeurs limites d'exposition dans le chapitre suivant.

Chaque peintre réalise en moyenne quatre applications par jour. Le temps passé en cabine n'excède pas une heure et la durée d'exposition proprement dite, 20 minutes.

Sur 31 peintres interrogés sur leur protection respiratoire, 16 % (n = 5) n'en portent aucune, 10 % (n = 3) portent un masque antipoussières, 74 % (n = 23) un masque à cartouche de charbon actif avec préfiltre pour les masques les plus récents, dont 26 % (n = 8) si la surface à peindre est importante et 48 % (n = 15) systématiquement.

Ces chiffres sont comparables à l'étude d'Ameille **(3)** dans laquelle 5 % des peintres ne portent jamais de masque respiratoire pendant l'application de la peinture, 19 % parfois ou rarement, 41 % souvent et 35 % toujours. Par contre, Alexandersson **(2)** rapporte 70 % d'utilisation de masque à cartouche et 30 % de cagoule à adduction d'air. Pour Pisaniello **(60)**, un peintre sur 99 porte un masque antipoussière, la majorité dispose d'un masque à cartouche combinée ou d'un système à adduction d'air qui est irrégulièrement utilisé.

Les peintres ne portent jamais de gants pour appliquer la peinture.

L'application de la peinture terminée, le véhicule ou les éléments peints sont séchés à une température de l'ordre de 65° C. Il n'y a bien sûr personne dans la cabine pendant cette opération où les solvants évaporés sont aspirés par le système de ventilation.

3.2.4.4. Evaluation du risque toxique lors de l'application des peintures et vernis PU

Les peintures PU contiennent en moyenne 12,6 % d'HDT en volume et des mélanges de solvants, principalement des hydrocarbures aromatiques et des acétates. Leur application est systématiquement réalisée dans une cabine de peinture dont les performances de ventilation sont rarement conformes à la législation. Leur pulvérisation au pistolet pneumatique, génère un aérosol de gouttelettes liquides et, le port d'un masque à cartouche avec charbon actif n'est retrouvé systématiquement que dans moins de la moitié des cas. De plus, la présence d'un préfiltre n'a pas été notée. Il existe donc un risque important d'inhalation d'isocyanates et de solvants lors de l'application des peintures PU. La quantification des niveaux d'exposition atmosphérique sera réalisée à l'aide de prélèvements portatifs placés au niveau des voies respiratoires du peintre.

3.2.5. Nettoyage du pistolet

Cette activité est effectuée comme la préparation des peintures dans le laboratoire. Elle est en partie automatisée et se fait à l'aide d'une cabine de nettoyage. Le peintre sépare le réservoir du reste du pistolet, le place dans le bac métallique de la cabine où du diluant est projeté automatiquement sur le pistolet. Le peintre reprend son pistolet, verse du diluant dans le réservoir, démarre la ventilation de la hotte et pulvérise le diluant en direction du filtre situé au fond de la cabine de nettoyage. Enfin, il essuie son pistolet avec un papier absorbant qu'il jette dans la poubelle du local. La durée totale de la phase de nettoyage est inférieure à 5 minutes.

Le laboratoire est équipé d'une extraction d'air au niveau d'un de ses murs et la hotte électrique aspire le solvant pulvérisé au pistolet. Cinq peintres sur 31 portent des gants pour le nettoyage de leur pistolet. Deux portent un masque à cartouche.

Le risque d'inhalation des isocyanates pendant cette phase de travail est très faible puisqu'il n'y a pas pulvérisation de peinture mais seulement de diluant. Les isocyanates ne peuvent être alors présents que dans le fond du réservoir du pistolet.

Le risque d'inhalation de solvants existe puisqu'il y a pulvérisation de diluant. De plus, et comme au stade de la préparation, les pots entamés, la poubelle et le bac de recyclage de diluant ne sont pas fermés.

La durée de nettoyage du pistolet est courte comme l'est la préparation de la peinture, mais le temps de séjour du peintre dans le laboratoire chaque jour est certainement supérieur à une heure. Aussi, l'exposition aux solvants semble être importante. Elle sera évaluée par une métrologie atmosphérique à poste fixe dans le laboratoire.

3.2.6. Nettoyage du laboratoire et des cabines de peinture

Le laboratoire est rangé tous les soirs, le papier de protection de la table de préparation changé, la poubelle vidée, les pots entamés rebouchés et les pots vides jetés. Les taches de peinture sont enlevées avec du diluant ou plus exceptionnellement avec du décapant, mais les peintres portent alors systématiquement des gants de protection.

Les cabines de peinture sont nettoyées une fois par semaine, le lundi matin ou le samedi matin. Nous n'avons pas assisté à ce nettoyage au cours duquel les peintres utilisent du décapant et déclarent mettre des gants.

3.2.7. Nettoyage des mains du peintre

Pour retirer les traces de peinture qu'ils ont sur les mains, les peintres utilisent du diluant nettoyant dans tous les cas. Un certain nombre de solvants comme les xylènes peuvent pénétrer largement à travers la peau à l'occasion de ce nettoyage.

4. Quantification des risques solvant et isocyanate

Après avoir étudié les différentes phases de travail du peintre, nous avons réalisé une métrologie atmosphérique pour quantifier les niveaux d'exposition aux solvants (polaires et apolaires) et aux isocyanates (HDI et HDT) lors de ces différentes opérations.

4.1. Matériel et méthode

4.1.1. Prélèvements atmosphériques

4.1.1.1. Supports

4.1.1.1.1. Isocyanates

Les prélèvements d'isocyanates sont réalisés selon la norme NF X 43-263 **(9)** : le support de prélèvement est un barboteur dans lequel est placé du toluène contenant un réactif de piégeage des fonctions - N = C = O, la 1-(2-méthoxy-phényl)-pipérazine. Ce type de prélèvement a déjà été validé par notre laboratoire **(53)**.

Après prélèvement, les barboteurs sont conservés 24 heures à température ambiante à l'abri de la lumière pour que la réaction de piégeage soit totale.

4.1.1.1.2. Solvants

Les prélèvements de solvants sont effectués selon les recommandations des normes AFNOR NF X 43-252 et 43-258 **(7, 8)** : les solvants apolaires sont piégés par un tube de charbon actif et les solvants polaires (hydroxylés) sont piégés par un tube silicagel.

Les deux supports sont placés en parallèle.

Les tubes de charbon actif et de silicagel sont conservés au congélateur jusqu'à l'analyse.

4.1.1.2. Pompes

Les barboteurs comme les tubes de charbon actif et de silicagel sont reliés à une pompe d'aspiration de l'air. Le débit est maintenu constant par un mécanisme de compensation de la perte de charge. Le débit est étalonné en début de prélèvement et vérifié à la fin. Un contrôle intermédiaire est effectué au bout de deux heures pour les prélèvements de longue durée.

Toute variation de débit supérieure à 5 % fait que le prélèvement n'est pas retenu pour l'étude.

4.1.1.3. Type de prélèvements

4.1.1.3.1. Portatifs

Des prélèvements portatifs sont effectués pendant la pulvérisation des apprêts et des peintures de finition

Pour les isocyanates, le barboteur est fixé à proximité des voies respiratoires du peintre du côté de son bras directeur. En effet, le pistolage est un geste asymétrique et des différences allant du simple au double ont été relevées dans une étude précédente **(53)** selon le côté du prélèvement. Le débit de la pompe est de 1 litre par minute.

Pour les solvants, le tube de charbon actif et le silicagel sont également placés à proximité des voies respiratoires du peintre mais de l'autre côté pour éviter que le toluène des barboteurs ne sature le charbon actif. Le débit de la pompe est de 100 ml par minute.

4.1.1.3.2. D'ambiance

Des prélèvements d'une durée de 4 heures sont effectués dans le laboratoire de préparation de la peinture. Les supports et les pompes sont fixés sur un trépied disposé dans un angle de la pièce. Les supports sont situés à une hauteur de 1,50 m (hauteur des voies respiratoires des peintres).

Le débit des pompes est de 100 ml par minute pour les tubes et pour le barboteur.

4.1.2. Analyses

4.1.2.1. Les solvants

L'identification des solvants est réalisée par couplage chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse et leur quantification est faite en ionisation de flamme.

4.1.2.2. Les Isocyanates

L'analyse est réalisée en chromatographie liquide à haute performance avec détection ultraviolette et gradient d'élution. Les conditions analytiques permettent de détecter l'HDI et l'HDT simultanément.

4.2. Résultats et discussion

4.2.1. Les valeurs limites (VL) (38, 55)

Ce sont des concentrations dans l'air que peut respirer une personne sans risque d'altération pour sa santé. Si des modifications biologiques réversibles sont parfois tolérées, aucune atteinte fonctionnelle ou organique irréversible ou prolongée ne doit être raisonnablement prévisible.

Les VL doivent être considérées comme des objectifs minimaux. Selon les directives du Ministère du travail (55), des valeurs inférieures à 30 % de la VL ne justifient en principe aucune mesure de prévention supplémentaire. Des valeurs comprises entre 30 et 70 % de la VL justifient des modifications techniques pour ramener les valeurs à moins de 30 % de la VL. Des valeurs supérieures à 70% de la VL imposent des mesures urgentes pour améliorer ces valeurs.

En fonction de la durée d'exposition, deux types de VL sont définies :

- les valeurs limites d'exposition (VLE) sont des valeurs plafond à ne pas dépasser sur 15 minutes. Elles ont pour objectif d'éviter les effets toxiques immédiats ou à court terme. Toutefois, il existe une exception pour les isocyanates où la VLE est définie pour une durée maximale de 5 minutes.

- les valeurs moyennes d'exposition (VME) sont des valeurs mesurées ou estimées pour une période de 8 heures. Elles sont destinées à protéger les travailleurs des effets à long terme. Les VME peuvent être dépassées sur de courtes périodes de temps, sous réserve de ne pas dépasser les VLE correspondantes.

Ces VL sont données à titre indicatif. Il existe des valeurs réglementaires (VR) pour quelques produits qui ne concernent pas cette étude. Leur respect est alors un impératif.

Dans le cas d'une exposition simultanée à plusieurs substances ayant le même organe cible, il convient d'appliquer la convention d'additivité selon la formule suivante :

$$C1 / VL1 + C2 / VL2 + C3 / VL3 + \dots + Cn / VLn < 1$$

C1 est la concentration mesurée du produit 1 et VL1 sa valeur limite.

C2 est la concentration mesurée du produit 2 et VL2 sa valeur limite, etc...

La VL additive pour le mélange des produits est alors de 1.

Pour les solvants, nous sommes dans ce cas de figure puisqu'ils sont tous potentiellement toxiques pour le système nerveux central.

Les VL des différents solvants seront données avec les résultats des mesures.

Pour les isocyanates, les VL sont les suivantes :

- HDI : la VME est de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et la VLE de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

- Polyisocyanates de l'HDI : pas de VME et une VLE de $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ (18).

Les taux atmosphériques présentés ensuite sont calculés en divisant la quantité d'isocyanates retrouvée dans le barboteur, par le temps effectif de pulvérisation.

Certains auteurs (36) utilisent le temps passé en cabine, ce qui a pour effet de diviser

les taux trouvés par un facteur trois environ, puisque les peintres ne pulvérisent la peinture que pendant 30 % du temps qu'ils passent en cabine.

4.2.2. Préparation de la peinture et nettoyage du pistolet dans le laboratoire

4.2.2.1. Les solvants (tableau IV)

Nous disposons de 18 prélèvements réalisés dans les laboratoires des 4 entreprises.

Ces prélèvements d'une durée de 4 heures sont comparés à la VME.

Les résultats par type de solvant sont présentés dans le tableau IV pour les concentrations qui dépassent 1/100 de la VME. Les concentrations atmosphériques de solvants prises individuellement sont en moyenne inférieures à 10 % de la VME. Les valeurs obtenues après calcul d'additivité sont comprises entre 14 % et 90 % de la VME.

- 6 valeurs sont inférieures à 30 % de la VME ;
- 11 sont comprises entre 30 et 70 % de la VME ;
- 1 est à plus de 70 % de la VME.

Les deux tiers des valeurs (12/18) ne sont donc pas satisfaisantes sur le plan de l'hygiène industrielle.

Les différences entre les entreprises ne sont pas étudiées du fait du faible nombre de prélèvements et de la dispersion des valeurs trouvées pour le même laboratoire d'un jour à l'autre.

Il y a donc exposition chronique à un mélange de solvants parmi lesquels sont retrouvés majoritairement le toluène, les xylènes et l'acétate de n-butyle conformément à la composition des produits utilisés.

Ces concentrations atmosphériques reflètent les quantités de produits inhalables sans protection respiratoire mais ne tiennent pas compte de la pénétration par voie cutanée qui peut être importante notamment pour les xylènes (74) en l'absence de gants de protection.

Tableau IV. Concentrations atmosphériques en solvants dans le laboratoire

| solvants | moyenne (min-max) mg/m ³ | VME mg/m ³ | moy/VME (min-max) % |
|----------------------------|--|--------------------------|------------------------|
| toluène | 32,18 (2,9-221,2) | 375 | 9 (0,8-59) |
| xylènes | 28,28 (5-48,2) | 435 | 7 (1,1-11) |
| triméthylbenzène | 1,48 (0,4-2,4) | 125 | 1 (0,3-1,9) |
| acétate de n-butyle | 50,53 (13-78,1) | 710 | 7 (1,8-11) |
| acétate d'isopropyle | 4,99 (1,9-11,4) | 950 | 1 (0,2-1,2) |
| éthanol | 25,65 (1,8-117,4) | 1900 | 1 (0,1-6,2) |
| isobutanol | 3,72 (0,5-7,3) | 150 | 2 (0,3-4,9) |
| méthyléthylcétone | 26,24 (2,9-98,4) | 600 | 4 (0,5-16,4) |
| méthylisobutylcétone | 2,49 (0,8-4,8) | 205 | 1 (0,4-2,3) |
| acétate d'éthylglycol | 0,68 (0,6-2,1) | 27 | 3 (2,2-7,8) |
| butylglycol | 1,21 (0,1-3,4) | 120 | 1 (0,1-2,8) |

Une évaluation globale et plus pertinente de l'exposition est possible pour certains solvants, par dosage d'un indicateur biologique d'exposition (IBE). Ces IBE existent pour le toluène : l'acide hippurique dosé dans les urines en fin de poste permet d'évaluer l'exposition d'un groupe d'exposés et pour les xylènes avec le dosage des acides méthylhippuriques urinaires **(46)**.

4.2.2.2. Les Isocyanates

Nous avons réalisé 9 prélèvements d'isocyanates dans les laboratoires des quatre succursales.

Les taux atmosphériques d'HDI sont tous inférieurs au seuil de détection : $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une VME de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ceci n'est pas étonnant compte tenu des très faibles proportions d'HDI dans les durcisseurs utilisés (moins de 0,5 %).

L'HDT est quantifiable sur 3 prélèvements avec des concentrations comprises entre $0,03$ et $0,08 \text{ mg}/\text{m}^3$ pour une VLE de $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ (il n'y a pas de VME pour les polyisocyanates). Il provient peut être de la pulvérisation du fond du réservoir du pistolet pendant le nettoyage. Ces résultats sont tout à fait compatibles avec la très faible tension de vapeur de l'HDT (10^{-11} mm Hg) qui ne le rend que très peu volatil à température ambiante, la pulvérisation étant nécessaire à son aérosolisation.

Il n'existe donc pas d'HDI et pas ou très peu d'HDT dans l'air du laboratoire.

Le problème de la pénétration cutanée des isocyanates est évoquée par Rosenberg **(70)** après hydrolyse de la fonction isocyanate en amine et ceci seulement pour les diisocyanates monomères. Cette question est encore actuellement l'objet de recherches et de discussions. Il est de toutes façons reconnu que la voie respiratoire est la voie de pénétration dominante de ces produits **(58)**.

4.2.3. Pulvérisation des apprêts

Notre projet concernait initialement l'application des peintures de finition en cabine fermée. Nous ne voulions pas pour autant ignorer l'application des apprêts PU d'autant plus qu'ils sont appliqués dans des cabines ouvertes voire dans l'atelier et que moins de la moitié des peintres porte une protection respiratoire pendant ce travail.

Sur les 12 dosages réalisés, l'HDI n'est pas quantifiable. Les concentrations d'HDT sont en moyenne de 0,78 mg/m³ avec des extrêmes comprises entre 0,2 et 1,7 mg/m³.

Ces valeurs sont élevées puisque 25 % des prélèvements sont supérieurs à la VLE, 25 % compris entre 70 % de la VLE et la VLE, 17 % entre 30 et 70 % de la VLE et seulement 33 % inférieurs à 30 % de la VLE.

Ces mesures confirment l'existence d'un risque important d'inhalation des polyisocyanates pendant cette opération. L'analyse plus fine de ce risque passe par l'étude de la granulométrie des particules liquides de l'aérosol. Cette étude devra porter sur les particules émises par le pistolet mais aussi sur les particules renvoyées par le projectile vers les voies respiratoires du peintre. Cette analyse est délicate puisque, les techniques de pesée utilisées pour les particules solides ne sont pas applicables (les solvants s'évaporant au fur et à mesure) et que l'utilisation de compteur avec une chambre d'analyse et une détection laser ou infrarouge pose le problème d'une colmatation progressive de la chambre d'analyse.

4.2.4. Pulvérisation des peintures de finition

4.2.4.1. Les solvants (tableau V)

Huit prélèvements ont été réalisés lors de l'application de peinture de finition en cabine fermée. L'application de la peinture étant une opération ponctuelle (5 minutes en moyenne), nous comparons les taux atmosphériques mesurés avec les VLE des différents solvants.

Tableau V. Concentrations atmosphériques des solvants pendant la pulvérisation de la peinture en cabine fermée

| solvants | moyenne (min-max) mg/m ³ | VLE mg/m ³ | moy/VME (min-max) % |
|----------------------------|--|--------------------------|------------------------|
| toluène | 157,2 (41,9-395,7) | 550 | 28,6 (7,6-71,9) |
| xylènes | 60,6 (28-100,9) | 650 | 9,3 (4,3-15,5) |
| acétate de n butyle | 123,7 (55,5-203,9) | 940 | 13,2 (5,9-21,7) |
| isopropanol | 8,5 (3,2-17,9) | 980 | 0,9 (0,3-1,8) |
| 1 butanol | 2,25 (<ld-10,4) | 150 | 1,5 (<ld-6,9) |

Seuls 5 des solvants que nous avons quantifiés ont une VLE et nous n'exposons que leur mesure. Les autres solvants retrouvés sont l'éthyltoluène et le triméthylbenzène mais à des concentrations inférieures à 10 % de leur VME. La valeur obtenue après application de la convention d'additivité est donc inférieure à la réalité.

Sur les 8 prélèvements, une valeur est inférieure à 30 % de la VME, 6 sont comprises entre 30 et 70 % de la VME et une est égale à la VME. Ces valeurs sont élevées et insatisfaisantes sur le plan de la prévention.

Les principaux solvants retrouvés sont le toluène, les xylènes et l'acétate de n-butyle comme dans le laboratoire, ce qui est conforme à la composition des produits utilisés.

Ces résultats sont comparables à ceux de De Medillina (21) qui trouve des concentrations en solvants comprises entre 0,35 et 1,29 fois la VLE cumulée pour 5 des 6 peintures qui contiennent les mêmes solvants que nous. Il obtient un résultat isolé à 10,68 fois la VLE cumulée qu'il explique par de mauvaises conditions de ventilation. Le toluène et les xylènes sont retrouvés majoritairement. Kurppa (42) met en évidence des concentrations de solvants cumulées inférieures à 50 % de la VLE, mais ceci sur des prélèvements portatifs d'une durée d'une heure, qui ne comprennent donc pas que la phase de pistelage.

4.2.4.2. Les Isocyanates

4.2.4.2.1. Les taux atmosphériques

Nous disposons de 78 prélèvements atmosphériques d'isocyanates effectués pendant l'application des peintures de finition en cabine fermée.

L'HDI est quantifiable 11 fois avec des valeurs comprises entre 4 et 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les taux retrouvés sont donc toujours inférieurs à 30 % de la VLE. Ceci est conforme aux concentrations d'HDI dans la peinture avant application (< 0,5 % dans le durcisseur et < 0,2 % dans la peinture).

L'HDT est quant à lui quantifiable 66 fois avec une valeur moyenne de 2,12 mg/m³ pour des valeurs comprises entre 0,2 et 15,9 mg/m³. 54 % des valeurs sont supérieures à la VLE, 6 % comprises entre 70 % de la VLE et la VLE, 15 % entre 30 % et 70 % de la VLE et seulement 25 % des valeurs sont inférieures à 30 % de la VLE. De plus, 5 prélèvements sont supérieurs à 8 fois la VLE. Les taux les plus élevés correspondent à l'application d'une peinture à l'intérieur du coffre d'une voiture, conditions dans lesquelles la ventilation de la cabine est totalement inefficace. Les chiffres que nous avons obtenus peuvent sembler très élevés mais ils sont en tout point comparables à ce qui est retrouvé dans la littérature. Janko **(39)** trouve une valeur moyenne de 1,60 mg/m³ et un maximum de 18,4 mg/m³ dans une étude semblable. Laureillard **(45)** retrouve également des concentrations de polyisocyanates atteignant 15 mg/m³, Alexandersson **(2)** mesure des pics de concentration à 13,5 mg/m³.

4.2.4.2.2. L'explication des taux atmosphériques d'HDT

Plusieurs facteurs peuvent probablement expliquer l'importance de ces chiffres et leur grande variabilité.

Il semble que la vitesse d'air mesurée dans les conditions d'application de la peinture soit l'élément clef pour expliquer les variations observées. La vitesse d'air de l'essai est corrélée aux taux d'isocyanates atmosphériques (corrélation de Pearson, $r = -0,39$, $p < 0,001$, $n = 76$). A l'inverse, nous n'avons pas trouvé de relation entre les mesures de vitesse d'air réalisées selon la norme 35-009 et les taux d'isocyanates.

Ces résultats sont en accord avec ceux de Goyer **(33)** qui ne trouve pas de corrélation entre la vitesse de l'air dans la cabine mesurée selon la norme AFNOR et les taux d'isocyanates (HDI et prépolymères de l'HDI) au niveau des voies respiratoires du peintre.

La vitesse d'air de l'essai dépend des caractéristiques techniques de ventilation de la cabine conformément à la norme mais également de l'encombrement de la cabine (tableau VI). En effet, les concentrations d'isocyanates retrouvées au niveau des voies respiratoires du peintre sont plus élevées quand il y a à la fois un véhicule et des éléments séparés dans la cabine que, quand il n'y a qu'un véhicule placé au centre de la cabine. L'orientation des surfaces semble également jouer un rôle puisque les applications réalisées seulement sur des surfaces verticales sont responsables de taux d'isocyanates plus bas, que les opérations réalisées sur des surfaces orientées différemment.

4.3. Conclusion sur l'évaluation des risques isocyanate et solvant

Pendant la préparation de la peinture et le nettoyage du pistolet dans le laboratoire, le risque dominant sur le plan toxicologique est le risque solvant. Il y a pénétration des mélanges de solvants (toluène, xylènes et acétate de n-butyle) par voie respiratoire et également par voie cutanée (majorée par le nettoyage des mains au diluant). Le risque isocyanate est ici négligeable.

Pendant l'application des apprêts et des peintures de finition, le risque toxicologique est représenté par les isocyanates et les solvants. Le risque isocyanate est important voire très important pendant l'application des peintures de finition à l'intérieur des cabines fermées. Il est lié à l'HDT beaucoup plus qu'à l'HDI. Les pics d'exposition observés sont importants à prendre en compte car ils semblent jouer un rôle prépondérant dans la genèse de la maladie asthmatique (24). Les solvants présents dans l'air sont les mêmes que pendant les autres phases de l'activité du peintre.

Les résultats obtenus doivent conduire à une amélioration des mesures de prévention technique collective et individuelle tant sur le plan de leur efficacité que de leur mise en oeuvre. Cette prévention technique doit être complétée par une prévention médicale adaptée.

Tableau VI. Etude des relations entre paramètres techniques et taux d'HDT

| paramètre | mode | n | log HDT | p |
|--------------|------------------------------|----|---------|--------|
| subjectile* | éléments séparés | 23 | 0,35 | |
| | véhicule | 31 | 0,30 ← | |
| | éléments séparés et véhicule | 24 | 0,51 ← | 0,03** |
| orientation* | horizontale | 22 | 0,32 | |
| | verticale | 26 | 0,29 ← | |
| | horizontale et verticale | 30 | 0,49 ← | 0,02** |

* Analyse de variance à un facteur puis test post-oc de Scheffé

** significatif entre groupe ← et ←

5. La prévention

5.1. Prévention technique

Cette prévention est comme toujours collective et individuelle. La prévention collective doit prévaloir sur la prévention individuelle car l'application de cette dernière est plus contraignante donc plus aléatoire.

Dans le cadre de l'activité de peinture, la prévention technique doit permettre de réduire au maximum l'exposition aux isocyanates et aux solvants lors des différentes phases de travail.

5.1.1. Préparation des subjectiles

Le ponçage des apprêts doit se faire avec des ponceuses munies d'une aspiration.

Le peintre doit être équipé d'un masque anti-poussières et de lunettes de sécurité pour le ponçage à la ponceuse électrique.

Le dégraissage des surfaces doit se faire dans la cabine de peinture avec la ventilation en marche. Le peintre doit porter des gants de protection en polyalcool de vinyle qui sont les plus adaptés aux solvants utilisés **(30, 74)**.

5.1.2. Préparation de la peinture

Pour permettre l'évacuation des vapeurs de solvants, la préparation doit se faire sous une hotte aspirante efficace. Le filtre de la hotte doit être changé régulièrement et sa ventilation vérifiée. Si cette préparation est effectuée sur la table de travail, comme nous l'avons vu faire régulièrement, le port d'un masque à cartouche de charbon actif est indispensable. Il faut choisir une cartouche adaptée au piégeage des vapeurs de solvants organiques. Il serait en fait préférable d'installer une hotte aspirante au dessus de la table de préparation.

Quelques mesures simples doivent permettre de diminuer les concentrations atmosphériques de solvants dans le laboratoire :

- refermer les pots de produits après usage ;
- disposer de poubelles fermées et régulièrement vidées pour les papiers imprégnés de diluant et les pots vides.

Le port de gants de protection est de plus indispensable.

5.1.3. Pulvérisation des apprêts et des peintures de finition

Toute pulvérisation doit se faire dans une cabine de peinture.

L'utilisation des cabines fermées est préférable à celle des cabines ouvertes et devra être privilégiée autant que possible et ce d'autant plus que les surfaces à traiter sont importantes.

Les performances des cabines doivent être vérifiées périodiquement : vitesses d'air et homogénéité de la ventilation.

Les filtres d'admission et d'extraction doivent être changés régulièrement en fonction de la fréquence d'utilisation des cabines. Les cabines doivent être nettoyées régulièrement.

Une bonne utilisation des cabines est nécessaire, à savoir :

- pour une cabine ouverte : positionner les subjectiles le plus près possible du filtre ou du rideau d'eau et ne jamais se placer entre les subjectiles et l'aspiration ;
- pour une cabine fermée : peinture réalisée sur un véhicule ou sur des éléments séparés et pas sur les deux simultanément, en disposant les subjectiles au dessus des grilles latérales de la cabine sous lesquelles se trouvent les filtres d'extraction, les surfaces devant être disposées verticalement quand cela est possible.

Bien utiliser les produits c'est à dire respecter les préconisations d'association des composés entre eux et les proportions de chacun d'eux lors de la préparation.

Le remplacement des peintures PU n'est pas encore d'actualité en réparation car les peintures en phase aqueuse posent un certain nombre de problèmes techniques, comme la température de séchage pour les produits actuellement disponibles. Sur le plan médical, les dérivés de l'éthylène glycol présents dans ces produits sont suspectés d'effets hématologiques. Leur remplacement par des dérivés du propylène glycol permettrait d'éviter ces effets **(17)**.

Pour les pistolets, il faut respecter les pressions de pulvérisation préconisées. L'avenir sera certainement marqué par la généralisation des pistolets haut volume basse pression (High Volume Low Pressure ou H.V.L.P.). Ces derniers ont été introduits sur le marché californien par l'obligation légale d'obtenir un pourcentage de transfert de la peinture sur le projectile, supérieur à 65 %. Actuellement, l'ensemble des fabricants met sur le marché ce type de pistolet dont la pression de pulvérisation se situe autour de 0,7 bar. Cette faible-pression permettra certainement de diminuer le brouillard émis lors de la pulvérisation de la peinture, donc de limiter les phénomènes de rebond sur les projectiles **(13)**.

Sur le plan individuel, il est nécessaire de porter :

- une combinaison de peinture en Nylon plutôt qu'un bleu de travail en coton qui est perméable aux solvants ;
- des gants de protection éviteraient le nettoyage ultérieur des mains au diluant ;
- un masque complet recouvrant les yeux en même temps que le nez et la bouche ou bien un demi-masque si le peintre porte des lunettes. Dans les deux cas, la cartouche du masque doit être de type combiné, avec un charbon actif pour piéger les vapeurs de solvants organiques et les diisocyanates (HDI monomère) et un préfiltre pour les gouttelettes liquides contenant les polyisocyanates (HDT).

L'efficacité de ce masque dépendra du changement régulier de la cartouche, de la qualité de son stockage (à l'abri des vapeurs de solvant) et de l'absence de fuite au

niveau des bords du masque. La présence de fuites au niveau des bords du masque est fréquente. Dans l'étude de Pisaniello (60), 11 peintres sur 34 (32 %) disposaient de masques étanches. La pilosité du visage, la mauvaise mise en place du masque et les fissures du caoutchouc du bord du masque peuvent expliquer ces fuites.

Pour la fréquence de changement de la cartouche, les fabricants conseillent le plus souvent d'attendre de percevoir l'odeur des solvants pour la changer alors que les seuils olfactifs des solvants sont très variables de l'un à l'autre et qu'il peut exister des variations inter-individuelles de ces seuils olfactifs. Toutefois, c'est le seul critère objectif dont les peintres disposent puisqu'il n'existe pas de témoin de la saturation de la cartouche. L'étude de la saturation des cartouches de charbon actif par les solvants doit faire prochainement l'objet d'un travail de notre laboratoire.

Dans les cas les plus pénalisants, pour lesquels la prévention collective est inefficace comme le pistelage à l'intérieur des coffres de véhicule, le port d'une cagoule à adduction d'air est alors indispensable. On peut même se demander si cette protection ne serait pas souhaitable pour tout pistelage en cabine, recommandation déjà faite par les hygiénistes américains (39).

5.1.4. Nettoyage du pistolet

La prévention collective passe par la mise en marche de l'aspiration de la cabine de nettoyage, le changement régulier de son filtre, l'utilisation du système automatique de nettoyage du pistolet et la pulvérisation du diluant sous la hotte de ventilation en fonctionnement.

5.2. Prévention médicale

La prévention médicale doit se faire à deux niveaux.

Au moment de l'embauche, il faut rechercher la présence d'une pathologie qui puisse être aggravée par l'exposition professionnelle ultérieure (asthme évolutif avant exposition aux isocyanates) ou bien qui puisse interférer avec le métabolisme des produits utilisés en augmentant leur toxicité (insuffisance hépatique avant exposition aux solvants organiques).

Lors de la surveillance médicale ultérieure, elle devra rechercher les pathologies pouvant être en rapport avec les produits utilisés.

5.2.1. A l'embauche

Du point de vue des isocyanates, il est classique de refuser l'aptitude aux sujets porteurs d'une pathologie respiratoire évolutive : BPCO, emphysème pulmonaire et asthme évolutif (52). Il n'y a pas de contre-indication pour les anciens asthmatiques asymptomatiques depuis plusieurs années (5 ans pour A. Perdrix), qui n'ont ni traitement, ni hyperréactivité bronchique non spécifique (HRBNS). L'atopie, la présence d'une HRBNS, le tabagisme ne sont pas des facteurs de risque d'asthme aux isocyanates (15).

La réalisation d'une E.F.R. à l'embauche est indispensable pour évaluer la fonction respiratoire du postulant et constituer un document de référence.

Du point de vue des solvants, il semble préférable d'exclure les personnes présentant de graves troubles neurologiques et de la personnalité (64). Il doit en être de même pour les travailleurs présentant des signes d'insuffisance hépatique grave et il faut être prudent en cas d'insuffisance rénale (80).

Un bilan enzymatique hépatique et une étude de la fonction rénale doivent être réalisés.

Ces grands principes sont fondés en théorie mais, l'aptitude se juge bien sûr au cas par cas, en fonction de ces critères médicaux mais aussi de plus en plus souvent en fonction de critères socio-économiques.

5.2.2. Surveillance médicale des personnes exposées

Pour les isocyanates, l'interrogatoire et l'examen clinique rechercheront des signes irritatifs précurseurs de l'asthme (conjonctivites, rhinites et rhino-pharyngites, toux le plus souvent sèche), une dyspnée voire d'authentiques crises d'asthme.

Les lésions eczématiformes doivent être recherchées bien qu'elles ne soient que très rarement observées.

Parmi les examens complémentaires, la réalisation périodique d'E.F.R. est indispensable, avec une fréquence annuelle voire bisannuelle. Les sujets ayant des antécédents d'asthme doivent être surveillés tous les six mois pendant les deux premières années **(52)**. La surveillance spirométrique permettra de suivre la pente du déclin des paramètres respiratoires par rapport à leur pente physiologique **(59)**.

L'hyperréactivité bronchique non spécifique n'est pas proposée à titre systématique en France **(52)**.

La pratique d'une radiographie pulmonaire n'est pas indispensable dans le cadre de l'exposition aux isocyanates **(52)** alors qu'elle est nécessaire chez les mécaniciens qui ont été exposés à l'amiante.

L'exposition régulière à des mélanges de solvants justifie la recherche de signes irritatifs aux niveaux cutané, ophtalmologique et respiratoire.

La recherche de signes fonctionnels aigus et chroniques pouvant traduire une altération du système nerveux (central et périphérique) doit être mise en oeuvre.

Une surveillance hématologique doit être mise en place **(19)** :

- chez les peintres les plus âgés qui ont pu être antérieurement exposés au benzène ;
- si des éthers de glycol hématotoxiques sont présents dans les produits utilisés ;
- si le peintre est aussi mécanicien et se lave les mains avec de l'essence carburant qui peut contenir entre 2 et 3,5 % de benzène.

La recherche d'une protéinurie à la bandelette urinaire est souhaitable chez des peintres exposés à des mélanges de solvants **(80)** de même qu'une surveillance du bilan enzymatique hépatique.

Deuxième partie :
Analyse de la consultation de
124 artisans peintres en
réparation automobile.

1. Introduction

La législation française ne prévoit pas de surveillance médicale professionnelle pour les artisans. Ces derniers sont pourtant exposés quotidiennement à un certain nombre de risques professionnels.

Dans la première partie de ce travail, nous avons mis en évidence l'existence d'un risque toxique chez les peintres en réparation automobile du fait de l'utilisation des peintures polyuréthannes qui contiennent à la fois des isocyanates et des mélanges de solvants.

Les artisans carrossiers peintres sont soumis à ces risques toxiques mais également à d'autres risques et ne bénéficient pas, contrairement aux salariés, d'une surveillance médicale adaptée. De plus, une dizaine d'artisans porteurs d'un asthme aux isocyanates sont venus à la consultation de pathologies professionnelles du C.H.U de Grenoble.

Devant cette situation, une réflexion a été menée entre la Caisse Maladie Retraite des Alpes (C.M.R.) et le service de Consultations de pathologies professionnelles du Centre Hospitalier Universitaire de Grenoble. Le travail de collaboration mené par les médecins de ces deux structures a permis d'aboutir à une convention qui définit les modalités de la surveillance médicale de cette population. Ce travail s'intègre dans l'axe de recherche sur les isocyanates et les solvants de l'Institut Universitaire de Médecine du Travail et d'Environnement de Grenoble.

Le double objectif de cette convention est :

- de faire le bilan de l'état sanitaire d'une population professionnelle et d'en suivre l'évolution dans le temps puisque chaque consultant devra être revu en consultation tous les quatre ans ;

- d'améliorer la prévention collective et individuelle de cette catégorie de travailleurs.

Cette convention est applicable aux artisans carrossiers peintres affiliés à la C.M.R. des Alpes dans les départements de l'Isère, de la Drôme, de la Savoie et de la Haute-Savoie. Un travail similaire a été effectué en parallèle pour les artisans peintres en bâtiment, soit pour au maximum 800 artisans des deux groupes.

Dans cette deuxième partie de notre travail, nous présentons d'abord les résultats des 16 premiers mois d'application de la convention, pendant lesquels 124 artisans peintres en réparation automobile ont été vus en consultation. Puis, nous faisons des propositions pour renforcer et améliorer cette surveillance médicale.

2. Matériel et méthode

2.1. La consultation

2.1.1. Organisation générale

La C.M.R. des Alpes est responsable de l'information sur les objectifs de la consultation auprès de ses assurés. Elle propose aux artisans ayant une activité de peinture de bénéficier de cette consultation, puis elle transmet les réponses des peintres intéressés au service de Consultation de pathologies professionnelles. L'hôtesse du service propose directement un rendez-vous de consultation par téléphone aux assurés. Ce premier contact permet de préciser les objectifs et les modalités pratiques du bilan pour lequel plusieurs dates sont proposées.

Pour des raisons géographiques et dans le but de limiter au maximum les déplacements des artisans, les consultations se déroulent dans quatre centres hospitaliers différents : Grenoble, Valence, Chambéry et Annecy.

Dans chaque centre, les consultations sont assurées par un médecin, assisté d'une infirmière.

2.1.2. Déroulement de la consultation

Les données administratives sont recueillies par la secrétaire ou l'infirmière.

Le médecin remplit le questionnaire technique et médical avec le consultant avant de l'examiner.

Le peintre ne doit pas passer plus de 1 heure 30 en tout dans le service pour l'enregistrement des données administratives, les examens complémentaires avec l'infirmière et la consultation médicale. Le temps consacré au questionnaire doit être compris entre 20 et 30 minutes.

2.1.2.1. Le questionnaire (Annexe 1)

Il comprend sept chapitres que nous allons détailler successivement.

2.1.2.1.1. Carrière professionnelle

Les différentes professions et entreprises où le sujet a travaillé avant son poste actuel, sont passées en revue en essayant de caractériser au mieux pour chaque poste de travail occupé, les produits manipulés et les moyens de protection mis en oeuvre tant sur le plan collectif qu'individuel.

Ce paragraphe doit permettre au médecin consultant de conclure à l'existence ou non d'un risque toxique et d'en préciser la nature : risque isocyanate, risque solvant, ou autre risque toxique.

Le patient est également interrogé sur le nombre d'accidents du travail dont il a été victime et sur le type de lésions importantes qui ont pu en découler.

2.1.2.1.2. Activité et risques professionnels

Dans ce paragraphe, le poste de travail actuel est étudié avec le nombre d'heures de travail et surtout de peinture réalisées par semaine. Les autres activités pratiquées (tôlerie, ponçage, préparation de la pièce, mécanique et autres) sont également recherchées avec une évaluation de leur importance selon la formulation suivante qui est d'ailleurs utilisée tout au long du questionnaire :

- toujours équivaut à tous les jours ou systématiquement ;
- souvent équivaut à une fois par semaine ou dans un grand nombre de cas ;
- parfois équivaut à une fois par mois ou occasionnellement ;
- jamais équivaut à moins d'une fois par mois ou exceptionnellement.

Sont aussi notés :

- le type de peinture utilisée ;
- la technique d'application de la peinture : type de pistolet et pression de pulvérisation ;
- la méthode de nettoyage du matériel et des mains du peintre.

Ce deuxième paragraphe est conclu comme le premier par le médecin consultant en évaluant l'existence d'un risque isocyanate, solvant ou d'un autre risque toxique comme l'amiante du fait de l'activité de mécanique souvent associée.

2.1.2.1.3. Protections et prévention

La prévention collective pendant l'application de la peinture est représentée par la présence ou non d'une cabine de peinture avec ses caractéristiques techniques :

- artisanale ou achetée à un constructeur ;
- ouverte ou fermée ;
- l'orientation de sa ventilation ;
- le type et la fréquence de la maintenance (fréquence de changement des filtres et mesures de vitesse d'air) ;
- utilisation systématique ou pas de la cabine pour l'application de la peinture et le séchage des pièces.

Les protections individuelles utilisées sont également recueillies :

- type de masque, type de cartouche et fréquence de changement de celle-ci ;
- protection oculaire ;
- gants ou crèmes barrières ;
- type de combinaison.

2.1.2.1.4. Antécédents

- familiaux et personnels d'atopie : asthme, rhume des foins, eczéma et urticaire. En cas d'asthme personnel, les années de première et de dernière crises sont notées ;
- personnels de pathologie thoraco-pulmonaire pouvant expliquer une tendance restrictive aux E.F.R., d'hépatite, de pathologie rénale ou ostéo-articulaire.

2.1.2.1.5. Interrogatoire

- état général : taille et poids, prise d'un traitement médical, altération de l'état général ;
- statut tabagique : non fumeur, fumeur, ancien fumeur avec arrêt depuis plus d'un an ou de cinq ans, âge de début du tabagisme et quantité de tabac fumé par jour ;

- consommation quotidienne d'alcool : nombre de verres de bière, d'apéritif, de vin et de digestif. Quelle que soit la nature de l'alcool absorbé, la quantité d'alcool pur est la même si le contenant adapté est utilisé. En moyenne chaque consommation alcoolisée est comptée comme un apport de 12 grammes ;

- les signes fonctionnels sont ensuite recherchés organe par organe : poumons, cœur, peau, système nerveux central et périphérique, tube digestif, nez, oreilles et yeux.

Pour ne pas alourdir la description, les différents signes fonctionnels seront détaillés dans le chapitre des résultats.

Si un signe est présent, un rythme professionnel est recherché avec :

- * l'année de début du signe,
- * le délai d'apparition après la prise de poste,
- * la diminution le week-end ou pendant les vacances.

Le médecin consultant conclut pour chaque organe à l'imputabilité professionnelle nulle, probable ou certaine des signes fonctionnels, s'ils existent.

Une imputabilité nulle correspond à l'absence d'association de signes qui sont habituellement présents simultanément, à l'absence de rythme professionnel ou à une autre explication connue.

Une imputabilité certaine correspond à un diagnostic déjà fait avec bilan complémentaire évocateur ou bien à la présence d'un rythme professionnel indiscutable.

Les cas intermédiaires sont classés en imputabilité professionnelle probable selon la concordance des éléments.

2.1.2.1.6. Examen clinique

Il est complet et reprend l'ensemble des appareils avec des points incontournables même si une certaine liberté est laissée à l'appréciation du médecin. Pour chaque organe, ce dernier conclut à la normalité ou à l'anormalité de l'examen avec connaissance et prise en charge ou non de la pathologie.

2.1.2.2. Les examens complémentaires

La liste des examens complémentaires réalisés est modifiable chaque année par avenant selon l'article 3 de la convention. Lors de la première année de consultation les examens complémentaires suivants ont été pratiqués.

2.1.2.2.1. Radiographie pulmonaire

Le cliché grand format de face est réalisé dans les services de radiologie des hôpitaux où se déroulent les consultations.

Le même médecin pneumologue interprète l'ensemble des clichés.

2.1.2.2.2. Explorations Fonctionnelles Respiratoires (EFR)

* Réalisation pratique

Elles sont réalisées lors de la consultation par le personnel infirmier du service habitué à la réalisation de cet examen sur du matériel portatif validé et régulièrement étalonné (Microspiro HI 501 de Chest[®] commercialisé par Essilor[®]).

Le consultant est debout, deux expirations lentes puis trois expirations forcées sont réalisées et la meilleure courbe est choisie à partir des paramètres ventilatoires mais également à partir du tracé.

Les paramètres recueillis sont :

- la capacité vitale lente : CVL
- la capacité vitale forcée : CVF
- le volume expiratoire maximal seconde : VEMS
- le débit expiratoire maximal entre 25 et 75% de la CVF : D25-75
- les ratios VEMS/CVF et D25-75/CVF

* Interprétation

Les paramètres respiratoires sont analysés pour chaque sujet en fonction des normes décrites selon l'âge, la taille et le sexe. Les normes de référence utilisées dans ce domaine depuis 1983 sont celles de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier (65).

Pour le VEMS/CVF et le D25-75/CVF, ces normes n'existent pas. Aussi, pour le VEMS/CVF la norme de Knudson **(40)** est utilisée, et l'équation de normalité de Préfault **(63)** est appliquée pour le D25-75/CVF.

Un pneumologue valide le tracé avant de l'interpréter selon un algorithme qui permet de classer le résultat de l'examen en 9 groupes (Annexe 2). Les chiffres de normalité et les limites inférieures de norme sont donnés en valeur absolue.

- groupe 1 : normal ;
- groupe 2 : diminution du VEMS/CVF comprise entre 5 et 10 % par rapport à la valeur attendue et diminution du D25-75/CVF inférieure à 27 %. La traduction étant une orientation possible vers un trouble obstructif expiratoire dans quelques années **(59)** ;
- groupe 3 : diminution du D25-75/CVF > à 27 % chez l'homme. Elle traduit une maladie des petites voies aériennes ;
- groupe 4 à 7 : trouble obstructif expiratoire de sévérité croissante, VEMS/CVF diminué de plus de 10 % (groupe 4), de plus de 15 % (groupe 5), de plus de 20 % (groupe 6) et de plus de 30 % (groupe 7) ;
- groupe 8 : la diminution de la capacité vitale de plus de 920 ml chez l'homme et des ratios normaux ; elle traduit une tendance restrictive sans permettre de la chiffrer en l'absence du volume résiduel ;
- groupe 9 : l'orientation mixte restrictive et obstructive est difficile à analyser avec un simple spiromètre portatif.

2.1.2.2.3. Bilan enzymatique hépatique

Le dosage plasmatique de la gamma glutamyl transpeptidases (γ GT), des aspartate amino transférases (ASAT) et alanine amino transférases (ALAT) est réalisé par le laboratoire de biochimie du C.H.U. de Grenoble avec pour limites de normalité : 35 UI/l pour la γ GT, 14 pour l'ASAT et 21 pour l'ALAT.

2.1.2.2.4. Bandelette urinaire

Le dépistage dans les urines des peintres est réalisé avec une bandelette Néphur⁷® tests commercialisée par le laboratoire Boeringer Mannheim®. Elle comprend 7 zones réactives dont la lecture comparative avec une échelle colorimétrique se fait au bout de 60 secondes. Elle permet de dépister une leucocyturie, la présence de nitrites, une protéinurie, une glycosurie, la présence de corps cétoniques, une hématurie et la mesure du pH urinaire.

2.1.2.2.5. Numération Formule Sanguine (NFS)

Elle n'a été mise en oeuvre systématiquement qu'après un délai de plusieurs mois et ses résultats ne sont pas rendus dans ce travail. Elle est réalisée par le service d'hématologie du C.H.U. de Grenoble.

2.1.2.3. Conclusion générale

En fonction des résultats de la consultation et des examens complémentaires, le médecin consultant adressera le patient :

- à son médecin traitant si une anomalie, à priori sans rapport avec le poste de travail occupé est découverte lors de la consultation ;
- directement en Consultation de pathologies professionnelles pour une pathologie, dont l'imputabilité professionnelle est probable ou certaine.

Il conseillera d'éventuelles modifications du poste de travail, de la technique et des produits utilisés.

2.2. Traitement des données

Les réponses au questionnaire et les résultats des examens complémentaires sont saisis dans une base de données créée à l'aide du logiciel Access® (1).

Les résultats des examens paracliniques sont saisis par l'infirmière et ceux du questionnaire par le médecin.

Ce recueil systématique permettra une exploitation statistique des résultats. Pour permettre cette analyse statistique descriptive des résultats de la consultation, les données contenues dans la base C.M.R. sont transférées dans le logiciel de statistiques SPSS® (73). Pour les variables quantitatives, la normalité de la distribution est étudiée par l'observation de l'histogramme, du box-plot et par la réalisation d'un test de Kolmogorov-Smirnov (normalité de la distribution si $p > 0,05$). Si nécessaire, une transformation mathématique de la variable est réalisée pour améliorer la normalité de la distribution. La variable transformée est alors utilisée dans les tests.

Sans normalisation de la distribution, des tests non-paramétriques sont utilisés. Les tests sont réalisés après vérification de leurs conditions d'application et le seuil de significativité est fixé à 5 %.

2.3. Restitution des résultats

Elle se fait à deux niveaux :

- rendu individuel directement à l'intéressé au moment de la consultation, puis sous la forme d'une lettre de synthèse rédigée par le médecin consultant, qui contient des éléments médicaux mais aussi des conseils sur les moyens de prévention, que l'artisan peut mettre en oeuvre lui-même. Il s'agit là d'un conseil personnalisé et adapté à la méthode de travail du sujet. Cette lettre est également adressée au médecin traitant voire au spécialiste qui suit l'artisan.

Si les résultats médicaux orientent vers une pathologie non professionnelle nécessitant des examens complémentaires ou un traitement, ces derniers sont proposés dans la lettre de synthèse et seront pris en charge par la caisse d'assurance maladie, comme cela est prévu dans la convention.

Si l'origine professionnelle est suspectée, une consultation de pathologie professionnelle est proposée au peintre.

Pour mieux suivre l'évolution des examens et consultations médicales demandés, les artisans sont inscrits sur une liste et au bout de 3 mois, ils sont recontactés pour savoir ce qu'il en est advenu.

- rendu collectif et anonyme sous la forme d'un rapport annuel d'activité destiné aux médecins conseils de la C.M.R. Cette restitution doit permettre la mise en oeuvre de campagnes de prévention réalisées pour chaque branche professionnelle. Les résultats font l'objet d'une information auprès des syndicats professionnels soit en assemblée, soit en groupe au sein de la C.M.R.

3. Résultats

3.1. Recrutement

Entre Octobre 1993 et Janvier 1995, dates de lancement de la consultation sur les quatre départements, 124 carrossiers peintres ont été vus en consultation : 75 à Grenoble, 17 à Valence, 24 à Chambéry et 8 à Annecy.

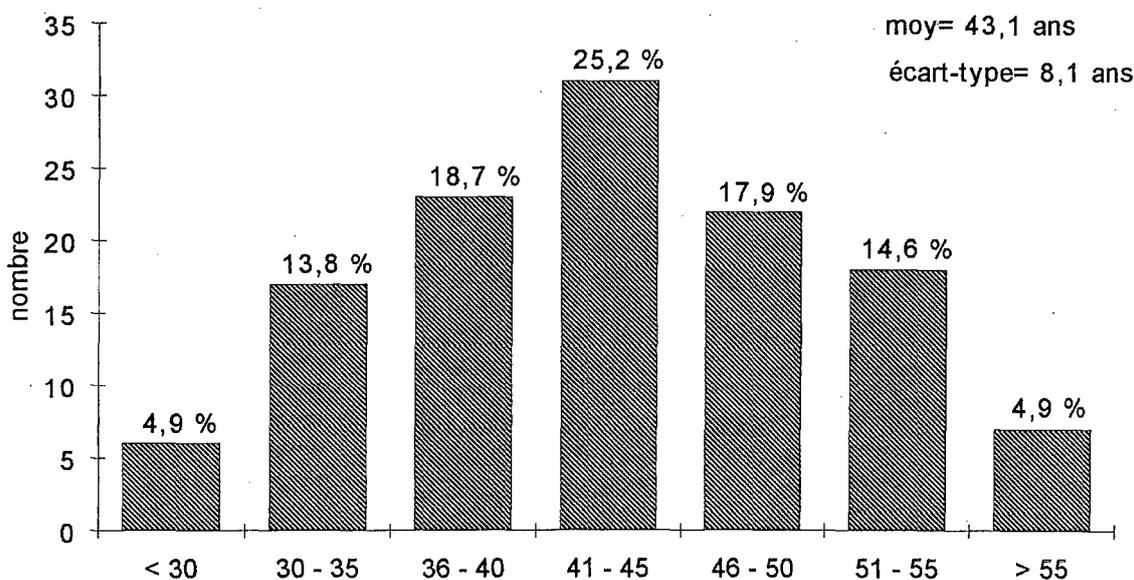
Sur l'ensemble des personnes (peintres en bâtiment et carrossiers peintres) contactées par la C.M.R. des Alpes, 22 % ont accepté le principe d'une consultation médicale.

Sur ces réponses favorables transmises au C.H.U., les deux tiers des personnes contactées sont effectivement venues en consultation après un seul appel.

Les 124 peintres sont de sexe masculin.

L'âge des peintres est en moyenne de 43 ans et sa distribution est celle d'une loi normale (test de Kolmogorov-Smirnov, $p = 0,48$, $n = 123$).

Graphique 1 . Age des peintres



3.2. Carrière professionnelle

Les risques toxiques auxquels le peintre était exposé à ses précédents postes de travail sont les suivants : 93 % aux solvants, 92 % aux isocyanates, 30 % à l'amiante, 12 % aux poussières en général, 9 % aux gaz d'échappement et 4 % au benzène. Les autres risques sont inférieurs à 2 %. Ces risques correspondent à une activité de carrosserie peinture et de mécanique automobile.

Quarante et un pour cent des peintres ont eu au moins un accident du travail. Les lésions se situent dans 39 % des cas aux membres supérieurs et plus particulièrement aux mains (27 %).

Les lésions de type coupures, fractures ou écrasements sont habituelles dans une profession manuelle (activités de mécanique et de tôlerie). Les projections de particules métalliques ou de produits dans les yeux sont retrouvées dans 20 % des cas.

3.3. Activité et risques professionnels actuels

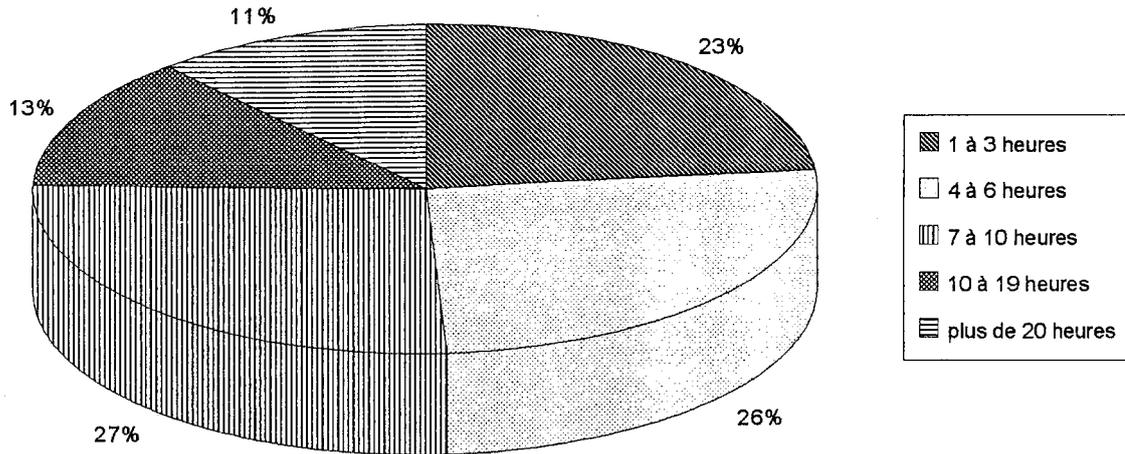
3.3.1. Peinture

Le temps de travail est en moyenne de 56 heures par semaine avec des extrêmes de 30 et 80 heures. 93 % des peintres travaillent plus de 40 heures par semaine donc plus que les salariés.

En moyenne, le temps consacré par l'artisan à l'activité de peinture (graphique 2) est de 15 % avec des extrêmes comprises entre 0 et 71 %. Il est intéressant de noter que 35 % d'entre eux y consacrent moins de 10 % de leur temps, 80 % moins de 20 % et que seulement 2,5 % y passent plus de 50 % de leur temps de travail. Il ne s'agit donc pas de leur activité principale. Le temps de peinture hebdomadaire est en moyenne de 9 heures. Cette activité de peinture comprend les différentes étapes marouflage, dégraissage des surfaces, application de la peinture et nettoyage du matériel.

Les peintures polyuréthannes sont utilisées dans 97 % des cas conformément aux techniques actuellement mises en oeuvre en réparation automobile.

Graphique 2 . Temps de peinture hebdomadaire



L'application de la peinture est réalisée au pistolet pneumatique par 98 % des peintres. Les pressions de pulvérisation sont en moyenne de 3,91 bars, 75 % sont comprises entre 3 et 4,5 bars et les extrêmes comprises entre 1,5 et 6 bars. Ces valeurs semblent conformes à celles préconisées par les fabricants de peintures polyuréthannes et à celles relevées dans la première partie de l'étude.

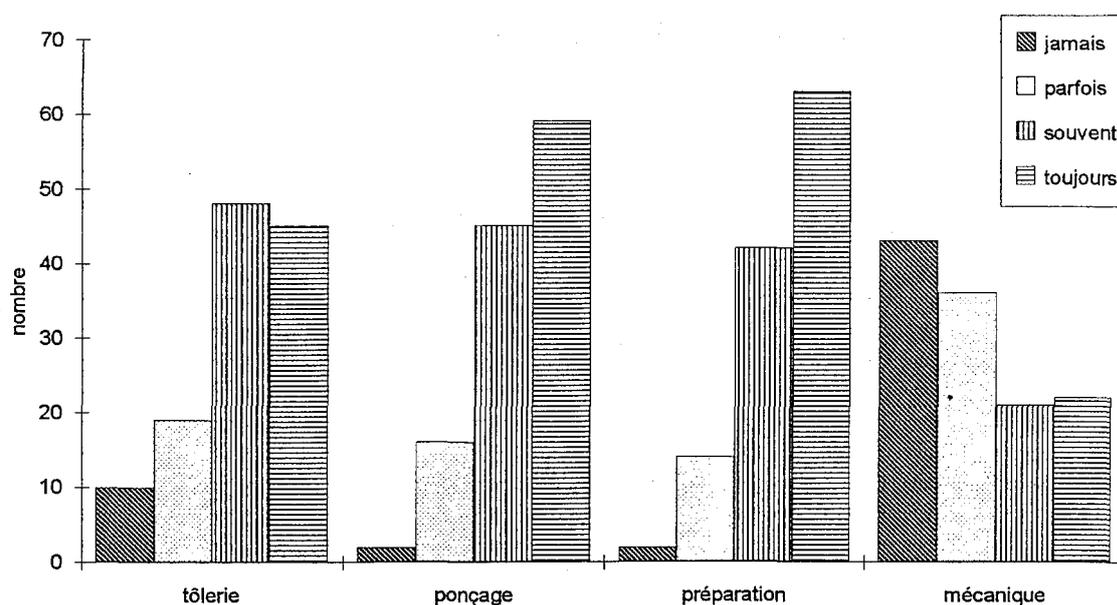
Le nettoyage du pistolet et des mains est fait avec du diluant nettoyant dans 95 % des cas.

3.3.2. Autres activités (Graphique 3)

75 % des peintres pratiquent régulièrement la tôlerie, 84 % le ponçage, et 35 % la mécanique. La préparation des pièces est réalisée dans 87 % des cas et n'est en fait pas dissociable de l'activité de peinture elle-même.

Les artisans ont en plus de leur activité de peinture et des autres activités manuelles la charge de la gestion de leur entreprise. Cette part de leur activité n'est pas quantifiée ici.

Graphique 3 . Autres activités



Les activités pratiquées sont donc très diverses, contrairement aux salariés de la première partie de ce travail.

3.3.3. Risques toxiques actuels

Le risque solvant est présent pour 91 % des peintres et le risque isocyanate pour 90 % alors que 97 % des peintres utilisent des peintures PU. Le risque toxique est écarté pour les temps de pistolage hebdomadaire les plus courts. Les risques amiante et poussières arrivent ensuite respectivement avec 19 et 9 % des cas, enfin les gaz d'échappement dans 6 % des cas.

3.4. Prévention technique

3.4.1. Prévention collective

- 87 % des peintres ont une cabine de peinture. En 1980, seulement 26 % d'entre eux étaient équipés et ils étaient 67 % à l'être en 1990 ;
- 72 % disposent d'une cabine fermée ;
- 57 % d'une cabine fermée à ventilation verticale.

Au total, un peu plus d'un peintre sur deux dispose d'une cabine de peinture dont les paramètres techniques sont conformes à la norme.

Les fréquences de changement des filtres de plafond et de sol sont très variables, et ne sont interprétables, que si elles sont rapportées à la fréquence d'utilisation de la cabine dont nous ne disposons pas.

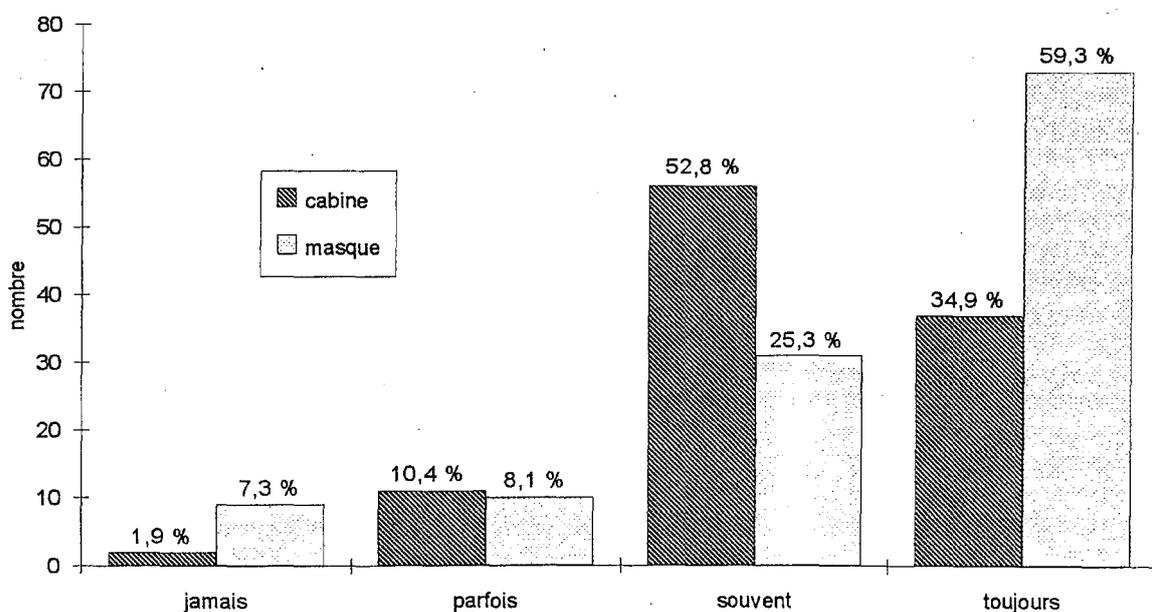
Les deux tiers des peintres ne connaissent pas la date de la dernière vérification de l'efficacité de leur cabine. Pour le tiers restant, cette date correspond le plus souvent à la date de mise en service. Les cabines ne sont donc jamais vérifiées.

En ce qui concerne l'utilisation des cabines (Graphique 4), 35 % des peintres qui en disposent les utilisent toujours, 53 % souvent et 12 % parfois ou pas du tout.

Le séchage de la peinture (pendant lequel les solvants s'évaporent) est par contre réalisé dans la cabine dans 95 % des cas pour des raisons de qualité du travail.

Les peintres n'utilisent pas systématiquement la cabine quant ils en disposent et les performances de la cabine ne sont jamais vérifiées.

Graphique 4 . Prévention lors de l'application de la peinture



3.4.2. Prévention individuelle

3.4.2.1. Respiratoire (graphique 4)

Huit pour cent des peintres ne portent jamais de masque et 13 % portent un masque à poussières en papier qui ne les protège absolument pas. Donc, 21 % des peintres n'ont aucune protection lors de la pulvérisation des peintures polyuréthannes.

Deux peintres portent une cagoule à adduction d'air et 95 peintres (77 %) portent un masque à cartouche. Sur les 54 dont le type de cartouche est connue, 33 sont des cartouches à charbon actif et 21 des cartouches combinées (charbons actifs plus préfiltre). Au total, 78 % des peintres sont protégés contre les vapeurs de solvants et les diisocyanates monomères mais seulement 18 % des peintres sont protégés contre les polyisocyanates.

Il convient d'ajouter que parmi les peintres qui déclarent porter un masque, 64 % le portent toujours, 27 % souvent, 9 % parfois.

Le constat est donc qu'une majorité de peintres n'est pas protégée contre l'inhalation des solvants et des isocyanates.

3.4.2.2. Cutanée

Dix pour cent des peintres portent des gants pour l'application de la peinture et 9 % une crème protectrice dont l'efficacité vis à vis des solvants n'est qu'accessoire. La nature de ces gants n'est pas précisée alors que seuls les gants en polyvinyle alcool sont adaptés aux solvants contenus dans les peintures polyuréthannes. En fait, très peu de peintres sont protégés contre la pénétration cutanée des solvants ou celle possible des isocyanates pendant l'application de la peinture ou le dégraissage des pièces et le nettoyage du pistolet.

3.4.2.3. Vestimentaire

Cinquante huit pour cent des peintres utilisent une combinaison en Nylon et 42 % appliquent la peinture en bleu de travail. Ce vêtement en coton, est perméable aux produits liquides et gazeux. Il n'est donc pas adapté à cette activité.

3.5. Antécédents

3.5.1. Familiaux

Seuls les antécédents familiaux d'atopie clinique sont recherchés.

Trente pour cent des peintres ont au moins un antécédent familial d'atopie : 16 % d'asthme, 10 % d'eczéma, 9 % de rhinite allergique et 1 % d'urticaire.

3.5.2. Personnels

3.5.2.1. Atopie

Quinze pour cent des peintres ont des antécédents personnels d'atopie : 5 % d'asthme, 5 % de rhinite allergique, 3 % d'eczéma et 2 % d'urticaire.

Au total, 39 % des peintres ont un terrain atopique au sens d'un antécédent personnel ou familial d'une des quatre pathologies citées ci-dessus.

3.5.2.2. Pulmonaires

Six pour cent des peintres ont un antécédent de pneumopathies ou de pleurésies dont nous ne connaissons ni l'âge de survenue, ni l'étiologie. Il n'est donc pas possible de rechercher d'éventuelles pneumopathies d'hypersensibilité aux isocyanates même si la non récurrence de la pathologie à la réexposition exclue presque sûrement cette cause.

3.5.2.3. Autres antécédents

Huit pour cent des peintres ont présenté une hépatite dont la nature virale semble majoritaire, 11% ont des antécédents rénaux, pour l'essentiel des crises de coliques néphrétiques sur lithiases urinaires. Enfin, 61% ont des antécédents ostéoarticulaires, traumatiques et musculo-squelettiques.

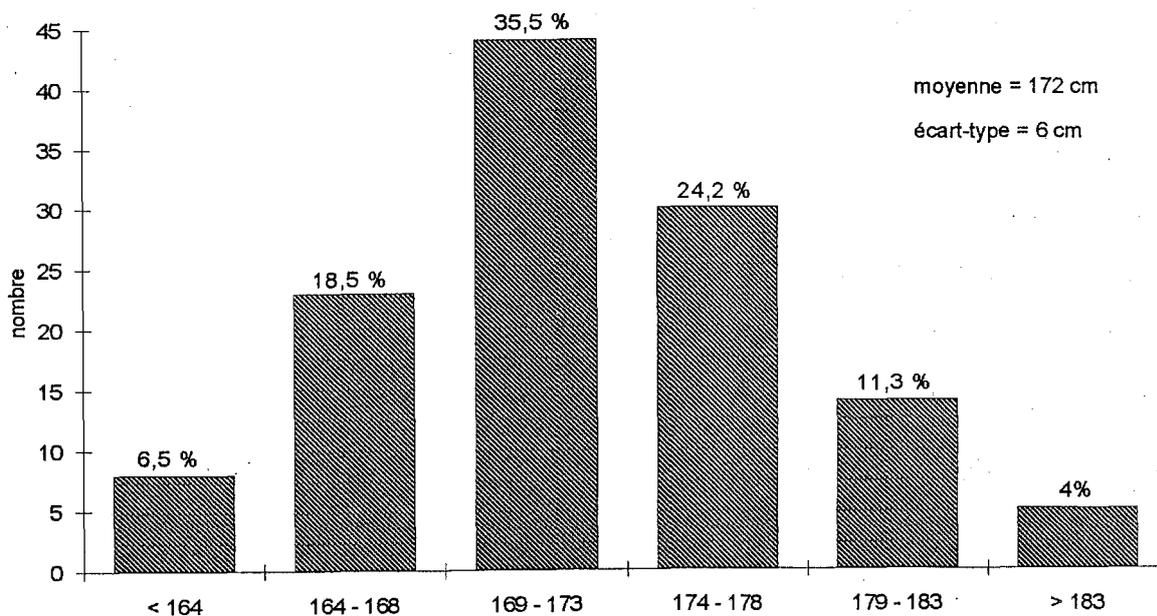
3.6. Etat général et mode de vie

3.6.1. Etat général

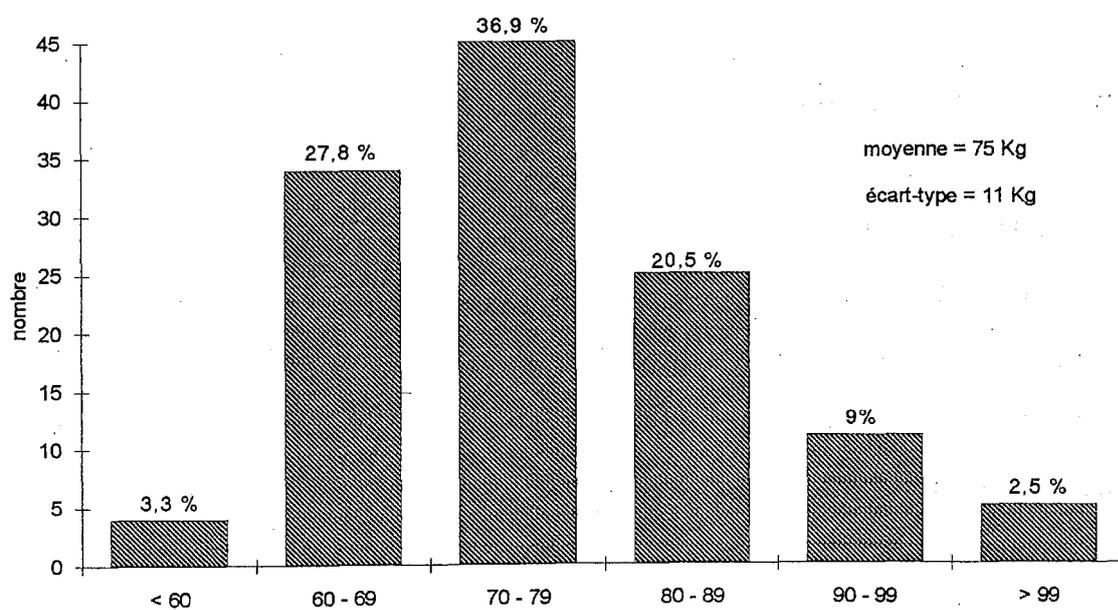
La taille et le poids des peintres figurent sur les graphiques 5 et 6.

Leurs distributions répondent à une loi Normale (test de Kolmogorov-Smirnov, $p = 0,37$ et $p = 0,38$).

Graphique 5. Taille des peintres (cm)



Graphique 6. Poids des peintres (Kg)



Le Body Mass Index (BMI) ou indice de Quételec (IQ) est calculé pour évaluer une éventuelle surcharge pondérale ou une obésité.

$$\text{BMI} = P/T^2 \quad P = \text{poids (kilogramme)}$$

$$T = \text{taille (mètre)}$$

Il y a surpoids chez l'homme si l'IQ est ≥ 25 et < 30 et obésité si l'IQ est ≥ 30 .

Selon ces critères, 34 % des peintres présentent une surcharge pondérale et 11 % sont obèses. La surcharge pondérale peut être responsable d'une induction enzymatique et devra donc être prise en compte dans l'étude des variations du bilan enzymatique de salariés exposés à des toxiques professionnels comme les solvants organiques.

Trois peintres décrivent une altération de l'état général (asthénie, amaigrissement ou perte de l'appétit). Le premier âgé de 30 ans est longiligne (57 Kg pour 177 cm), n'a aucun antécédent médico-chirurgical, se dit stressé par son travail et décrit des nausées et des douleurs thoraciques non rythmées par le travail. Les deux autres peintres ont des BMI de 29 et 30 et il est difficile de parler d'altération de l'état général bien que nous ne sachions pas s'ils ont perdu du poids récemment ou pas.

3.6.2. Tabac

Dans notre étude 36 % des peintres sont non fumeurs, 38 % des peintres sont fumeurs et 26 % sont d'anciens fumeurs.

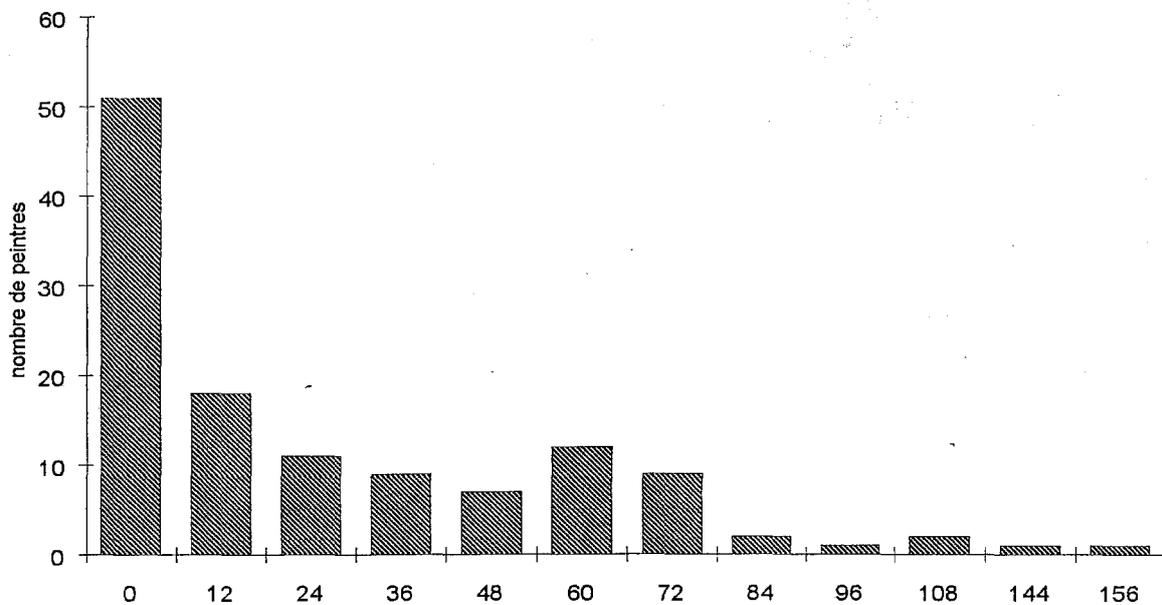
Parmi les anciens fumeurs : 30 % ont arrêté depuis plus d'un an, 33 % depuis plus de 3 ans et 37 % depuis plus de 5 ans.

Si le tabac n'est pas un facteur reconnu de risque d'asthme aux isocyanates, c'est la première cause de bronchite chronique. Celle-ci évolue en BPCO dans 10 % des cas. Cette BPCO se traduit par un trouble obstructif expiratoire lors de la réalisation d'une EFR. Il n'est pas possible d'interpréter cet examen sans tenir compte des antécédents tabagiques du sujet.

3.6.3. Alcool

La consommation moyenne d'alcool (graphique 7) est de 26,5 grammes d'alcool pur par jour et par peintre avec des valeurs extrêmes comprises entre 0 et 156 grammes.

Graphique 7. Consommation d'alcool pur en grammes par jour



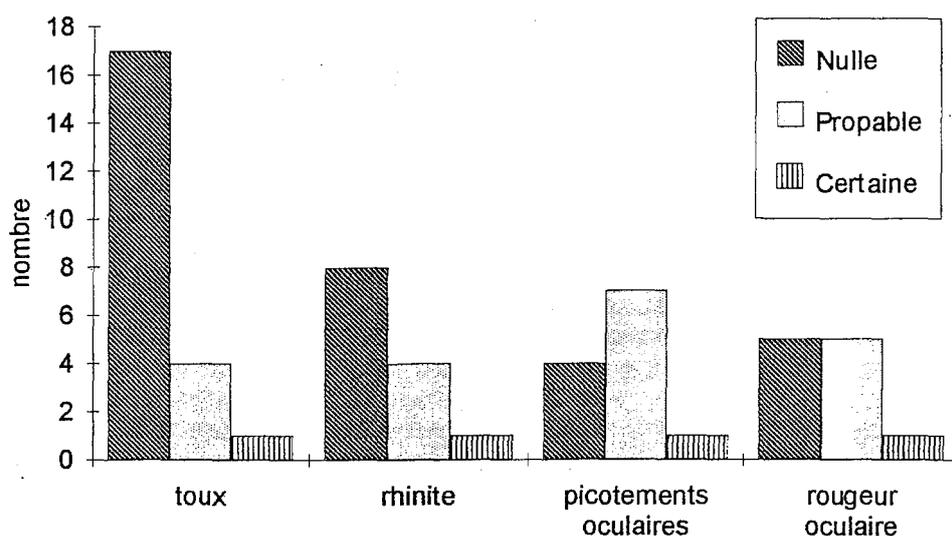
3.7. Signes fonctionnels et examen clinique

3.7.1. Signes irritatifs

L'asthme est la plus fréquente des manifestations cliniques observées lors d'une exposition chronique aux isocyanates. C'est donc cette pathologie qui doit être recherchée en priorité. Des signes irritatifs peuvent précéder ou accompagner ces crises d'asthme, ils ne sont pas seulement respiratoires mais aussi oculaires et rhino-pharyngés. Leur nombre et leur imputabilité professionnelle figurent sur le graphique 8.

Trente trois pour cent des peintres présentent des signes irritatifs : 18 % une toux, 14 % des signes oculaires (picotements ou rougeur) et 10 % une rhinite chronique.

Graphique 8. Signes irritatifs et leur imputabilité



Sur les 22 peintres qui présentent une toux :

- 16 sont fumeurs et 8 d'entre eux déclarent une expectoration concomitante. L'imputabilité professionnelle est écartée pour les 16 peintres devant l'absence de rythme professionnel ;
- 1 est un ancien fumeur : il présente un asthme évolutif dont l'imputabilité professionnelle est classée comme probable ;
- 5 n'ont jamais fumé. Un d'entre eux est porteur d'un asthme évolutif dont l'imputabilité professionnelle est classée comme certaine. Pour un autre, une toux et des sifflements sans dyspnée sont apparus en 1994 alors qu'il utilise les peintures PU depuis 1978. Il n'y a pas de rythme professionnel alors qu'il peint 15 heures par semaine, toujours en cabine avec un masque à cartouche de charbon actif, la responsabilité des isocyanates est possible. Pour les trois derniers, l'imputabilité professionnelle des signes irritatifs est probable du fait de la présence d'un rythme professionnel.

Sur les 17 peintres présentant des signes irritatifs oculaires, six d'entre eux présentent à la fois rougeur et picotements. L'imputabilité professionnelle est classée certaine ou probable chez 5 des 6 du fait de la présence d'un rythme professionnel.

Sur les 13 peintres qui présentent une rhinorrhée, deux sont porteurs d'un asthme évolutif et quatre autres ont des antécédents de sinusite.

Au total, 33 % des peintres sont porteurs de signes irritatifs. Pour 13 de ces 33 %, ces signes sont considérés comme imputables à la profession.

3.7.2. Asthme

Au total, 7 peintres sont porteurs d'un asthme.

Deux d'entre eux sont d'anciens asthmatiques :

- le premier est porteur d'un asthme de l'enfance qui disparaît à l'adolescence ou au début de l'âge adulte. Il n'a pas de symptôme respiratoire ni de signe irritatif à l'interrogatoire, l'examen clinique et l'E.F.R. sont normaux ;
- le deuxième n'a pas de symptomatologie respiratoire ni irritative à l'interrogatoire, l'examen clinique est normal mais l'E.F.R. retrouve une diminution du VEMS/CVF de 7 % par rapport au prédit chez ce non fumeur.

Cinq peintres sont porteurs d'un asthme évolutif (Tableau VII).

Tableau VII. Asthmes évolutifs

| Dossier | Première crise | Peinture PU | Tabac | Signes irritatifs | Examen clinique | EFR |
|---------|-------------------|----------------|--------|----------------------|--------------------|----------|
| 1 | 1987 | 1981 | non | oui | RAS | groupe 6 |
| 2 | 1992 | 1992 | ancien | oui | RAS | groupe 1 |
| 3 | 1984 | 1970 | fumeur | non | RAS | groupe 1 |
| 4 | 1984 | 1990 | non | oui | RAS | groupe 1 |
| 5 | 1978 | 1981 | non | non | RAS | groupe 1 |

- dossier 1 : l'asthme a débuté 6 ans après le début d'utilisation des peintures PU. La symptomatologie n'est pas rythmée par le travail ce qui est classique après plusieurs années d'évolution. Le jour de la consultation l'examen clinique est normal mais un trouble obstructif expiratoire sévère est retrouvé chez ce non fumeur avec une diminution du rapport de Tiffeneau-Pinelli de 26 %.

Son temps de peinture est évalué à 10 heures par semaine. La peinture est toujours appliquée dans une cabine ouverte de conception artisanale qui a été construite en 1988. Le peintre porte systématiquement un masque à cartouche dont il change la cartouche tous les deux mois. La présence d'un préfiltre n'est pas notée.

- dossier 2 : l'asthme a débuté l'année de début d'utilisation des peintures polyuréthanes. Le délai d'apparition de la symptomatologie (signes irritatifs, dyspnée et sifflements) est variable par rapport à la prise de poste, mais le peintre note une amélioration de la symptomatologie le week-end et en vacances. Le jour de la consultation, il n'y a pas de sibilants à l'auscultation. L'EFR est normale, mais il a un traitement à base de β_2 mimétiques.

Du point de vue de la prévention, il n'a pas de cabine de peinture, porte toujours un masque à cartouche (type de cartouche non précisé) lors du pistelage (en moyenne 5 heures par semaine) et change sa cartouche une fois par mois. La prévention collective est donc inexistante et la prévention individuelle probablement mal adaptée.

- dossier 3 : le sujet est asthmatique depuis 1984 alors qu'il utilise les peintures polyuréthanes depuis 1970. Les signes surviennent 4 à 12 heures après la prise de poste (apparition semi-retardée assez classique) et il y a une amélioration de la symptomatologie le week-end et pendant les vacances. L'auscultation le jour de la consultation est normale comme l'EFR.

Du point de vue de la prévention, il dispose d'une cabine de peinture. Il reconnaît peindre parfois en dehors et porte un masque anti-poussières pour ses 25 heures de peinture hebdomadaire.

- dossier 4 : asthme apparu en 1984 alors que le peintre pense utiliser les peintures polyuréthannes seulement depuis 1990. Il ne peint qu'une heure par semaine, les signes apparaissent 4 à 12 heures après la prise de poste et disparaissent pendant les vacances, mais pas le week-end. L'examen clinique est normal le jour de la consultation et l'EFR également.

Sur le plan de la prévention, il ne dispose pas de cabine de peinture et change la cartouche de son masque une fois par an.

- dossier 5 : asthme apparu en 1978 alors que les peintures PU sont utilisées depuis 1981. La symptomatologie n'a aucun rythme professionnel. L'examen clinique est normal et l'EFR retrouve un D25-75/CVF diminué de 33 % chez ce sujet qui n'a jamais fumé.

Il ne peint qu'une heure par semaine. Il dispose d'une cabine de peinture fermée à ventilation de conception artisanale depuis 1981, peint parfois en dehors et utilise toujours un masque à cartouche.

Pour les trois premiers dossiers, la responsabilité des isocyanates est très probable. Pour le quatrième, la date d'apparition de l'asthme est antérieure au début de l'utilisation des peintures PU. Il est possible qu'il y ait une erreur dans la chronologie des événements et que la date d'utilisation des peintures PU soit plus ancienne que le peintre ne le pense. La deuxième possibilité est qu'il s'agit d'un asthme préexistant aggravé par les isocyanates.

Pour le dernier dossier, il est plus difficile de conclure sur l'origine, même si les isocyanates ne peuvent être totalement exclus.

Si l'on retient les isocyanates comme la cause potentielle de quatre ou cinq cas d'asthme pour cette population de 124 peintres, la fréquence est comprise entre 3 et 4 %.

3.7.3. Système cardio-vasculaire

La tension artérielle (TA) est normale si la TA diastolique est ≤ 90 mm Hg et la TA systolique ≤ 160 mm Hg. Elle est élevée si la TA diastolique est > 95 mm Hg ou que la TA systolique est > 160 mm Hg. Entre les deux, elle est dite TA limite. Nous ne parlons pas ici d'hypertension artérielle qui n'est définie qu'à partir de mesures répétées et concordantes. Ainsi définie, 66 % des peintres ont une tension artérielle normale le jour de l'examen, 4 % une tension artérielle limite et 23 % une tension artérielle élevée qui doit être recontrôlée.

Douze pour cent des peintres, soit 15, se plaignent de douleurs thoraciques, parmi eux :

- 8 ont une surcharge pondérale ;
- 10 fument entre 10 et 40 cigarettes par jour ;
- 3 ont une tension artérielle élevée le jour de la consultation ;
- 6 ont plus de 45 ans.

Deux peintres présentent l'ensemble des facteurs de risques cardiovasculaires, un seul trois de ces facteurs, 6 deux de ces facteurs, 5 un seul et un peintre n'a aucun facteur de risque.

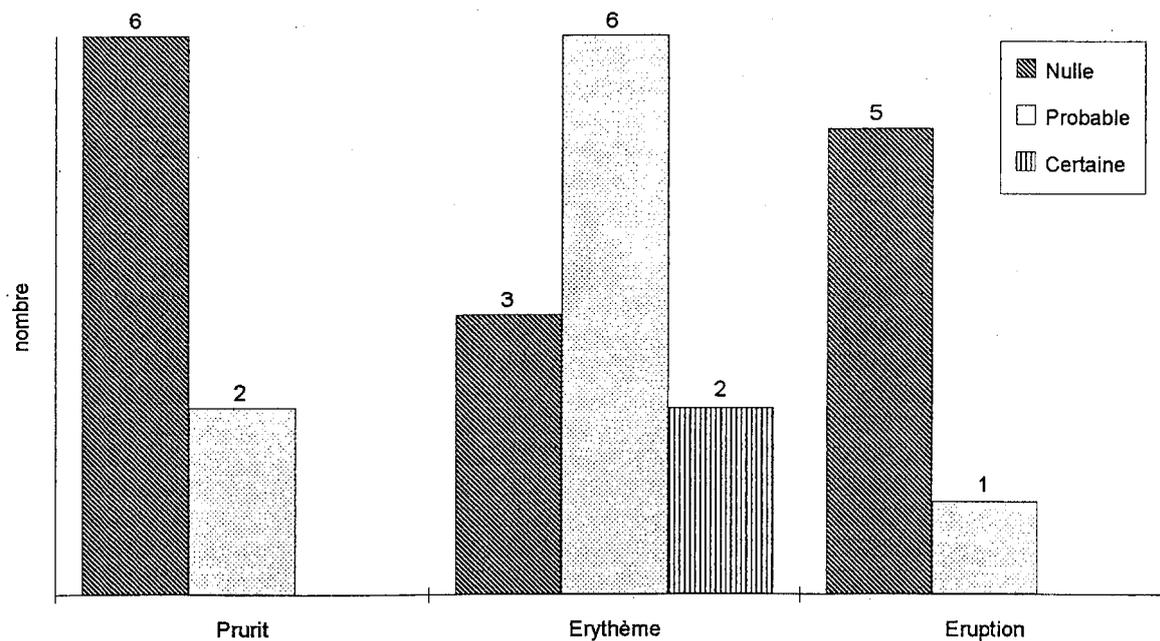
Quatorze pour cent des peintres, soit 18, décrivent des palpitations. Pour un des peintres, celles-ci sont imputées au stress professionnel. Il s'agit plus ici, d'un état psychologique particulier, ce stress n'étant pas une maladie professionnelle à proprement parler même si il peut être intriqué avec la vie professionnelle du sujet.

Le pouls mesuré lors de l'examen de ces sujets est normal puisque compris entre 60 et 86 pulsations par minute. L'origine toxique de ces palpitations sera discutée plus loin.

3.7.4. Peau

Quinze pour cent des peintres (n = 19) ont des signes fonctionnels cutanés : 9 % un érythème, 6 % un prurit et 5 % une éruption.

Graphique 9. Signes dermatologiques avec leur imputabilité



Les lésions siègent au niveau des mains dans 58 % des cas. Parmi ces dernières, il n'y a éruption que deux fois et un érythème et/ou un prurit chez les neuf autres. L'imputabilité est classée comme probable ou certaine dans 82 % des cas des lésions siégeant au niveau des mains.

Le type de lésions décrites, avec comme signe prédominant l'érythème, correspond plutôt à une dermite irritative. En effet, un eczéma non modifié par le traitement est caractérisé par une éruption érythémato-vésiculeuse et prurigineuse. Cette association n'est retrouvée que dans un cas mais elle n'est pas localisée au niveau des mains.

L'examen clinique retrouve en plus 4 cas de sécheresse cutanée au niveau des mains de peintres ne décrivant aucun signe fonctionnel.

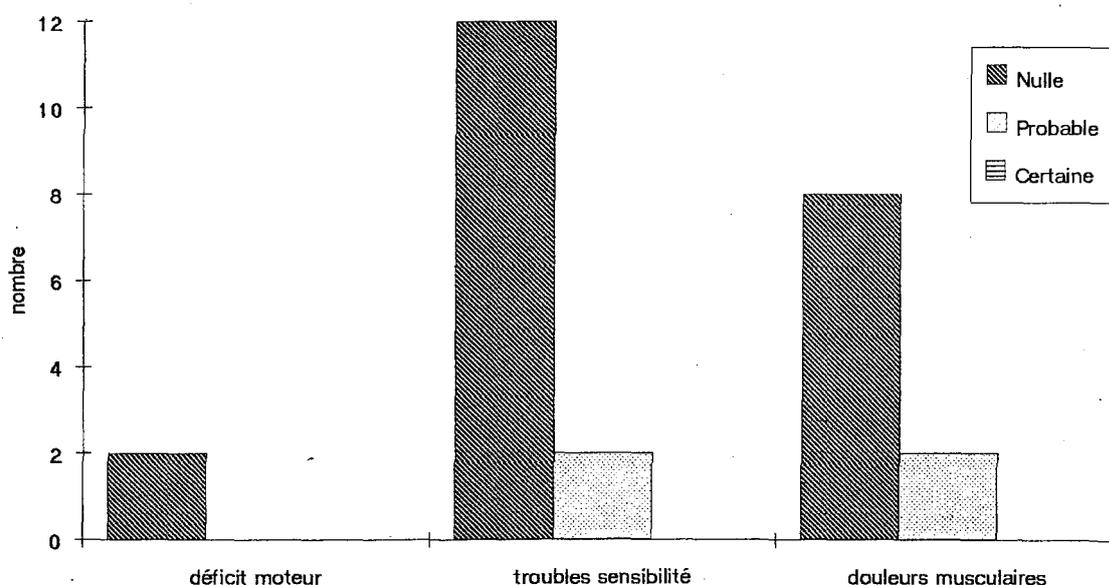
Au total, 10 % des peintres présentent ou ont présenté des signes de dermite irritative au niveau des mains. Les solvants comme les isocyanates peuvent être responsables de ces anomalies.

Nous n'avons retrouvé aucun cas d'eczéma de contact au niveau des mains.

3.7.5. Système nerveux périphérique (Graphique 10)

Dans notre étude, 17 % des peintres (21 cas) décrivent des signes fonctionnels au niveau du système nerveux périphérique.

Graphique 10. Signes fonctionnels du S.N.P. avec leur imputabilité



Deux d'entre eux décrivent un déficit moteur : le premier depuis la naissance et le deuxième est porteur d'une porphyrie cutanée tardive au stade de l'insuffisance rénale terminale (cause possible de polynévrite).

Onze pour cent se plaignent de troubles sensitifs (14 peintres), dans deux cas les signes sont imputés à la profession du sujet et mis en rapport avec des troubles de la posture, ils sont associés à des douleurs articulaires. Pour les autres cas, la localisation des signes n'est pas précisée et l'examen clinique ne retrouve des anomalies objectives que dans deux cas (hypoesthésie en chaussettes et abolition des réflexes achilléens). Chez l'un de ces deux peintres, il existe un diabète ancien qui peut être la cause d'une neuropathie périphérique, chez l'autre aucune explication n'est retrouvée.

Huit pour cent des peintres souffrent de myalgies. Pour deux d'entre eux, elles sont imputées au travail, dans un cas elles sont associées à des douleurs articulaires et dans l'autre, elles disparaissent le week-end.

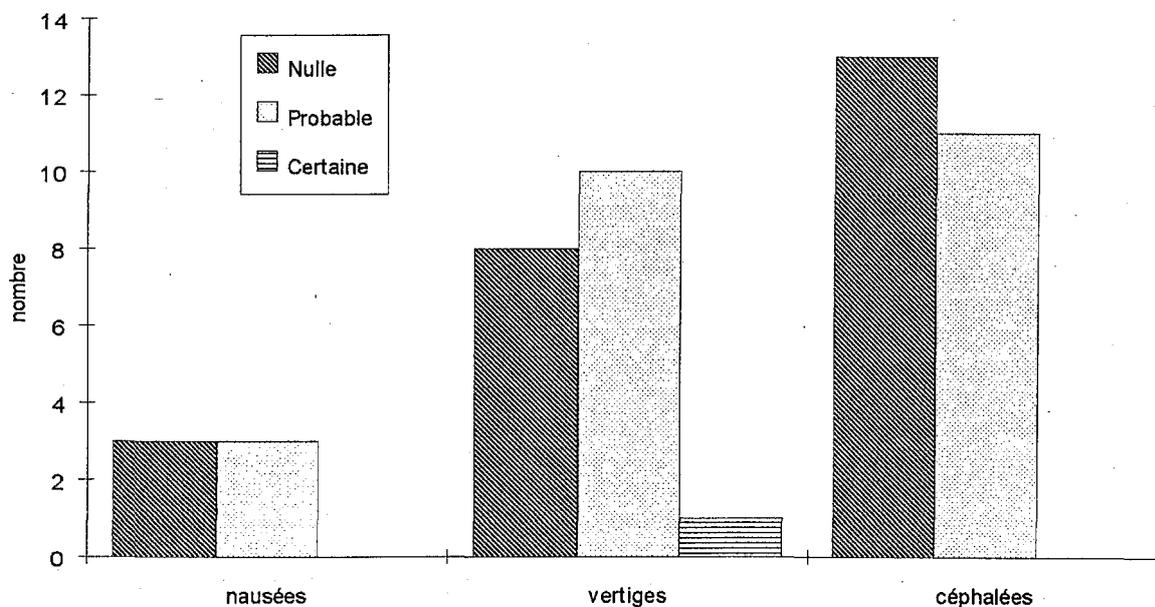
La description des anomalies manque de précision tant sur l'anomalie elle-même que sur sa localisation. Il est très difficile de se prononcer sur un diagnostic et il est donc difficile de retrouver une étiologie à ces anomalies.

3.7.6. Système nerveux central

3.7.6.1. Signes neurologiques centraux aigus (Graphique 11)

Trente et un pour cent des peintres présentent des vertiges, des nausées ou des céphalées .

Graphique 11. Signes neurologiques centraux aigus avec leur imputabilité



Quatre peintres présentent simultanément les trois signes et pour deux d'entre eux l'imputabilité est considérée comme probable. Le troisième consomme 6 boissons alcoolisées par jour et pour le quatrième, aucune explication n'est retrouvée.

Pour un peintre, les vertiges sont formellement imputés à la profession car ils surviennent systématiquement au début du poste. Il a une activité de peinture 9 heures par semaine, peint en général en cabine et porte le plus souvent un masque à cartouche.

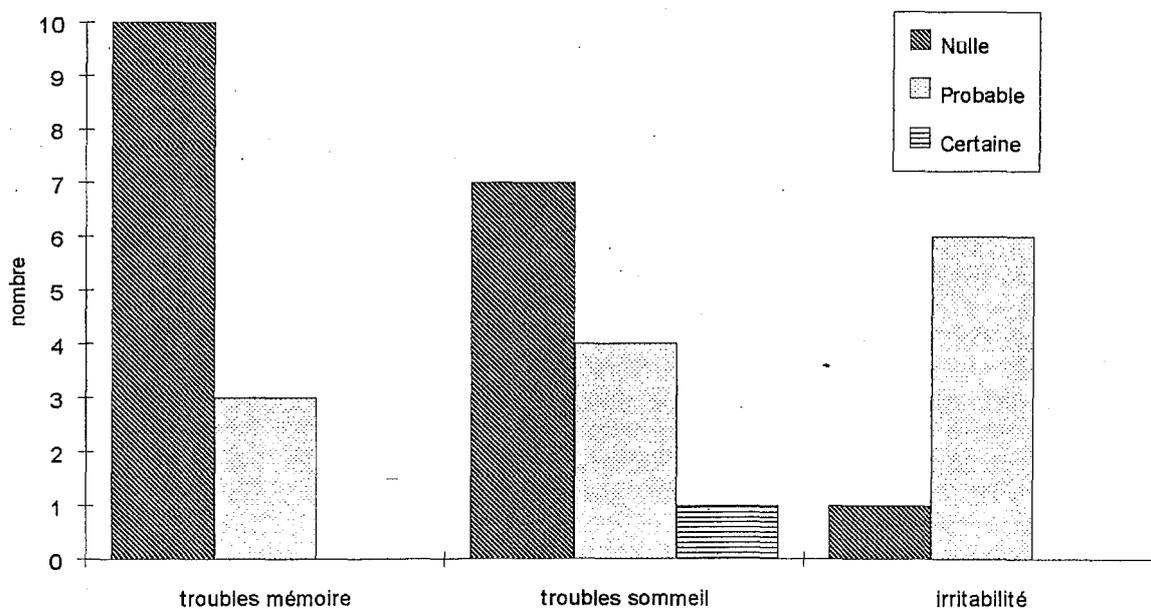
Pour deux peintres, des cervicalgies sont invoquées comme responsables des céphalées et pour un autre des migraines ophtalmiques sont incriminées.

Au total, 15 % des peintres présentent des signes neurologiques aigus qui sont imputés à leur travail et probablement à une exposition importante aux solvants.

3.7.6.2. Signes neurologiques centraux chroniques

18 % des peintres présentent des signes fonctionnels chroniques au niveau du système nerveux central, soit 22 peintres.

Graphique 12. Signes neurologiques centraux chroniques et leur imputabilité



Treize peintres ont des troubles de la mémoire, 12 des troubles du sommeil et 7 des troubles de l'humeur. Dans deux cas, les trois signes sont présents simultanément.

Six peintres présentent deux signes et 14 un seul. Dans 41 % des cas, ces troubles sont imputés au travail.

3.7.7. Signes auditifs

Trente deux pour cent des peintres présentent un trouble auditif, il s'agit d'accouphènes pour 10 % des peintres et d'une gêne à l'audition pour 24 %. L'âge ne semble pas être le facteur déterminant (t-test, $p=0,16$).

Dans 41 % des cas symptomatiques, ces troubles sont imputés au travail, ce qui n'est pas étonnant chez des carrossiers peintres qui ont presque tous eu une activité de tôlerie responsable d'une exposition au bruit. Cette symptomatologie est à confirmer par la réalisation d'un audiogramme.

3.7.8. Signes ophtalmologiques

Les picotements oculaires et la rougeur ne sont pas repris ici puisqu'ils ont été évoqués dans le paragraphe sur les signes irritatifs.

Vingt pour cent des peintres décrivent une baisse de leur vue. C'est probablement l'âge qui en est responsable, car il est significativement plus élevé dans le groupe qui présente le signe que chez les autres peintres (t-test, $p < 0,0001$).

3.7.9. Conclusions sur les signes fonctionnels et d'examen

Au total les peintres présentent :

- des signes irritatifs pour 33 % dont 39 % des cas imputables à la profession ;
- un asthme aux isocyanates pour 4 ou 5 peintres (3 à 4 %) ;
- une tension artérielle élevée pour 23 % ;
- une dermite irritative au niveau des mains pour 10 %, mais aucun cas d'eczéma de contact ;
- des troubles de la sensibilité périphérique chez 11 % objectivés par un déficit du tact épicrotique en chaussettes et une abolition des réflexes ostéo-tendineux achilléens chez deux d'entre eux dont l'un est porteur d'un diabète ;

- des signes neurologiques centraux aigus pour 31 %, dont 48 % des cas sont imputables à la profession ;
- des signes neurologiques centraux chroniques pour 18 %, dont 41 % cas sont imputables au travail ;
- un trouble auditif chez 32 % dont 41% des cas imputés au travail ;
- une baisse de la vue pour 20 %.

3.8. Examens complémentaires

3.8.1. Radiographie pulmonaire

Soixante dix-huit pour cent (97 cas) sont interprétées comme normales.

Sur 10 % (12 radiographies) la présence d'une anomalie pleurale est notée, 5 opacités parenchymateuses et 4 syndromes interstitiels ont également été mis en évidence. Ces anomalies ont été signalées au médecin traitant et ont fait l'objet d'une exploration complémentaire quand cela a été jugé nécessaire par le pneumologue qui interprète les radiographies.

Les antécédents d'exposition à l'amiante chez les mécaniciens peuvent peut-être expliquer certaines anomalies pleurales. Une asbestose avec syndrome interstitiel est moins probable car elle nécessite un empoussièrement très important.

Les opacités parenchymateuses sont présentes 4 fois sur 5 chez de gros fumeurs et une pathologie néoplasique est à évoquer en première intention.

3.8.2. EFR

3.8.2.1. Groupe_1 : tracé normal

- 81 % des peintres ont une EFR normale le jour de la consultation soit 100 peintres,
- trois des cinq asthmes évolutifs figurent dans ce groupe.

3.8.2.2. Groupe 2 : fonction respiratoire à risque

Neuf pour cent des peintres sont dans ce groupe soit 11 peintres :

- 6 sont des fumeurs dont un décrit une toux et une expectoration fréquente qui fait évoquer le diagnostic de bronchite chronique ;
- 1 présente une toux et des sifflements sans dyspnée classés comme imputables à sa profession ;
- 4 n'ont aucun antécédent ni signe fonctionnel ou d'examen.

3.8.2.3. Groupe 3 : maladie des petites voies aériennes

- un seul peintre figure dans ce groupe, porteur d'un asthme évolutif pour lequel les isocyanates ne peuvent être formellement incriminés même s'ils sont suspectés (dossier 5).

3.8.2.4. Groupe 4 à 6 : trouble obstructif expiratoire

Quatre pour cent des peintres sont dans ce groupe, soit 5 peintres :

- un est porteur d'un asthme aux isocyanates avec un VEMS/CV diminué de 26 % par rapport à la valeur attendue ;
- 2 peintres sont de gros fumeurs dont un décrit une toux et une expectoration régulière, le diagnostic de bronchite chronique obstructive est probable ;
- un est un fumeur très modéré (2 cigarettes par jour) et décrit une toux isolée,
- le dernier a des antécédents de bronchites mais est asymptomatique (absence de signe fonctionnel et examen clinique normal).

3.8.2.5. Groupe 8 : tendance restrictive

Six pour cent des peintres, soit 7 peintres, ont un tracé spirométrique en faveur d'un syndrome restrictif qui devra être confirmé par une mesure de la capacité pulmonaire totale avec mesure du volume résiduel par test à l'azote.

- un sujet est obèse avec un BMI à 32 et un autre en surpoids avec un BMI à 25. La surcharge pondérale franche du premier explique probablement sa tendance restrictive. Cette explication n'est pas retenue pour le deuxième ;
- aucun des peintres n'a d'antécédent pulmonaire.

3.8.3. Bilan enzymatique hépatique

La γ GT est supérieure à 35 UI/l pour 22,6 % des peintres avec des extrêmes comprises entre 7 et 412 UI/l, 10 peintres sont à plus de 2 fois la limite de normalité. Les ASAT sont supérieures à 14 UI/l chez 47,6 % des peintres avec des valeurs extrêmes de 1 et 97 UI/l et 14 peintres supérieurs à 2 fois la limite de normalité. Les ALAT sont supérieures à 21 U.I./l chez 57,3 % des peintres avec des valeurs extrêmes de 6 et 111 UI/l et 18 peintres supérieurs à 2 fois la limite de normalité. Soixante pour cent des peintres sont porteurs d'une anomalie et 16 % des trois. Les peintres avec des antécédents d'hépatites ou sous traitement médical (inducteur enzymatique ou non) n'ont pas des taux sériques d'enzymes hépatiques plus élevés que les autres (Tableau VIII et IX avec Test U de Mann-Whitney). Nous conservons donc l'ensemble des observations pour la suite de l'analyse.

Tableau VIII. Relation entre antécédent d'hépatite et taux sériques des enzymes hépatiques

| Enzymes | hépatite | n | moy. rangs | Z | p |
|-------------|----------|-----|------------|--------|------|
| γ GT | non | 114 | 51,9 | | |
| | oui | 10 | 69,2 | - 0,61 | 0,54 |
| ASAT | non | 114 | 61,6 | | |
| | oui | 10 | 73,1 | - 0,97 | 0,33 |
| ALAT | non | 114 | 60,7 | | |
| | oui | 10 | 83,3 | - 1,91 | 0,06 |

Tableau IX. Relation entre prise d'un traitement médical et taux sériques des enzymes hépatiques

| Enzymes | Traitement | n | moy. rangs | Z | p |
|---------|------------|-----|------------|--------|------|
| γGT | non | 109 | 61,6 | | |
| | oui | 15 | 69,0 | - 0,75 | 0,45 |
| ASAT | non | 109 | 62,3 | | |
| | oui | 15 | 64,2 | - 0,19 | 0,85 |
| ALAT | non | 109 | 62,0 | | |
| | oui | 15 | 66,2 | - 0,42 | 0,67 |

L'étude simultanée de l'influence de la consommation d'alcool, du nombre d'heures de peinture par semaine et du BMI sur les enzymes hépatiques est étudiée à l'aide d'une régression linéaire multiple. Le seuil de significativité du test est fixé à 5 % et l'entrée des variables étudiées se fait pas à pas.

Le BMI des peintres est le seul des trois paramètres testés qui soit lié au taux sérique de la γGT (Tableau X) et aux ALAT (Tableau XI). Pour l'ASAT ou le rapport ALAT/ASAT, aucune liaison n'est trouvée avec les trois paramètres étudiés.

Tableau X. Taux sériques de la γGT

| variables | T | p |
|-----------------------------|--------|-------------|
| log (temps de peinture) | - 0,55 | 0,59 |
| log (consommation d'alcool) | 0,35 | 0,73 |
| log (BMI) | 2,61 | 0,01 |

Tableau XI. Taux sériques de l'ALAT

| variables | T | p |
|-----------------------------|--------|-------------------|
| log (temps de peinture) | - 0,49 | 0,96 |
| log (consommation d'alcool) | - 0,35 | 0,73 |
| log (BMI) | 3,46 | < 0,001 |

3.8.4. Bandelette urinaire

3.8.4.1. Protéinurie

Cinq peintres soit 4 % sont porteurs d'une protéinurie à la bandelette.

Pour trois d'entre eux, elle est modérée (inférieure à 300 mg/l).

Chez un peintre, elle est de 1 g/l avec une leucocyturie ce qui doit faire éliminer une infection urinaire.

Le peintre porteur d'une protéinurie à 5 g/l est porteur d'une porphyrie cutanée tardive au stade de l'insuffisance rénale terminale.

3.8.4.2. Glucosurie

Quatre peintres ont une glucosurie dont deux à plus de 55 mmol/l. Le diabète est ancien pour l'un des deux qui présente des anomalies à l'examen neurologique (sensibilité au niveau des jambes).

4. Discussion

4.1. Méthode

4.1.1. Le contexte

Les artisans ne bénéficient pas en France d'une surveillance médicale professionnelle régulière contrairement à celle qui est proposée aux salariés. Pourtant, la plupart des artisans sont exposés à de nombreux risques professionnels. L'étude que nous avons réalisée auprès des salariés carrossiers peintres en réparation automobile nous a permis de mieux caractériser les risques toxiques liés à la pulvérisation des peintures polyuréthannes contenant à la fois des isocyanates et des mélanges de solvants.

Les artisans carrossiers peintres sont exposés aux mêmes risques pendant la pulvérisation des peintures PU et en plus à d'autres risques liés à leurs autres activités (carrosserie et mécanique). De ce fait, il nous a semblé souhaitable de leur proposer une surveillance médicale centrée sur l'ensemble de leurs risques professionnels. Un travail de réflexion mené en commun avec leur caisse médicale régionale (C.M.R. des Alpes) nous a permis d'aboutir en 1993 après un an de négociations à une convention définissant les modalités de cette surveillance. Il ne s'agissait pas de mettre de suite en place une étude épidémiologique avec toute la méthodologie que cela suppose mais d'assurer la surveillance médicale de cette population. Il est prévu de revoir les artisans en consultation tous les quatre ans, ce qui doit permettre de suivre l'évolution d'un certain nombre d'indicateurs de santé.

Actuellement, les consultations sont bien organisées et il est nécessaire de disposer d'un groupe à qui comparer notre population. Ceci nous permettra d'étudier la prévalence des signes entre exposés et non exposés puis d'évaluer l'incidence des symptômes dans les deux cohortes.

4.1.2. Recrutement

Vingt deux pour cent des peintres ont donné leur accord pour participer à la consultation. Ce chiffre est faible mais peut être expliqué par au moins trois raisons :

- la C.M.R. des Alpes dispose de listes d'artisans avec qui elle a pris contact sans connaître le pourcentage de personnes ayant effectivement une activité de peinture. Il a été nécessaire d'adresser un deuxième courrier spécifiant aux artisans que seuls les peintres étaient concernés par cette consultation ;
- cette consultation s'adresse à des travailleurs indépendants qui n'ont pas l'habitude de bénéficier d'une surveillance médicale dans le cadre de leur travail. En outre, cela implique pour eux de se déplacer jusqu'au centre hospitalier départemental et de consacrer une demi-journée à cette action de prévention ;
- il s'agit de la période de mise en route de la consultation avec les difficultés que cela suppose et, il faudra réévaluer le chiffre de la participation dans quelques mois. La représentativité des consultants ne sera possible que par comparaison de ses caractéristiques (âge notamment) avec la population globale de la C.M.R.. Cette représentativité devra être évaluée au moment de revoir les premiers consultants. Toutefois, la distribution de l'âge des consultants nous permet de dire que les peintres de tous âges se sentent concernés et que ce ne sont pas seulement les sujets les plus âgés voulant bénéficier d'un bilan de santé qui sont venus.

4.1.3. Organisation de la consultation

La durée totale de la consultation ne doit pas excéder deux heures. Le questionnaire utilisé est simple à remplir, est complet, puisqu'il reprend l'ensemble des organes, mais est limité pour l'exploration de certains d'entre eux puisque le temps disponible pour le compléter ne doit pas dépasser trente minutes. Ce questionnaire technique et médical est orienté sur la recherche des risques toxiques et plus particulièrement au risque isocyanate. La saisie des informations dans la base de données par le personnel consultant permet la rédaction d'une lettre de synthèse adaptée à chaque consultant. Un système de double saisie a été appliqué pour ce travail.

4.2. Résultats

4.2.1. Risques toxiques et moyens de prévention

L'ancienneté des peintres est élevée puisque 95 % d'entre eux ont plus de 30 ans, ce qui correspond à de nombreuses années d'exercice dans une profession où l'apprentissage débute le plus souvent à l'adolescence, parfois même dans l'entreprise familiale. Les conséquences immédiates de cette ancienneté sont les difficultés à améliorer la prévention quand elle passe par une modification des habitudes de travail. Inversement, l'effet travailleur sain doit être important pour les isocyanates puisque les signes respiratoires surviennent le plus souvent durant les premiers mois d'exposition et que l'asthme aux isocyanates est difficilement compatible avec la poursuite de la profession.

Les risques toxiques aux solvants et aux isocyanates sont présents dans plus de 90 % des cas au poste de travail actuel, comme dans les anciens emplois. Ils sont d'ailleurs seuls à être proposés nominativement dans le questionnaire et il serait souhaitable de proposer une liste de l'ensemble des risques toxiques ou non (bruit notamment) de la profession. Le risque amiante est en diminution par rapport aux postes précédemment occupés. Ce phénomène est probablement expliqué par sa suppression progressive des plaquettes de freins des voitures particulières.

Le nettoyage des mains est effectué par 95 % des peintres avec du diluant nettoyant. Dans l'étude du GERMT (31), 41% des 34 peintres interrogés font de même. L'excès que nous avons retrouvé est probablement en partie lié au fait que la question concernant le nettoyage du matériel et des mains du peintre n'est pas dissociée dans notre questionnaire. Ce résultat sera à réévaluer après modification de la question. L'information des peintres sur le risque de pénétration cutanée des solvants est de toute façon nettement insuffisante.

Pour l'application de la peinture, la prévention collective repose sur l'utilisation d'une cabine fermée à ventilation verticale. Or, au total, à peine plus d'un artisan sur deux dispose d'une cabine de peinture avec ces caractéristiques. La ventilation n'est jamais vérifiée et la cabine pas toujours utilisée. Ce constat est inquiétant quand on

voit les taux atmosphériques élevés d'isocyanates et de solvants mesurés dans les succursales des grands constructeurs automobiles dans des cabines entretenues.

L'irrégularité de l'utilisation des cabines a également été observée dans d'autres études **(31, 45)**.

Pour le port des protections individuelles, les résultats ne sont pas meilleurs et sont comparables à ceux notés dans la première partie de ce travail ou dans les études françaises équivalentes. Les organismes de prévention français **(37)** ont insisté depuis de nombreuses années sur la nécessité de disposer d'une cabine de peinture en expliquant que celle-ci était suffisante en terme de prévention et n'imposait pas le port simultané d'une protection respiratoire. Les artisans se sont progressivement équipés de cabines de peinture comme en témoigne l'évolution du nombre d'artisans qui en sont propriétaires dans notre étude. Les investissements qu'ils ont effectués sont considérables pour des petites entreprises et il est difficile de leur faire admettre que les produits actuellement utilisés (peintures PU) nécessitent en plus le port d'un masque à cartouche combinée voire d'une cagoule à adduction d'air. Cette protection est pourtant imposée chez les grands constructeurs.

Les moyens de prévention tant collectifs qu'individuels ne sont pas toujours présents, souvent inadaptés ou mal entretenus et pas toujours utilisés. Dans l'ensemble, nos résultats sont sensiblement identiques à ceux des autres études menées en France **(31, 45)** mais semblent moins bons en terme de prévention que ceux des études menées dans les pays Anglo-saxons **(39, 60)** ou Nordiques **(2)**. Ces études ne sont pas comparables en tous points (taille des entreprises, nombre de peintres) mais dans toutes, les moyens de prévention sont jugés insuffisants par les auteurs. Nous sommes tout à fait d'accord avec cette idée et pensons que des campagnes d'information et de formation sont indispensables. La prévention doit se faire directement auprès des artisans et des peintres salariés en activité mais surtout en amont au moment de l'apprentissage où l'utilisation des moyens adaptés doit être intégrée aux techniques de travail.

La prévention doit être centrée sur l'utilisation d'une cabine performante. Son entretien régulier permettra d'ailleurs d'augmenter la durée de vie d'un matériel dont le coût est important. Mais, la cabine de peinture doit être complétée par le port d'un masque complet à cartouche de charbon actif combinée avec un préfiltre ou d'une cagoule à adduction d'air pour les activités où la ventilation est la moins efficace. La courte durée des opérations de pulvérisation et le risque important qui leur est associé doivent être des arguments déterminants. Le port d'une combinaison de peinture en Nylon® doit se généraliser ainsi que celui de gants en polyalcool de vinyle qui éviteront un nettoyage ultérieur des mains du peintre au diluant.

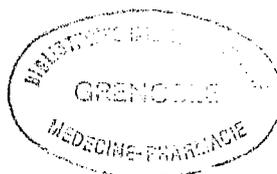
4.2.2. Les signes irritatifs et pulmonaires

Les antécédents cliniques d'atopie sont recherchés pour expliquer d'éventuelles anomalies retrouvées à l'interrogatoire ou à l'examen mais ils ne sont pas considérés comme un facteur de risque accru de développer un asthme aux isocyanates **(15, 79)**.

Les signes irritatifs (bronchiques, oculaires ou rhino-pharyngés) sont par contre souvent présents avant la survenue d'un asthme aux isocyanates et nous les retrouvons chez 33 % des peintres de notre étude avec une imputabilité professionnelle pour près de la moitié d'entre eux. Nos résultats sont inférieurs à ceux d'Alexandersson **(2)** qui trouve des signes irritatifs oculaires ou une rhinorrhée chez 62 % des 45 peintres en réparation automobile de son étude et 40 % de toux avec ou sans expectoration. Dans l'étude de Pisaniello **(60)**, 36 % des 99 peintres en réparation automobile se plaignent d'une irritation oculaire.

Les manifestations irritatives comme la toux, l'écoulement nasal, les picotements et les rougeurs oculaires peuvent également être liées à l'utilisation des solvants **(74)**.

Il sera intéressant de suivre l'évolution des signes fonctionnels et de la fonction respiratoire du groupe de peintres qui présentent ces signes irritatifs.



La prévalence des asthmes aux isocyanates est difficile à évaluer et très variable selon les études (4). Pour notre part, nous trouvons une fréquence comprise entre 3 à 4 % dans notre étude. Les différences observées s'expliquent par différents facteurs :

- la différence des niveaux d'exposition ;
- le pouvoir sensibilisant plus ou moins important des différentes molécules, diisocyanates ou polyisocyanates (52) ;
- les critères de diagnostics différents selon les études ;
- l'ancienneté au poste de travail avec l'exclusion des malades les premières années.

Certaines équipes (72, 79) utilisent des tests de provocation spécifiques et évaluent la prévalence à 10 % pour l'ensemble des isocyanates (79) et à 11,8 % pour les prépolymères (72). Ces tests de provocation sont jugés dangereux et difficiles à maîtriser par d'autres (4). Certaines équipes françaises comme celle de Strasbourg (71) les utilisent également avec une chambre de génération de vapeurs de TDI. La génération d'aérosols de polyisocyanates de l'HDI est en cours d'étude.

La détermination de la seule prise en compte des symptômes majore la prévalence et Baur (11) l'évalue à 25 % dans une population de 621 personnes de professions différentes exposées aux isocyanates. Ce chiffre peut sembler élevé pour des patients de professions différentes. Par contre, une prévalence très élevée peut être retrouvée ponctuellement : 9 salariés sur 15 dans un atelier de sérigraphie (52).

La recherche d'une HRBNS n'est pas utilisée pour la surveillance systématique de notre population. Ce test est lourd à réaliser et l'HRBNS est présente chez 11 % de la population générale sans valeur prédictive pour un asthme secondaire. Inversement, elle serait absente dans des proportions allant jusqu'à 45 % chez les asthmes professionnels aux isocyanates (52). Pour Ameille (5), l'HRBNS serait plutôt un indicateur présent chez les sujets à risque de bronchopneumopathies chroniques obstructives.

La méthode de surveillance la plus intéressante d'une population exposée est la réalisation régulière d'une consultation avec recherche des signes irritatifs à l'interrogatoire, examen clinique et spirométrique. Il faut suivre la pente de décroissance des paramètres respiratoires du sujet par rapport à leur déclin physiologique (59). La fréquence de cette surveillance devrait être annuelle plutôt que quadriennale comme cela est prévu dans la consultation de la C.M.R., surtout pour les sujets à risque (signes irritatifs et groupe 2 des E.F.R.).

La débitmétrie de pointe pourrait également être utilisée en présence de signes irritatifs et d'E.F.R. normales.

4.2.3. Les signes cardiologiques

Quinze peintres se plaignent de douleurs thoraciques et dix-huit de palpitations. Sur le plan toxicologique, la recherche de palpitations peut s'envisager en cas d'utilisation d'hydrocarbures aliphatiques halogénés, notamment de trichloréthylène, et de douleurs thoraciques avec les dérivés nitrés du glycol et du glycérol (74). Ces produits ne sont en principe pas utilisés ici et l'origine toxique peut donc être écartée. Par contre, ces signes fonctionnels ainsi que les TA élevées le jour de la consultation doivent conduire à une prise en charge par le médecin généraliste ou le spécialiste.

4.2.4. Les signes dermatologiques

Aucun cas d'eczéma de contact n'a été retrouvé à l'interrogatoire ou à l'examen. Ce résultat n'est pas étonnant car les cas d'eczéma de contact aux isocyanates sont très rares (27) : 1 % des 621 salariés exposés aux isocyanates dans l'étude de Baur (11). Parmi les solvants, seule l'essence de térébenthine (absente des produits utilisés) est responsable d'authentiques eczémas de contact. La delta carène est l'allergène responsable et elle n'est pas présente dans les essences trouvées en France (74).

De rares urticaires de contact sont décrits avec certains alcools : éthanol, isopropanol et alcool butylique (74).

Par contre, 10 % des peintres sont porteurs d'une dermatite irritative au niveau des mains. Une étude prospective (41), chez de nouveaux salariés d'entreprises de construction automobile, retrouve 4 % de dermatites chez les 103 peintres de sexe masculin. Sur l'ensemble des salariés de cette entreprise, sur 19 cas de pathologie cutanée, un seul cas d'eczéma de contact est retrouvé.

Pour les études ne portant que sur les peintres en réparation automobile :

- dans l'étude de Pisanello (60), 37 % des 99 peintres en réparation automobile décrivent une dermatite ou une irritation cutanée qu'ils attribuent à leur travail pendant l'année précédant l'étude, mais la localisation des signes n'est pas précisée ;
- dans celle de Tornling (75), 14 % des 36 peintres en réparation automobile décrivent également des signes cutanés mais, le type, la localisation et l'imputabilité professionnelle ne sont pas précisés.

Nos résultats sont donc concordants avec ceux de la littérature.

4.2.5. Le système nerveux périphérique

Dix-sept pour cent des peintres présentent des signes fonctionnels au niveau du système nerveux périphérique. Pour 4 des 21 peintres, une cause médicale non professionnelle est retrouvée. Pour les autres, le signe le plus fréquent est la présence de paresthésies dont la localisation et la latéralisation ne sont pas précisées. Trieberg (76, 77) retrouve une prévalence de 13 % de paresthésies et de 15 % de faiblesses musculaires au niveau des bras ou des jambes dans une population de 83 peintres au pistolet. Il ne note pas de différence avec le groupe des 42 non-exposés. Elofsson (25) retrouve par contre une prévalence plus élevée de ces signes chez les 80 peintres industriels et peintres automobiles que dans les deux groupes non-exposés, mais il ne donne pas la valeur des prévalences observées.

De plus les peintres de cette étude sont exposés à de la méthyl-n-butylcétone dont la responsabilité dans les neuropathies périphériques est indiscutable (64, 74).

D'autres solvants dont la responsabilité n'est plus discutée sont :

- le n-hexane dont le métabolite, la 2,5 hexanedione est responsable d'une polyneuropathie. Ce métabolite est également celui de la méthyl-n-butylcétone ;
- le dichloroacétylène présent comme impureté dans le trichloréthylène est responsable de neuropathies du trijumeau (analgésies) ;
- le sulfure de carbone responsable de neuropathies sensitivo-motrices douloureuses prédominant aux membres inférieurs, mais aussi de syndromes parkinsoniens et de névrites optiques rétrobulbaires ;
- le tétrahydrofurane est plus récemment incriminé dans la survenue de polyneuropathies (20) ;
- le chlorure d'allyle, le styrène, le tétrachloréthylène et le tétrachloroéthane sont également mis en cause (49).

L'ensemble de ces solvants ne sont pas présents dans les peintures utilisées en réparation automobile. Mais la question sur les mélanges de solvants, notamment d'hydrocarbures aromatiques largement utilisés dans cette profession, n'est pas tranchée.

Les polyneuropathies toxiques sont bilatérales et symétriques. Elles sont le plus souvent de type axonal avec dégénérescence rétrograde progressant depuis les zones périphériques vers la racine des troncs nerveux, l'atteinte myélinique s'y ajoutant fréquemment (49). Sur le plan clinique, elles se traduisent par des troubles de la sensibilité à type de paresthésies, abolition des réflexes achilléens et anesthésie en chaussettes. La baisse de la force musculaire est plus tardive ainsi que l'amyotrophie. Les diagnostics étiologiques de ces neuropathies périphériques sont nombreux, au premier rang desquels l'alcool éthylique. C'est en effet le facteur de confusion le plus important dans les études sur ce sujet.

L'examen électromyographique est perturbé avant l'apparition des signes cliniques.

Les techniques d'électrostimulation utilisent des électrodes de surface permettant de

mettre en évidence un ralentissement des conductions nerveuses qui sont le signe d'une atteinte prédominante de la myéline. Elles sont donc moins pertinentes pour la détection de polyneuropathies toxiques que les techniques d'électrodétection. Ces dernières nécessitent l'implantation musculaire d'électrodes et permettent de mettre en évidence une souffrance axonale. De notre point de vue, le caractère traumatisant de cet examen ainsi que sa lourdeur et son coût le rendent inadapté au dépistage systématique sur une population asymptomatique exposée à des solvants qui ne sont pas indiscutablement responsables de polyneuropathies.

Compte tenu de ces éléments, il nous semble raisonnable de mener une exploration électromyographique devant la présence de signes fonctionnels sensitifs même discrets s'ils sont bilatéraux et à prédominance distale. Il est donc indispensable de noter ces éléments dans notre questionnaire. Dans tous les cas, le diagnostic de polyneuropathie s'il est confirmé sera suivi d'un bilan étiologique.

4.2.6. Le système nerveux central

4.2.6.1. Effets aigus

Trente et un pour cent des peintres présentent des signes aigus qui peuvent être intégrés à un syndrome ébrionarcotique (vertiges, nausées, céphalées, excitation puis somnolence). Pour la moitié des peintres, ces signes sont considérés comme potentiellement imputables au travail et sont communs à tous les solvants. Ils sont dose dépendants, réversibles à l'arrêt de l'exposition et entraînent donc un rythme professionnel avec parfois un phénomène de tolérance (64). Leur grande affinité pour les structures lipidiques explique la facilité avec laquelle ils pénètrent dans le SNC (34), le mécanisme d'action toxique est mal connu et pourrait être en rapport avec des perturbations biochimiques du système nerveux (34, 74).

La présence de ces signes aigus traduit une exposition ponctuelle à des concentrations de quelques centaines de ppm de solvants (niveau variable selon les solvants et les personnes). Ils traduisent donc des moyens de prévention très insuffisants. Si ces expositions importantes sont prolongées, elles peuvent être

responsables d'une encéphalopathie toxique avec détérioration irréversible du SNC (74). Ces signes doivent donc être recherchés et entraîner la mise en oeuvre d'une prévention beaucoup plus rigoureuse.

4.2.6.2. Effets chroniques

L'exposition chronique aux solvants même à faible dose d'exposition peut être responsable de l'apparition d'un syndrome psycho-organique caractérisé sur le plan clinique par des troubles mnésiques, des troubles du sommeil, des troubles de l'humeur mais aussi d'une asthénie et de troubles de la libido (14, 64, 74).

Dix-huit pour cent des peintres de notre étude présentent au moins un de ces signes et l'imputabilité est classée comme potentiellement professionnelle dans près d'un cas sur deux. Ces symptômes d'apparence banale doivent faire rechercher une détérioration intellectuelle des fonctions cognitives qui sont les premières atteintes (20).

En effet, les diagnostics positifs et étiologiques ne sont pas faciles. Le seul moyen de faire une évaluation fine de cette altération du système nerveux central est la réalisation de tests neuropsychiques qui sont longs à mettre en oeuvre, très nombreux et souvent en anglais. De plus des éléments peuvent interférer dans l'utilisation de ces tests qui peuvent manquer de reproductibilité : le niveau culturel du sujet, sa consommation régulière d'alcool éthylique et l'expérience de l'opérateur. L'OMS (81) suite à un travail de synthèse sur les effets neurologiques centraux des solvants est à l'origine d'une batterie de tests (Neurobehavioral Core Test Battery). Cette batterie composée de 13 sous-tests est considérée comme indépendante du niveau culturel du sujet (26). Elle explore le profil psychologique du sujet (65 items), le temps de réaction à un stimulus visuel, la mémoire à court terme à l'aide d'un test par voie auditive, la dextérité manuelle, la mémoire visuelle et la motricité fine. Cette batterie demande environ 50 minutes à un expérimentateur entraîné (26). En ce qui concerne la consommation d'alcool, les études comme celles de Cassito (14) excluent les buveurs excessifs avec le risque de sous estimer l'effet des solvants.

Du point de vue pratique, il ne nous est pas possible dans le temps de consultation dont nous disposons d'utiliser une telle batterie. Par contre, les items présents dans notre questionnaire sont insuffisants et l'utilisation à titre systématique d'un questionnaire de dépistage comme celui utilisé par l'équipe de Toulouse (10) dans une entreprise de peinture, nous permettrait de réaliser une présélection et de faire bénéficier les peintres dépistés d'une exploration complète.

4.2.7. Le foie

Il est classique de surveiller le bilan hépatique des sujets exposés aux solvants organiques alors que l'hépatotoxicité des solvants n'est clairement démontrée que pour les solvants halogénés et plus particulièrement pour un certain nombre de dérivés chlorés (chloroforme, tétrachlorure de carbone, Baltane®), ceci du fait de l'induction enzymatique entraînée par bon nombre d'entre eux et des mélanges utilisés.

Dans notre étude, 60 % des peintres ont un bilan hépatique perturbé avec une majorité d'anomalies portant sur les transaminases de type ALAT.

L'ALAT ou TGP est une enzyme cytoplasmique prédominant dans le foie et les reins. L'ASAT ou TGO est une enzyme mitochondriale et cytoplasmique présente dans différents organes. Leur principale cause d'augmentation est la maladie alcoolique du foie avec un rapport ASAT/ALAT supérieur à 1. L'obésité peut également entraîner une cytolysse mais le rapport ASAT/ALAT est inférieur à 1. Le diabète, les dyslipidémies, les hépatites virales B chroniques et C actives peuvent avoir les mêmes effets. Les étiologies toxiques professionnelles viennent seulement ensuite sur le plan de la fréquence avec en général un rapport ASAT/ALAT inférieur à 1 (57).

L'augmentation de la γ GT traduit une induction enzymatique et est retrouvée dans les contextes cités ci-dessus.

La quantité d'alcool pur quotidiennement ingérée en dessous de laquelle, aucune modification du bilan enzymatique hépatique n'est observée ne fait pas l'unanimité.

La limite est fixée à 20 grammes par certains auteurs (50, 67) et à 40 grammes pour d'autres (16). Si l'on fixe la limite à deux verres de boisson alcoolisée par jour (24 grammes d'alcool pur), 35 % des peintres ont une consommation d'alcool qui peut expliquer d'éventuelles modifications de leur bilan hépatique.

Les augmentations de la γ GT et des ALAT observées dans notre étude sont statistiquement liées au BMI et non à la consommation d'alcool ou au nombre d'heures de peinture par semaine.

Pour caractériser l'exposition professionnelle aux solvants, nous avons retenu le nombre d'heures de peinture par semaine mais il faudrait tenir compte du niveau d'exposition et des moyens de prévention mis en oeuvre.

La consommation d'alcool éthylique étant le principal facteur de perturbation du bilan hépatique, il n'est pas possible de rechercher les effets d'un autre produit toxique sans en étudier l'influence simultanément, même si la subjectivité du recueil de la consommation d'alcool par l'interrogatoire est bien connue. Au stade du diagnostic biologique, il est d'ailleurs possible d'identifier les buveurs excessifs par le dosage de la carbohydrate déficient transferrin ou CDT qui possède une spécificité de 90 % vis à vis de l'imprégnation alcoolique.

L'absence de liaison entre l'exposition aux solvants et les perturbations du bilan hépatique est retrouvée dans plusieurs études. Kurppa (42), dans une étude portant sur 102 peintres automobiles exposés à des mélanges de solvants ne retrouve pas un nombre de perturbations du bilan hépatique plus important que chez les non-exposés (n = 102) mais, il ne tient pas compte de la consommation d'alcool et du BMI.

Rees (67) note une augmentation de la γ GT chez 46 % des travailleurs et une augmentation des ASAT chez 52 % dans une population de 89 salariés d'une entreprise de fabrication de peinture en Afrique du Sud exposés au toluène, aux xylènes et au white spirit.

Les augmentations sont plus élevées chez les sujets fortement exposés (au dessus de la TLV) que chez ceux qui le sont moins (au dessous de la TLV). Mais, après ajustement sur la consommation d'alcool et le BMI, l'imputabilité attribuée au niveau d'exposition n'est pas confirmée.

Une autre étude a été réalisée par Nasterlack (56). Elle porte sur une population de 33 imprimeurs exposés aux mêmes solvants que ceux contenus dans les peintures PU avec en plus du trichloréthylène, produit hépatotoxique. Les niveaux d'exposition évalués par métrologie atmosphérique et monitoring biologique n'excèdent que très peu la MAK (équivalent Allemand de la TLV-STEEL Américaine et de la VLE Française). Aucune relation dose-réponse significative n'est retrouvée entre les niveaux d'exposition aux solvants et une éventuelle élévation des enzymes hépatiques sériques.

4.2.8. Les reins

Cinq peintres sont porteurs d'une protéinurie à la bandelette urinaire. Pour trois d'entre eux, il n'y a aucun antécédent rénal et l'interrogatoire et l'examen n'ont pas fait apparaître d'éléments en faveur d'une néphropathie évolutive. Dans les trois cas où elle est inférieure à 300 mg/l, une étiologie professionnelle est possible.

Si la relation entre exposition à forte dose aux solvants organiques et néphropathies aiguës ne laisse aucun doute (halogénés notamment et tétrachlorure de carbone plus particulièrement), les effets sur le rein des expositions chroniques aux solvants à faibles doses sont encore controversés. Les études les plus nombreuses sur le sujet sont des études cas-témoins dont certaines retrouvent une différence entre les cas et les témoins (12, 62) et d'autres pas (35, 78).

Les études transversales sont également contradictoires et influencées par les niveaux d'exposition pour Franchini (28) et pas pour Rasmussen (66). Dans une étude exposés-non exposés sur 180 exposés et 170 témoins appariés sur l'âge et le sexe, Viau (80) ne retrouve une augmentation du nombre d'albuminurie que chez les travailleurs exposés au styrène. Les carrossiers peintres de cette étude (n = 43),

n'ont pas une prévalence accrue d'albuminurie par rapport aux témoins. Les études en faveur d'une relation entre exposition chronique aux solvants et néphropathies sont presque toutes en faveur d'une glomérulopathie. Certains utilisent pour le dépistage de ces glomérulopathies des protéines urinaires comme la Rétinol Binding Protéine ou la N-acétyl- β -glucosaminidase (28, 66), mais ces protéines sont encore du domaine de la recherche (74) et le dépistage de l'albuminurie à l'aide d'une bandelette reste l'examen le plus simple et le moins coûteux.

Les bandelettes urinaires sont moins sensibles pour les autres protéines que l'albumine (47). Les protéinuries glomérulaires seront donc mieux dépistées. Par contre la sensibilité des bandelettes que nous avons utilisées est de 60 mg/l pour l'albumine (valeur moyenne de 50 à 100 mg/l pour les bandelettes commercialisées). La protéinurie étant considérée comme physiologique jusqu'à 50 mg/24 heures (47), soit environ 33 mg/l pour une diurèse de 1,5 litre, il est possible qu'un certain nombre de protéinuries pathologiques puissent échapper à ce dépistage. Il serait donc préférable de dépister les microalbuminuries puisqu'il existe des bandelettes adaptées. La découverte de toute protéinurie à la bandelette doit être confirmée par un dosage pondéral sur les urines de 24 heures et justifie d'une analyse qualitative par électrophorèse des protéines urinaires et d'un bilan étiologique spécialisé.

Conclusions

Titre : Evaluation des niveaux d'exposition et des effets toxiques des peintures polyuréthannes chez les peintres en réparation automobile.

Conclusions

Les peintres en réparation automobile utilisent quasi exclusivement des peintures polyuréthannes bicomposants. Les durcisseurs de ces peintures peuvent contenir jusqu'à 40 % d'isocyanates, famille qui représente la première cause d'asthme chimique professionnel. Les mélanges de solvants contenus aussi bien dans le durcisseur que dans la base acrylique ou dans le diluant, présentent des risques toxiques systémiques, que ce soit sur le plan neurologique ou à un moindre degré hépatique ou rénal.

La première partie de ce travail est constituée d'une étude du poste de peintre en réparation automobile complétée par une métrologie atmosphérique, pour évaluer les risques toxiques dus aux isocyanates et aux solvants lors des différentes phases de l'activité de peinture.

Les concentrations atmosphériques de polyisocyanates sont élevées au moment de la pulvérisation des polyuréthannes, que ce soit pour les peintures et les vernis appliqués en cabines fermées à ventilation verticale, ou pour les apprêts pulvérisés en cabines ouvertes.

De ce fait, le port d'une protection respiratoire efficace est impératif : masque à cartouche combinée (charbon actif plus filtre), voire cagoule à adduction d'air pour les opérations très polluantes, comme les intérieurs de coffres ou de véhicules.

Le risque solvant, essentiellement représenté par des mélanges d'hydrocarbures aromatiques et d'esters, est élevé pendant la pulvérisation de la peinture mais aussi pendant sa préparation et pendant le nettoyage du matériel.

En plus de la protection respiratoire nécessaire pendant la pulvérisation, le port de gants s'impose pendant toute l'activité de peinture. De plus, une hotte aspirante doit être mise en place au dessus de la table de préparation de la peinture.

Cette évaluation des risques toxiques nous a permis d'établir un questionnaire technique et médical spécifique du poste de carrossier peintre. Ce questionnaire est utilisé dans le cadre de la surveillance médicale des artisans peintres de la région Rhône-Alpes, assurés auprès de la CMR des Alpes.

La deuxième partie de ce travail expose les résultats de la consultation de 124 peintres et les améliorations à apporter au protocole de surveillance.

Cinq peintres présentent un asthme évolutif dont quatre sont certainement imputables aux isocyanates.

Des signes irritatifs oculaires, ORL et trachéo-bronchiques sont retrouvés dans un tiers des cas avec une imputabilité professionnelle probable pour près de la moitié d'entre eux. Le port systématique d'une protection respiratoire adaptée a été conseillé, et la surveillance longitudinale permettra d'étudier l'incidence de l'asthme dans ce groupe à risque. Il serait souhaitable de les suivre annuellement plutôt que tous les quatre ans.

Douze peintres présentent une dermite irritative au niveau des mains pour laquelle le port de gants a été conseillé.

Vingt-trois pour cent des peintres ont une tension artérielle élevée qui sera recontrôlée et prise en charge par le médecin généraliste.

Du fait de la fréquence des signes fonctionnels neurologiques (18 % pour les signes centraux et 17 % pour les signes périphériques), il est nécessaire de mettre en place une batterie de tests neuropsychiques dans le cadre du dépistage du psychosyndrome aux solvants.

Des modifications du bilan hépatique sont observées dans 60 % des cas mais aucune relation statistique n'a pu être mise en évidence avec l'activité de peinture.

Cinq peintres présentent une protéinurie dont trois ont une étiologie potentiellement professionnelle. L'utilisation d'une bandelette pour détecter la microalbuminurie serait souhaitable dans le cadre du dépistage d'une glomérulopathie chronique aux solvants.

Les conseils personnalisés délivrés le jour de la consultation vont être complétés par une information au niveau du groupe professionnel. Cette démarche préventive sera évaluée lors de la prochaine consultation.

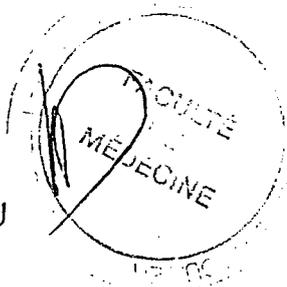
Le suivi longitudinal de cette population est intéressant mais nécessite la mise en place d'un groupe témoin pour évaluer l'incidence respective des pathologies dans les deux groupes.

Vu et permis d'imprimer

Grenoble, le 25 septembre 1995

Le Doyen

J.L. DEBRU



Le président de la thèse

Professeur J.M. MALLION

A large, stylized handwritten signature in black ink, written over the printed name "Professeur J.M. MALLION".

Bibliographie

1. **Access.** Microsoft Corporation. 1994.

2. **Alexandersson, R., Plato, N., Kolmodin-Hedman, B., Hedenstierna, G.** Exposure, Lung Function, and Symptoms in Car Painters Exposed to Hexamethyldiisocyanate and Biuret Modified Hexamethyldiisocyanate. Archives of Environmental Health, 1987, 42 (6) : 367-373.

3. **Ameille, J., Villoingt, L., Laureillard, J., Pages, M.G., Dore, M.F., Orvoen-Frija, E., Rochemaure, J., Proteau, J.** Conditions de travail et morbidité respiratoire de peintres automobiles employés dans des entreprises artisanales de la région parisienne. Documents pour le Médecin du Travail, 1989, 40 : 347-352.

4. **Ameille, J.** Isocyanates. Encyclopédie Médico-Chirurgicale, 1990, 16541 A¹⁰.

5. **Ameille, J., Villoingt, L.** Valeur pronostique de l'hyperréactivité bronchique chez les peintres automobiles exposés aux isocyanates. Les Archives des Maladies Professionnelles, 1994, 55 (5) : 317-321.

6. **Association Française de Normalisation.** Installation d'application et de séchage des peintures et vernis. Cabines d'application : conception, caractéristiques de fonctionnement et méthodes de mesurage. NF T 35-009, AFNOR, Paris la Défense, 1989.

7. **Association Française de Normalisation.** Qualité de l'air des lieux de travail : Echantillonnage et analyse des polluants gazeux sur charbon actif, prélèvements par pompage, NF X 43-252, AFNOR, Paris la Défense, 1991.

8. Association Française de Normalisation. Qualité de l'air des lieux de travail : Echantillonnage et analyse des polluants gazeux sur silicagel, prélèvements par pompage, NF X 43-258, AFNOR, Paris la Défense, 1991.

9. Association Française de Normalisation. Qualité de l'air des lieux de travail : Prélèvement et dosage des Isocyanates monomères, NF X 43-263, AFNOR, Paris la Défense, 1991.

10. Ausegache, C., Nisse, C. Exposition au styrène. Effets neurocomportementaux. Communication orale. 24^{ème} Congrès International de Santé au Travail. Nice. 1993.

11. Baur, X., Marek, W., Ammon, J., Czuppon, A.B., Markzynski, B., Raulf-Heimsoth, M., Roemmelt, H., Fruhmann, G. Respiratory and other hazards of isocyanates. International Archives of Occupational Environmental Health, 1994, 66 141-152.

12. Bell, G.M., Gordon, A.C.H., Lee, P., Doig, A., MacDonald, M.K., Thomson, D., Anderton, J.L., Robson, J.S. Proliferative Glomerulonephritis and Exposure to Organic Solvents. Nephron, 1985, 40 : 161-165.

13. Bréchemier, J. Technologie de la peinture en carrosserie. E.T.A.I., Tours, 1993.

14. Cassito, M.G., Giliori, R. Altérations comportementales chez les ouvriers exposés aux solvants organiques. Journal de Toxicologie Clinique et Expérimentale, 1985, 5 (4) : 273-282.

15. Chan-Yeung, M., Lam, S. Occupational asthma. American Revue of Respiratory Disease. 1986, 133 : 686-703.

16. Chen, J.D., Wang, J.D., Jang, J.P., Chen, Y.Y. Exposure to mixtures of solvents among paint workers and biochemical alterations of liver function. *British Journal of Industrial Medicine*, 1991, 48 : 696-701.

17. Cicolella, A. Les éthers de glycol : état actuel des connaissances, perspectives de recherche. *Cahiers de notes documentaires*, 1992, 148, 359-378.

18. Circulaire DRT n° 93-18. Concentrations de certaines substances dangereuses dans l'atmosphère des lieux de travail, 12 Juillet 1993.

19. Conso, F. Surveillance des peintres automobiles. *Le Concours Médical*, 28.11.1992, 3485-3486.

20. Dally, S., Garnier, R. Solvants et neuropathies : données cliniques. *Les Archives des Maladies Professionnelles*, 1995, 56 (2) : 101-104.

21. De Medinilla, J., Espigares, M. Contamination by organic solvents in auto paint shops. *The annals of Occupational Hygiene*, 1988, 32 (4) : 509-513.

22. Delfosse, M., Laureillard, J. Cabines de peinture dans la carrosserie automobile : dosage des isocyanates et des solvants, conformité des cabines. *Cahiers de note documentaires*, 1990, 138 : 65-72.

23. Descamps, D. Quelles normes européennes pour les cabines de peinture ? *L'Argus de l'automobile*, 13 Avril 1995, p 10.

24. Diller, W.F. Facts and fallacies involved in the epidemiology of isocyanate asthma. *Bulletin européen de physiopathologie respiratoire*, 1988, 23 : 551-553.

25. Elofsson, S.A., Gamberale, F., Hindmarsh, T., and Coll. Exposure to organic solvents. A cross-sectional epidemiologic investigation on occupationally exposed car and industrial spray painters with special reference to the nervous system. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 1980, 6 : 239-273.

26. Escalona, E., Yanes, L., Feo, O., Maizlich, N. Neurobehavioral Evaluation of Venezuelan Workers Exposed to Organic Solvent Mixtures. *American Journal of Industrial Medicine*, 1995, 27 : 15-27.

27. Fousserau, J. Guide de dermato-allergologie professionnelle. Masson. Paris. 1991.

28. Franchini, I., Cavatorta, A., Falzoi, M., Lucertini, S., Mutti, A. Early Indicators of Renal Damage in Workers Exposed to Organic Solvents. *International Archives of Occupational Environmental Health*, 1983, 52 : 1-9.

29. Fuchs, S., Valade, P. Etude clinique et expérimentale sur quelques cas d'intoxication par le Desmodur T. *Les Archives des Maladies Professionnelles*, 1951, 11 : 191-196.

30. Géraut, C. L'essentiel des pathologies professionnelles. Ellipses. Poitiers. 1995.

31. GERMT, Dugrillon, D. Cabines de projection de peintures et vernis. Documents pour le médecin du travail, 1993, 53 : 265-268.

32. Goyer, N. Critères de performance des cabines de peinture munies de ventilation verticale. Rapport d'études et de recherches R-068, IRSST, 1993.

- 33. Goyer, N.** Performance of Painting Booths Equipped with Down-Draft Ventilation. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 1995, 56 : 258-265.
- 34. Haguenoer, J.M., Nisse, C.** Neurotoxicité des solvants à faibles doses d'exposition Physiopathologie. *Les Archives des Maladies Professionnelles*, 1995, 56 (2) : 91-97.
- 35. Harrington, J.M., Whitby, H., Gray, C.N., Reid, F.J., Aw, T.C., Waterhouse, J.A.** Renal disease and occupational exposure to organic solvents: a case referent approach. *British Journal of Industrial Medicine*, 1989, 46 : 643-650.
- 36. Huynh, C.K., Vu-Duc, T.** Asthme professionnel et exposition aux prépolymères d'isocyanates dans les ateliers de peinture à deux composants. *Les Archives des Maladies Professionnelles*, 1994, 55 (2) : 143-145.
- 37. Institut National de Recherche et de Sécurité.** Guide pratique de ventilation des cabines et postes de peinture. Edition 663, 1991.
- 38. Institut National de Recherche et de Sécurité.** Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. Cahiers de note documentaires, 1993, 153 : 557-574.
- 39. Janko, M., Mc Carthy, K., Fajer, M., Van Raalte, J.** Occupational Exposure to 1,6 Hexamethylene Diisocyanate-Based Polyisocyanates in the State of Oregon, 1980 - 1990. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 1992, 53 : 331-338.
- 40. Knudson, R.J., Slatin, R.C., Lebowitz, M.D., Burrows, B.** The maximal expiratory flow-volume curve, variability and effects of age. *American Revue of Respiratory Disease*, 1976, 113 : 587-600.

- 41. Kristensen, O.** A prospective study of the development of hand eczema in an automobile manufacturing industry. *Contact Dermatitis*, 1992, 26 : 341-345.
- 42. Kurppa, K., Husman, K.** Car painters' exposure to a mixture of organic solvents. Serum activities of liver enzymes. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 1982, 8 (2) : 137-140.
- 43. Laforest, J.C., Falcy, M.** Neurotoxicité des solvants à faible doses d'exposition : Classifications. *Les Archives des Maladies Professionnelles*, 1995, 56 (2) : 89-91.
- 44. Lagier, F., Cartier, A., Malo, J.L.** Statistiques médico-légales sur l'asthme professionnel au Québec de 1986 à 1988. *Revue des Maladies Respiratoires*, 1990, 7 : 337-341.
- 45. Laureillard, J., Ameille, J., Pages, M.G., Proteau, J., Jérôme, F.** Le respect des valeurs limites d'exposition des isocyanates dans les cabines de peinture automobile : un objectif de prévention nécessaire mais insuffisant. *Les Archives des Maladies Professionnelles*, 1989, 50 (2) : 205-219.
- 46. Lauwerys, R., Hoet, P.** *Industrial Chemical Exposure. Guidelines for Biological Monitoring.* Lewis. USA. 1993.
- 47. Legrain, M., Suc, J.M.** *Néphrologie.* Masson. Paris. 1985.
- 48. Leleu, M.J.** Peintures à solvants : composition et risques toxicologiques. *Cahiers de Notes Documentaires*, 1980, 98, 53-62.

49. Lille, F., Le Tinnier, A. Neurotoxicité des solvants à faible doses d'exposition : Apport des techniques d'explorations fonctionnelles et d'imagerie. *Les Archives des Maladies Professionnelles*, 1995, 56 (2) : 110-113.

50. Lundberg, I., Nise, G., Hedenborg, G., Hogberg, M., Vesterberg, O. Liver function tests and urinary albumin in house painters with previous heavy exposure to organic solvents. *Occupational and Environmental Medicine*, 1994, 51 (5) : 347-353.

51. Maître, A., Perdrix, A., Pelen, O., Mathern, G., Mallion, J.M. Evolution clinique et fonctionnelle respiratoire de 51 asthmatiques aux isocyanates. *Les Archives des Maladies Professionnelles*, 1988, 49 (7) : 546-547.

52. Maître, A., Perdrix, A. Des isocyanates aux polyuréthanes. Inforisque, La Tronche, 1994.

53. Maître, A., Leplay, A., Perdrix, A., Ohi, G., Boinay, P., Romazini, S., Aubrun, M.J.C. Comparison between Solid Sampler and Impinger for Evaluation of Occupational Exposure to 1,6-Hexamethylene Diisocyanate Prepolymers during Spray Painting. *American Industrial Hygiene Association Journal*. En cours d'impression.

54. Meredith, S.K., Taylor, V.M., McDonald, J.C. Occupational respiratory disease in the United Kingdom 1989: a report to the British Thoracic Society and the Society of Occupational Medicine by the SWORD project group. *British Journal of Industrial Medicine*, 1991, 48 : 292-298.

55. Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Formation Professionnelle. La surveillance des atmosphères de travail. Transparences n° 27. Paris. 1990.

56. Nasterlack, M., Triebig, G., Stelzer, O. Hepatotoxic effects of solvent exposure around permissible limits and alcohol consumption in printers over a 4-year period. *International Archives of Occupational Environmental Health*, 1994, 66 : 161-165.

57. Pélissier, N. Prise en charge des perturbations hépatiques après une intoxication aigue collective aux gaz de décomposition thermique de plastiques époxydiques. Thèse de Médecine. Grenoble. 1994.

58. Perdrix, A., Maître, A., Lanfranchi, M., Stoklov, M., De Gaudemaris, R., Mallion, J.M. Pénétration et métabolisme des diisocyanates, actions cellulaires et enzymatiques expliquant les effets sur l'organisme. *Les Archives des Maladies Professionnelles*, 1988, 49 : 551-552.

59. Perdrix, A. Guide pratique d'exploration fonctionnelle respiratoire : utilisation en milieu professionnel. Masson. Paris. 1994.

60. Pisaniello, D.L., Muriale, L. The use of isocyanate paints in auto refinishing. A survey of isocyanate exposures and related work practices in south Australia. *Annals of Occupational Hygiene*, 1989, 33 (4) : 563-572.

61. Pisati, G., Baruffini, A., Zedda, S. Toluène diisocyanate induced asthma: outcome according to persistence or cessation of exposure. *British Journal of Industrial Medicine*, 1993, 50 : 60-64.

62. Porro, A., Lomonte, C., Coratelli, P., Passavanti, G., Ferri, G.M., Assennato, G. Chronic glomerulonephritis and exposure to solvents: a case-referent study. *British Journal of Industrial Medicine*, 1992, 49 : 738-742.

- 63. Prefault, C., Tcheriatchoukine, J., Guerrero, A.J., Mouton, H., Chardon, G.** Débit maximum expiratoire 25-75 % dans une population de non-fumeurs. Valeurs moyennes et limites inférieures de la normale. Bulletin Européen de Physiopathologie Respiratoire, 1980, 16 : 25-40.
- 64. Proust, B., Mihout, B., Caillard, J.F.** Troubles neurologiques et psychiatriques induits par les solvants. Encyclopédie Médico-Chirurgicale, 1989, 16536 A¹⁰.
- 65. Quanjer, P.H.** Edit standardized lung function testing. Summary of recommandation. European Community for Coal and Steel Luxembourg. Bulletin Européen de Physiopathologie Respiratoire, 1983, suppl 5 : 5-95.
- 66. Rasmussen, K., Brogren, C.H., Sabroe, S.** Subclinical affection of liver and kidney function and solvent exposure. International Archives of Occupational Environmental Health, 1993, 64 : 445-448.
- 67. Rees, D., Soderlug, N., Cronje, R., Song, E., Kielkowski, D., Myers, J.** Solvent exposure, alcohol consumption and liver injury in workers manufacturing paint. Scandinavian Journal of Environmental and Health, 1993, 19 (4) : 236-244.
- 68. Romazini, S.** Fonction respiratoire et symptômes des sujets exposés aux diisocyanates. Thèse de Médecine. Grenoble. 1993.
- 69. Romazini, S., Maître, A., Perdrix, A., De Gaudemaris, R.** Respiratory disease and lung function among workers exposed to diisocyanates. Communication orale. 24^{ème} Congrès International de Santé au Travail. Nice. 1993.

70. Rosenberg, C., Savolainen, H. Detection of urinary amine metabolites in toluene diisocyanates exposed rats. *Journal of Chromatography*, 1985, 323 : 429-433.

71. Rought-Rought, S. L'asthme aux isocyanates chez les peintres carrossiers : caractéristiques cliniques et valeur des méthodes d'investigation. Thèse de Médecine. Strasbourg. 1991.

72. Seguin, P., Allard, A., Cartier, A., Malo, J.L. Prevalence of occupational asthma in spray painters exposed to several types of isocyanates, including polymethylene polyphenylisocyanate. *Journal of Occupational Medicine*, 1987, 29 (4) : 340-344.

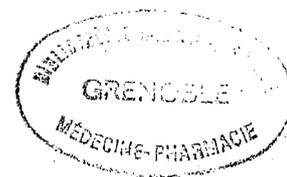
73. SPSS : Statistical Packages for Social Sciences. SPSS Inc. 444 North Michigan avenue, Chicago, IL 60611.

74. Testud, F. Pathologie toxique en milieu de travail. Lacassagne. Lyon. 1993.

75. Tornling, G., Alexandersson, R., Hedenstierna, G., Plato, N. Decreased Lung Function and Exposure to Diisocyanates (HDI and HDI-BT) in Car Repair Painters: Observations on Re-Examination 6 years After Initial Study. *American Journal of Industrial Medicine*, 1990, 17 : 299-310.

76. Triebig, G., Schaller, K.H., Weltle, D. Neurotoxicity of solvent mixtures in spray painters. I. Study design, workplace exposure, and questionnaire. *International Archives of Occupational Environmental Health*, 1992, 64 (5) : 353-359.

77. **Triebig, G., Barocka, A., Erbguth, F., Holl, R., Lang, C., Lehl, S., Rechlin, T., Weidenhammer, W., Weltle, D.** Neurotoxicity of solvent mixtures in spray painters. II. Neurologic, psychiatric, psychological, and radiological findings. *International Archives of Occupational Environmental Health*, 1992, 64 (5) : 361-372.
78. **Van der Laan, G.** Chronic Glomerulonephritis and Organic Solvents. *International Archives of Occupational Environmental Health*, 1980, 47 : 1-8.
79. **Vandenplas, O., Malo, J.L., Saetta, M., Mapp, C.E., Fabbri, L.M.** Occupational asthma and extrinsic alveolitis due to isocyanates: current status and perspectives. *British Journal of Industrial Medicine*, 1993, 50 : 213-228.
80. **Viau, C., Lauwerys, R., Bernard, A.** Influence de l'exposition chronique aux solvants sur le rein. *Cahiers de Médecine du Travail*, 1985, 22 (2-3) : 109-114.
81. **World Health Organization (WHO).** Operational Guide for the WHO Neurobehavioral Core Test Battery. WHO. Geneva. 1986.



Annexes

Annexe 1.

-1- CARRIERE PROFESSIONNELLE

1.1- Récapitulatif

| Dates | Entreprises | Activité (poste) | Toxiques manipulés | Protections coll.+indiv. |
|-------|-------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|
|-------|-------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|

pas de risque risque isocyanate risque solvant
risques toxiques autres: _____

-1- CARRIERE PROFESSIONNELLE (suite)

1.2 Combien d'accident(s) en relation avec votre travail avez-vous eu ? _____

Type de la ou des lésions si importante(s) _____

1.3 Avez-vous eu une maladie en relation avec votre travail? Oui Non

numéro du tableau correspondant dans le régime général : _____

date de la déclaration à la caisse : _____

1.4 Nombre de salariés _____
d'apprentis _____ de votre entreprise.

-2- ACTIVITE ET RISQUES PROFESSIONNELS

2.1 Activité actuelle

Actuellement votre activité est :

peintre en bâtiment carrossier peintre Autre

Nombre d'heures de travail sur la semaine en moyenne : _____

2.2 Activité de peinture

Nombre d'heures passées à l'activité de peinture sur la semaine: _____

Depuis quelle année utilisez vous des peintures aux polyuréthanes: _____

Avez-vous d'autres activités en dehors de la peinture? Oui Non

tôlerie jamais parfois souvent toujours

ponçage jamais parfois souvent toujours

préparation de la pièce jamais parfois souvent toujours

mécanique jamais parfois souvent toujours

autre, précisez: _____

Vous appliquez votre peinture :

au pinceau ou rouleau : jamais parfois souvent toujours

au pistolet : jamais parfois souvent toujours

le type de votre pistolet :

électrostatique Oui Non pression bars: _____

pneumatique Oui Non pression bars: _____

airless Oui Non pression bars: _____

2.3 Activité de voisinage

Combien de personnes travaillent dans le même local que vous ? _____

Combien d'entre elles effectuent des travaux de peinture ? _____

Préciser les autres activités dans ce local : _____

2.4 Produits utilisés

Les fiches techniques des produits utilisés ont-elles été apportées ? Oui Non

Quels types de produits utilisez-vous ?

Peintures à l'eau jamais parfois souvent toujours

Peintures solvantées (dites "à essence") jamais parfois souvent toujours

Peintures, vernis, durcisseurs, mousses polyuréthanes jamais parfois souvent toujours

Peintures, vernis, durcisseurs, mousses polyuréthanes jamais parfois souvent toujours

Utilisez-vous un solvant pour nettoyer votre matériel / mains? Oui Non

white spirit trichloréthylène autre (préciser)

pas de risque risque isocyanate risque solvant

risques toxiques autres :

-3- PROTECTIONS - PREVENTION

3.1 Avez vous une cabine pour peindre ? Oui Non

De quel type de cabine disposez-vous?

Est -elle : artisanale achetée

fermée ouverte

Dimensions (l x L x h) : _____ m³

Année d'installation : _____

Ventilation : horizontale

verticale

oblique

Dernière année de vérification de la cabine par la CRAM _____

Résultats des mesures de vitesse d'air :

vitesse moyenne _____

vitesse minimale _____

résultats non vus

Quelle est la fréquence de changement des filtres ?

du plafond (ou de l'entrée d'air) _____ (x fois par mois, an)

du sol (de la sortie d'air) _____ (x fois par mois, an)

Vous arrive-t-il de peindre en dehors de la cabine :

jamais parfois souvent toujours

Séchage de la pièce dans la cabine:

jamais parfois souvent toujours

3.2 Protections individuelles

Portez-vous un masque pendant la peinture au pinceau-rouleau ?

jamais parfois souvent toujours

De quel type de masque s'agit-il ?

cagoule ou masque à adduction d'air

masque à cartouche

type de la cartouche (référence) _____

fréquence de changement _____

masque à jeter ou masque à poussières

autre (préciser) : _____

Portez-vous un masque pendant la peinture au pistolet ?

jamais parfois souvent toujours

De quel type de masque s'agit-il ?

cagoule ou masque à adduction d'air

masque à cartouche

type de la cartouche (référence) _____

fréquence de changement _____

masque à jeter ou masque à poussières

autre (préciser) : _____

Portez-vous une protection oculaire pour peindre ?

aucune lunettes autre (préciser) : _____

Portez-vous des gants en peignant ?

jamais parfois souvent toujours

Utilisez-vous des crèmes protectrices (ou réparatrices) ?

jamais parfois souvent toujours

Portez-vous une combinaison de travail ?

non un blanc (bleu) de travail une combinaison en papier

-4- ANTECEDENTS

4.1 Antécédents familiaux

Parmi vos frères, parents, grand-parents, enfants, y-a-t-il :

Eczéma Urticaire Asthme Rhume des foins

4.2 Antécédents personnels

Allergies

Rhume des foins Urticaire Eczéma sinusites récidivantes

Crises d'asthme si oui année 1ère crise _____ année dernière crise _____

Antécédents de pathologie pulmonaire

Bronchites récidivantes Pneumonie Pleurésie Tuberculose

Scoliose Cyphose Chirurgie thoracique

5.4 Poumons

Vous arrive-t-il fréquemment de:

tousser cracher être essoufflé avoir une respiration sifflante

Depuis quand présentez vous ces signes (années) ? _____

Quel est le délai d'apparition de ces signes après la prise de poste ?

0 à 4h 4 à 12h plus de 12h variable sans relation

Ces signes : diminuent-ils le week-end ? Oui Non

diminuent-ils en vacances ? Oui Non

Existaient-ils avant votre travail actuel? Oui Non

| | | |
|-------------------------------------|--|---|
| Conclusion | SF pulmonaires <input type="checkbox"/> | Pas de SF pulmonaire <input type="checkbox"/> |
| Imputabilité professionnelle | Nulle <input type="checkbox"/> | Probable <input type="checkbox"/> Certaine <input type="checkbox"/> |

5.5 Coeur

Vous arrive-t-il d'avoir : palpitations douleurs thorax

Depuis quand présentez vous ces signes (années) ? _____

Quel est le délai d'apparition de ces signes après la prise de poste ?

0 à 4h 4 à 12h plus de 12h variable sans relation

Ces signes : diminuent-ils le week-end ? Oui Non

diminuent-ils en vacances ? Oui Non

Existaient-ils avant votre travail actuel? Oui Non

| | | |
|-------------------------------------|---|---|
| Conclusion | SF cardiologiques <input type="checkbox"/> | Pas de SF cardiologique <input type="checkbox"/> |
| Imputabilité professionnelle | Nulle <input type="checkbox"/> | Probable <input type="checkbox"/> Certaine <input type="checkbox"/> |

5.6 Peau

Souffrez-vous de : démangeaisons rougeurs éruption

à quel endroit du corps ? mains avant-bras ou bras visage

parties couvertes autres

parties découvertes autres

Depuis quand présentez vous ces signes (années) ? _____

Quel est le délai d'apparition de ces signes après la prise de poste ?

0 à 4h 4 à 12h plus de 12h variable sans relation

Ces signes : diminuent-ils le week-end ? Oui Non

diminuent-ils en vacances ? Oui Non

Existaient-ils avant votre travail actuel? Oui Non

| | | |
|-------------------------------------|--|---|
| Conclusion | Signes cutanés <input type="checkbox"/> | Pas de signe cutané <input type="checkbox"/> |
| Imputabilité professionnelle | Nulle <input type="checkbox"/> | Probable <input type="checkbox"/> Certaine <input type="checkbox"/> |

5.7 Neurologie

Vous arrive-t-il de présenter l'un de ces signes (SNC)

(SNC aigus) vertiges sensation d'ébriété céphalées

(SNC chroniques) troubles de la mémoire troubles du sommeil irritabilité

Depuis quand présentez vous ces signes (années) ? _____

Quel est le délai d'apparition de ces signes après la prise de poste ?

0 à 4h 4 à 12h plus de 12h variable sans relation

Ces signes : diminuent-ils le week-end ? Oui Non

diminuent-ils en vacances ? Oui Non

Existaient-ils avant votre travail actuel? Oui Non

| | | |
|-------------------------------------|--|---|
| Conclusion | Signes neuro. centraux <input type="checkbox"/> | Pas de signe neuro. central <input type="checkbox"/> |
| Imputabilité professionnelle | Nulle <input type="checkbox"/> | Probable <input type="checkbox"/> Certaine <input type="checkbox"/> |

Vous arrive-t-il de présenter l'un de ces signes (SNP)

déficit moteur troubles sensitifs douleurs musculaires tremblements

Depuis quand présentez vous ces signes (années) ? _____

Quel est le délai d'apparition de ces signes après la prise de poste ?

0 à 4h 4 à 12h plus de 12h variable sans relation

Ces signes : diminuent-ils le week-end ? Oui Non

diminuent-ils en vacances ? Oui Non

Existaient-ils avant votre travail actuel? Oui Non

| | | |
|-------------------------------------|---|--|
| Conclusion | Signes neuro. périph. <input type="checkbox"/> | Pas de signe neuro. périph. <input type="checkbox"/> |
| Imputabilité professionnelle | Null <input type="checkbox"/> | Probable <input type="checkbox"/> Certain <input type="checkbox"/> |

5.8 Digestif

Vous arrive-t-il d'avoir

nausées ou vomissements diarrhées douleurs abdominales

Depuis quand présentez vous ces signes (années) ? _____

Quel est le délai d'apparition de ces signes après la prise de poste ?

0 à 4h 4 à 12h plus de 12h variable sans relation

Ces signes : diminuent-ils le week-end ? Oui Non

diminuent-ils en vacances ? Oui Non

Existaient-ils avant votre travail actuel? Oui Non

| | | |
|-------------------------------------|--|--|
| Conclusion | Troubles digestifs <input type="checkbox"/> | Pas de trouble digestif <input type="checkbox"/> |
| Imputabilité professionnelle | Null <input type="checkbox"/> | Probable <input type="checkbox"/> Certain <input type="checkbox"/> |

5.9 Nez

Vous arrive-t-il d'avoir:

le nez qui coule

une perte de l'odorat

une intolérance aux odeurs

une sensation mauvaise odeur

Depuis quand présentez vous ces signes (années) ? _____

Quel est le délai d'apparition de ces signes après la prise de poste ?

0 à 4h 4 à 12h plus de 12h variable sans relation

Ces signes : diminuent-ils le week-end ? Oui Non

diminuent-ils en vacances ? Oui Non

Existaient-ils avant votre travail actuel? Oui Non

| | | |
|-------------------------------------|---|--|
| Conclusion | Troubles nasaux <input type="checkbox"/> | Pas de trouble nasal <input type="checkbox"/> |
| Imputabilité professionnelle | Null <input type="checkbox"/> | Probable <input type="checkbox"/> Certain <input type="checkbox"/> |

5.10 Oreilles

Vous arrive-t-il d'avoir

bourdonnement / sifflement d'oreilles

gêne à l'audition

Depuis quand présentez vous ces signes (années) ? _____

Quel est le délai d'apparition de ces signes après la prise de poste ?

0 à 4h 4 à 12h plus de 12h variable sans relation

Ces signes : diminuent-ils le week-end ? Oui Non

diminuent-ils en vacances ? Oui Non

Existaient-ils avant votre travail actuel? Oui Non

| | | |
|-------------------------------------|---|--|
| Conclusion | Troubles auditifs <input type="checkbox"/> | Pas de trouble auditif <input type="checkbox"/> |
| Imputabilité professionnelle | Null <input type="checkbox"/> | Probable <input type="checkbox"/> Certain <input type="checkbox"/> |

5.11 Ophtalmologie

Vous arrive-t-il d'avoir: une baisse de la vue les yeux qui piquent
troubles vision des couleurs les yeux rouges

Depuis quand présentez vous ces signes (années) ? _____

Quel est le délai d'apparition de ces signes après la prise de poste ?

0 à 4h 4 à 12h plus de 12h variable sans relation

Ces signes : diminuent-ils le week-end ? Oui Non

diminuent-ils en vacances ? Oui Non

Existaient-ils avant votre travail actuel? Oui Non

| | | |
|------------------------------|--|--|
| Conclusion | Troubles oculaires <input type="checkbox"/> | Pas de trouble oculaire <input type="checkbox"/> |
| Imputabilité professionnelle | Nulle <input type="checkbox"/> Probable <input type="checkbox"/> | Certaine <input type="checkbox"/> |

-6- EXAMEN CLINIQUE

O.R.L. et bucco-dentaire

Normal
Anormal inconnu
Anormal connu pris en charge
Anormal connu non pris en charge

Cutané

Normal
Anormal inconnu
Anormal connu pris en charge
Anormal connu non pris en charge

Pulmonaire

Normal
Anormal inconnu
Anormal connu pris en charge
Anormal connu non pris en charge

Neurologique (SNC)

[debout yeux fermés et pieds joints - index/nez - déviation des index - tremblement]

Normal
Anormal inconnu
Anormal connu pris en charge
Anormal connu non pris en charge

Neurologique (SNP)

[ROT - BBK - pique touche]

Normal
Anormal inconnu
Anormal connu pris en charge
Anormal connu non pris en charge

Cardio-vasculaire

pouls _____

TAS/TAD _____

Examen et auscultation

- Normal
- Anormal inconnu
- Anormal connu pris en charge
- Anormal connu non pris en charge

Ostéo-articulaire

[plier genoux/relever - distance doigts/sol - amplitudes épaules]

- Normal
- Anormal inconnu
- Anormal connu pris en charge
- Anormal connu non pris en charge

Abdominal

- Normal
- Anormal inconnu
- Anormal connu pris en charge
- Anormal connu non pris en charge

-7- CONCLUSION GENERALE

7.1 Modification conseillée au niveau :
du poste de la technique des produits

7.2 Patient adressé au :
médecin traitant
médecin(s) spécialiste(s)
lesquel(s) _____
consultation de pathologie professionnelle
laquelle _____
Délai urgent Non urgent

INTERPRETATION DES RESULTATS DES E.F.R

Annexe 2. Propositions A. Perdrix

Groupe 1: Tracé normal.

- Hommes:
- 1: CVL (ou CVF) \geq Norme - 0.92
 - 2: VEMS/CVL (ou VEMS/CVF) \geq Norme - 5%
 - 3: DEM25_75/CVF \geq Norme - 27%
- Femmes:
- 1: CVL (ou CVF) \geq Norme - 0.69
 - 2: VEMS/CVL (ou VEMS/CVF) \geq Norme - 5%
 - 3: DEM25_75/CVF \geq Norme - 32%

Groupe 2 : Orientation possible vers un trouble obstructif expiratoire dans quelques années, personne avec fonction respiratoire à risque.

- Hommes:
- 1: CVL (ou CVF) \geq Norme - 0.92
 - 2: Norme - 10% \leq VEMS/CVL (ou VEMS/CVF) $<$ Norme - 5%
 - 3: Norme - 27% \leq DEM25_75/CVF $<$ Norme
- Femmes:
- 1: CVL (ou CVF) \geq Norme - 0.69
 - 2: Norme - 10% \leq VEMS/CVL (ou VEMS/CVF) $<$ Norme - 5%
 - 3: Norme - 32% \leq DEM25_75/CVF $<$ Norme

Groupe 3 : Trouble obstructif expiratoire 1, maladie des petites bronches.

- Hommes :
- 1: VEMS/CVL (ou VEMS/CVF) \geq Norme - 10%
 - 2: DEM25_75/CVF $<$ Norme - 27%
- Femmes :
- 1: VEMS/CVL (ou VEMS/CVF) \geq Norme - 10%
 - 2: DEM25_75/CVF $<$ Norme - 32%

Groupe 4 : Trouble obstructif expiratoire 2

- Hommes:
- 1: CVL (ou CVF) \geq Norme - 0.92
 - 2: Norme - 15% \leq VEMS/CVL (ou VEMS/CVF) $<$ Norme - 10%
- Femmes:
- 1: CVL (ou CVF) \geq Norme - 0.69
 - 2: Norme - 15% \leq VEMS/CVL (ou VEMS/CVF) $<$ Norme - 10%

Groupe 5 : Trouble obstructif expiratoire 3

- Hommes:
- 1: CVL (ou CVF) \geq Norme - 0.92
 - 2: Norme - 20% \leq VEMS/CVL (ou VEMS/CVF) $<$ Norme - 15%
- Femmes:
- 1: CVL (ou CVF) \geq Norme - 0.69
 - 2: Norme - 20% \leq VEMS/CVL (ou VEMS/CVF) $<$ Norme - 15%

Groupe 6 : Trouble obstructif expiratoire 4

- Hommes:
- 1: CVL (ou CVF) \geq Norme - 0.92
 - 2: Norme - 30% \leq VEMS/CVL (ou VEMS/CVF) $<$ Norme - 20%
- Femmes:
- 1: CVL (ou CVF) \geq Norme - 0.69
 - 2: Norme - 30% \leq VEMS/CVL (ou VEMS/CVF) $<$ Norme - 20%

Groupe 7: Trouble obstructif expiratoire 5

- Hommes:
- 1: VEMS/CVL (ou VEMS/CVF) $<$ Norme - 30%
- Femmes:
- 1: VEMS/CVL (ou VEMS/CVF) $<$ Norme - 30%

Groupe 8: Orientation restrictive

- Hommes:
- 1: CVL (ou CVF) $<$ Norme - 0.92
 - 2: VEMS/CVL (ou VEMS/CVF) \geq Norme - 10%
- Femmes:
- 1: CVL (ou CVF) $<$ Norme - 0.69
 - 2: VEMS/CVL (ou VEMS/CVF) \geq Norme - 10%

Groupe 9 : Orientation mixte obstructive et restrictive

- Hommes:
- 1: CVL (ou CVF) $<$ Norme - 0.92
 - 2: VEMS $<$ Norme - 0.84
 - 3: VEMS/CVL (ou VEMS/CVF) $<$ Norme - 10%
- Femmes:
- 1: CVL (ou CVF) $<$ Norme - 0.69
 - 2: VEMS $<$ Norme - 0.62
 - 3: VEMS/CVL (ou VEMS/CVF) $<$ Norme - 10%

INTERPRETATION DU DIAGNOSTIC

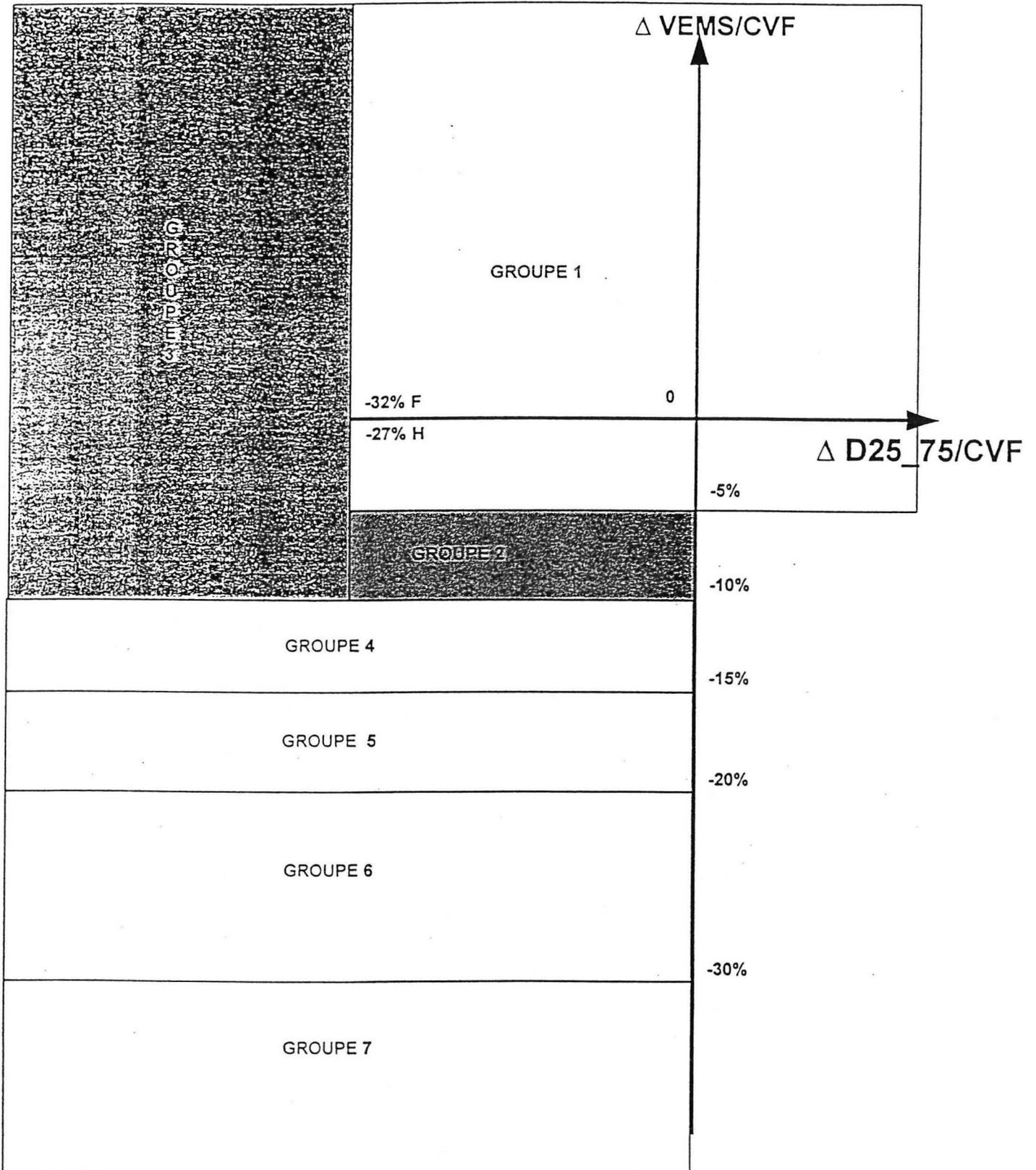


Table des matières

| | |
|---|----|
| Introduction | 1 |
| Première partie : Etude du poste de peintre en réparation automobile, évaluation du risque toxique lors de l'utilisation des peintures polyuréthannes. | 4 |
| 1. Introduction | 5 |
| 2. L'activité de peinture en réparation automobile | 7 |
| 2.1. Les peintures | 7 |
| 2.1.1. Définitions | 7 |
| 2.1.2. Composition des peintures | 8 |
| 2.1.2.1. Les liants | 8 |
| 2.1.2.1.1. Les cellulosiques | 9 |
| 2.1.2.1.2. Les glycérophtaliques | 9 |
| 2.1.2.1.3. Les époxydiques | 9 |
| 2.1.2.1.4. Les polyesters | 9 |
| 2.1.2.1.5. Les butyral vinyliques | 10 |
| 2.1.2.1.6. Les acryliques | 10 |
| 2.1.2.2. Les solvants | 10 |
| 2.1.2.3. Les pigments | 11 |
| 2.1.2.4. Les charges | 11 |
| 2.1.2.5. Les additifs | 11 |
| 2.1.2.6. Les durcisseurs | 11 |
| 2.1.3. Particularités des peintures polyuréthannes | 11 |
| 2.1.3.1. La base | 12 |
| 2.1.3.2. Le durcisseur | 12 |
| 2.1.3.3. Le diluant | 14 |
| 2.1.4. Evolution de l'utilisation des peintures automobiles | 15 |
| 2.2. Les cabines de peinture | 16 |
| 2.2.1. Les cabines ouvertes ou SAS | 16 |
| 2.2.2. Les cabines fermées | 16 |

| | |
|---|----|
| 2.3. Les pistolets à peinture | 17 |
| 2.3.1. Historique | 17 |
| 2.3.2. Les différents types de pistolets de pulvérisation | 19 |
| 2.3.3. Modalités d'utilisation des pistolets pneumatiques | 20 |
| 3. Etude de poste | 21 |
| 3.1. Modalités d'intervention | 21 |
| 3.1.1. Préliminaires | 21 |
| 3.1.2. Interventions dans les entreprises | 21 |
| 3.2. Les différentes phases de l'activité de peinture | 22 |
| 3.2.1. Préparation des subjectiles | 22 |
| 3.2.2. Préparation de la peinture | 23 |
| 3.2.2.1. Local | 23 |
| 3.2.2.2. Mode opératoire | 24 |
| 3.2.2.3. Formulation de la peinture | 24 |
| 3.2.2.4. Evaluation du risque toxique | 25 |
| 3.2.3. Application des apprêts | 26 |
| 3.2.3.1. Les cabines | 26 |
| 3.2.3.1.1. Utilisation des cabines | 26 |
| 3.2.3.1.2. Performances des cabines ouvertes | 26 |
| 3.2.3.2. Les pistolets | 28 |
| 3.2.3.3. Mode opératoire | 28 |
| 3.2.3.4. Evaluation du risque toxique | 29 |
| 3.2.4. Application des peintures de finition | 29 |
| 3.2.4.1. Les cabines | 29 |
| 3.2.4.1.1. Utilisation des cabines | 29 |
| 3.2.4.1.2. Performances des cabines fermées | 30 |
| 3.2.4.2. Les pistolets | 33 |
| 3.2.4.3. Mode opératoire | 35 |
| 3.2.4.4. Evaluation du risque toxique | 36 |

| | |
|--|----|
| 3.2.5. Nettoyage du pistolet | 36 |
| 3.2.6. Nettoyage du laboratoire et des cabines de peinture | 37 |
| 3.2.7. Nettoyage des mains du peintre | 37 |
| 4. Quantification des risques solvant et isocyanate | 38 |
| 4.1. Matériel et méthode | 38 |
| 4.1.1. Prélèvements atmosphériques | 38 |
| 4.1.1.1. Supports | 38 |
| 4.1.1.1.1. Isocyanates | 38 |
| 4.1.1.1.2. Solvants | 38 |
| 4.1.1.2. Pompes | 39 |
| 4.1.1.3. Type de prélèvements | 39 |
| 4.1.1.3.1. Portatifs | 39 |
| 4.1.1.3.2. D'ambiance | 39 |
| 4.1.2. Analyses | 40 |
| 4.1.2.1. Les solvants | 40 |
| 4.1.2.2. Les Isocyanates | 40 |
| 4.2. Résultats et discussion | 40 |
| 4.2.1. Les valeurs limites | 40 |
| 4.2.2. Préparation de la peinture et nettoyage du pistolet | 42 |
| 4.2.2.1. Les solvants | 42 |
| 4.2.2.2. Les Isocyanates | 44 |
| 4.2.3. Pulvérisation des apprêts | 45 |
| 4.2.4. Pulvérisation des peintures de finition | 45 |
| 4.2.4.1. Les solvants | 45 |
| 4.2.4.2. Les Isocyanates | 47 |
| 4.2.4.2.1. Les taux atmosphériques | 47 |
| 4.2.4.2.2. L'explication des taux atmosphériques d'HDT | 48 |
| 4.3. Conclusion sur l'évaluation des risques isocyanate et solvant | 49 |

| | |
|---|----|
| 5. La prévention | 51 |
| 5.1. Prévention technique | 51 |
| 5.1.1. Préparation des subjectiles | 51 |
| 5.1.2. Préparation de la peinture | 51 |
| 5.1.3. Pulvérisation des apprêts et des peintures de finition | 52 |
| 5.1.4. Nettoyage du pistolet | 54 |
| 5.2. Prévention médicale | 55 |
| 5.2.1. A l'embauche | 55 |
| 5.2.2. Surveillance médicale des personnes exposées | 56 |

Deuxième partie : Analyse de la consultation de 124 artisans

| | |
|--|----|
| peintres en réparation automobile | 58 |
| 1. Introduction | 59 |
| 2. Matériel et méthode | 61 |
| 2.1. La consultation | 61 |
| 2.1.1. Organisation générale | 61 |
| 2.1.2. Déroulement de la consultation | 61 |
| 2.1.2.1. Le questionnaire | 61 |
| 2.1.2.1.1. Carrière professionnelle | 62 |
| 2.1.2.1.2. Activité et risques professionnels | 62 |
| 2.1.2.1.3. Protections et prévention | 63 |
| 2.1.2.1.4. Antécédents | 63 |
| 2.1.2.1.5. Interrogatoire | 63 |
| 2.1.2.1.6. Examen clinique | 64 |
| 2.1.2.2. Les examens complémentaires | 65 |
| 2.1.2.2.1. Radiographie pulmonaire | 65 |
| 2.1.2.2.2. Explorations Fonctionnelles Respiratoires | 65 |
| 2.1.2.2.3. Bilan enzymatique hépatique | 66 |
| 2.1.2.2.4. Bandelette urinaire | 67 |

| | |
|---|----|
| 2.1.2.2.5. Numération Formule Sanguine | 67 |
| 2.1.2.3. Conclusion générale | 67 |
| 2.2. Traitement des données | 67 |
| 2.3. Restitution des résultats | 68 |
| 3. Résultats | 70 |
| 3.1. Recrutement | 70 |
| 3.2. Carrière professionnelle | 71 |
| 3.3. Activité et risques professionnels actuels | 71 |
| 3.3.1. Peinture | 71 |
| 3.3.2. Autres activités | 72 |
| 3.3.3. Risques toxiques actuels | 73 |
| 3.4. Prévention technique | 73 |
| 3.4.1. Prévention collective | 73 |
| 3.4.2. Prévention individuelle | 75 |
| 3.4.2.1. Respiratoire | 75 |
| 3.4.2.2. Cutanée | 75 |
| 3.4.2.3. Vestimentaire | 75 |
| 3.5. Antécédents | 76 |
| 3.5.1. Familiaux | 76 |
| 3.5.2. Personnels | 76 |
| 3.5.2.1. Atopie | 76 |
| 3.5.2.2. Pulmonaires | 76 |
| 3.5.2.3. Autres antécédents | 76 |
| 3.6. Etat général et mode de vie | 76 |
| 3.6.1. Etat général | 76 |
| 3.6.2. Tabac | 78 |
| 3.6.3. Alcool | 79 |
| 3.7. Signes fonctionnels et examen clinique | 79 |
| 3.7.1. Signes irritatifs | 79 |

| | |
|--|----|
| 3.7.2. Asthme | 81 |
| 3.7.3. Système cardio-vasculaire | 84 |
| 3.7.4. Peau | 84 |
| 3.7.5. Système nerveux périphérique | 86 |
| 3.7.6. Système nerveux central | 87 |
| 3.7.6.1. Signes neurologiques centraux aigus | 87 |
| 3.7.6.2. Signes neurologiques centraux chroniques | 88 |
| 3.7.7. Signes auditifs | 89 |
| 3.7.8. Signes ophtalmologiques | 89 |
| 3.7.9. Conclusions sur les signes fonctionnels et d'examen | 89 |
| 3.8. Examens complémentaires | 90 |
| 3.8.1. Radiographie pulmonaire | 90 |
| 3.8.2. EFR | 90 |
| 3.8.2.1. Groupe 1 : tracé normal | 90 |
| 3.8.2.2. Groupe 2 : fonction respiratoire à risque | 91 |
| 3.8.2.3. Groupe 3 : maladie des petites voies aériennes | 91 |
| 3.8.2.4. Groupe 4 à 6 : trouble obstructif expiratoire | 91 |
| 3.8.2.5. Groupe 8 : tendance restrictive | 91 |
| 3.8.3. Bilan enzymatique hépatique | 92 |
| 3.8.4. Bandelette urinaire | 94 |
| 3.8.4.1. Protéinurie | 94 |
| 3.8.4.2. Glucosurie | 94 |
| 4. Discussion | 95 |
| 4.1. Méthode | 95 |
| 4.1.1. Le contexte | 95 |
| 4.1.2. Recrutement | 95 |
| 4.1.3. Organisation de la consultation | 96 |
| 4.2. Résultats | 97 |
| 4.2.1. Risques toxiques et moyens de prévention | 97 |

| | |
|---|------------|
| 4.2.2. Les signes irritatifs et pulmonaires | 99 |
| 4.2.3. Les signes cardiologiques | 101 |
| 4.2.4. Les signes dermatologiques | 101 |
| 4.2.5. Le système nerveux périphérique | 102 |
| 4.2.6. Le système nerveux central | 104 |
| 4.2.6.1. Effets aigus | 104 |
| 4.2.6.2. Effets chroniques | 105 |
| 4.2.7. Le foie | 106 |
| 4.2.8. Les reins | 108 |
| Conclusions | 110 |
| Bibliographie | 114 |
| Annexes | 126 |
| Annexe 1 | 127 |
| Annexe 2 | 136 |



SERMENT D'HIPPOCRATE

Qui diis memorem laudes, respicimque fideles
 Ingenij dotes, Hippocratisque decus.
 Democriti auditor Phœbea, ô, Coc propago,
 Certius an quis te tradidit artis opes!

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'HIPPOCRATE,

Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuitement à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au dessus de mon travail. Je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Admis dans l'intimité des maisons, mes yeux n'y verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je garderai le respect absolu de la vie humaine.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.

